

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ

«БРАТСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Кафедра промышленной теплоэнергетики

УТВЕРЖДАЮ:

Проректор по учебной работе

_____ Е.И.Луковникова

« _____ » декабря 2018 г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ЭНЕРГОСБЕРЕЖЕНИЕ В ТЕПЛОЭНЕРГЕТИКЕ
И ТЕПЛОТЕХНОЛОГИИ**

Б1.Б.17

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	3
2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ	4
3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ	
3.1 Распределение объема дисциплины по формам обучения.....	4
3.2 Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости	4
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ	5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий	5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам	12
4.3 Лабораторные работы.....	50
4.4 Практические занятия.....	50
4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект.....	50
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	52
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ	52
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....	52
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ	53
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....	53
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ	53
9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта.....	64
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	69
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ	69
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....	70
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины	79
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе	80

1. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ, СООТНЕСЕННЫХ С ПЛАНИРУЕМЫМИ РЕЗУЛЬТАТАМИ ОСВОЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Вид деятельности выпускника

Дисциплина охватывает круг вопросов, относящихся к производственно-технологическому виду профессиональной деятельности выпускника в соответствии с компетенциями и видами деятельности, указанными в учебном плане.

Цель дисциплины

Подготовка бакалавров к проведению работ по рациональному использованию энергетических ресурсов на объектах своей профессиональной деятельности.

Задачи дисциплины

Приобретение знания характеристик вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и способов их утилизации: знакомство с конструкциями утилизационных установок ВЭР и основных энерготехнологических агрегатов; умения осуществлять расчет показателей утилизационных установок ВЭР; выбирать схемы энергоснабжения, обеспечивающие максимальную экономию энергоресурсов; рассчитывать экономическую эффективность энергосберегающих мероприятий.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные способы поиска и обработки информации о теплотехнологиях; – основные методы обработки и анализа информации об энергосберегающих мероприятиях; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать применяя анализируемые данные к энергосберегающим технологиям; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками хранения и использования полученных данных для повышения эффективности энергосберегающих технологий.
ПК-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	<p>знать:</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы экологической безопасности на производстве; – основные принципы планирования экозащитных мероприятий; – основные принципы в области энерго- и ресурсосбережения; <p>уметь:</p> <ul style="list-style-type: none"> – производить оценку энергосберегающих мероприятий в разрезе вопроса ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; – планировать экозащитные мероприятия; – планировать энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на производстве; <p>владеть:</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий на производстве.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.Б.17 Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии относится к базовой.

Дисциплина Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии базируется на знаниях, полученных при изучении таких учебных дисциплин, как: тепломассообмен, водоподготовка.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии представляет основу для преддипломной практики и подготовки к государственной итоговой аттестации.

Такое системное междисциплинарное изучение направлено на достижение требуемого ФГОС уровня подготовки по квалификации бакалавр.

3. РАСПРЕДЕЛЕНИЕ ОБЪЕМА ДИСЦИПЛИНЫ

3.1. Распределение объема дисциплины по формам обучения

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоемкость дисциплины в часах						Курсовой проект	Вид промежуточной аттестации
			Всего часов (с экз.)	Аудиторных часов	Лекции	Лабораторные работы	Практические занятия	Самостоятельная работа		
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Очная	3	5	216	51	34	-	17	129	КП	экзамен
Заочная	5	-	216	24	10	-	14	183	КП	экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	3	-	216	18	10	-	8	189	КП	экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудоемкость (час.)	в т.ч. в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)	Распределение по семестрам, час
			5
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	51	12	51
Лекции (Лк)	34	4	34
Практические занятия (ПЗ)	17	8	17
Курсовой проект	+	-	-
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	-
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	129	-	129
Выполнение курсового проекта	60	-	60
Подготовка к практическим занятиям	30	-	30
Подготовка к экзамену в течение семестра	39	-	39
III. Промежуточная аттестация экзамен	36	-	36
Общая трудоемкость дисциплины, час.	216		216
зач. ед.	6		6

4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

4.1. Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий

- для очной формы обучения:

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучаю- щихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	16	6	-	10
1.1	Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ	2	1	-	1
1.2	Основные положения энергетической стратегии	1,5	0,5	-	1
1.3	Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения	3	1	-	2
1.4	Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов. Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения	1,5	0,5	-	1
1.5	Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное	1,5	0,5	-	1
1.6	Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения	1,5	0,5	-	1
1.7	Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения	2	1	-	1
1.8	Основные способы технологического энергосбережения в промышленности, системах теплоснабжения: энергосбережение в промышленности	1,5	0,5	-	1
1.9	Совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов	1,5	0,5	-	1
2.	Вторичные энергетические ресурсы	18	4	4	10

2.1	Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация	5	1	2	2
2.2	Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов	3	1	-	2
2.3	Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов	2,5	0,5	-	2
2.4	Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности	5	1	2	2
2.5	Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок	2,5	0,5	-	2
3.	Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР	11	2	-	9
3.1	Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования	5	1	-	4
3.2	Методы использования тепловых отходов	6	1	-	5
4.	Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ	135	22	13	100
4.1	Котлы-утилизаторы	3	1	-	2
4.2	Охладитель конвертерных газов	3	1	-	2
4.3	Энерготехнологические агрегаты.	3	1	-	2
4.4	Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты	3	1	-	2
4.5	Регенеративные подогреватели (регенераторы)	5,5	1,5	-	4
4.6	Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)	5,5	1,5	-	4
4.7	Смесительные теплообменные аппараты	33	1	7	25
4.8	Контактные теплообменники с активной насадкой	32	1	6	25
4.9	Системы испарительного охлаждения	3	1	-	2
4.10	Установки сухого тушения кокса	3	1	-	2
4.11	Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях	3	1	-	2
4.12	Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях	2,5	0,5	-	2
4.13	Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора	2,5	0,5	-	2

4.14	Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях	2,5	0,5	-	2
4.15	Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях	2,5	0,5	-	2
4.16	Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях	2,5	0,5	-	2
4.17	Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях	2,5	0,5	-	2
4.18	Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений	3	1	-	2
4.19	Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений	3	1	-	2
4.20	Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.	3	1	-	2
4.21	Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения	2,5	0,5	-	2
4.22	Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения	2,5	0,5	-	2
4.23	Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований	3	1	-	2
4.24	Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий	3	1	-	2
4.25	Учет энергетических ресурсов	3	1	-	2
	ИТОГО	180	34	17	129

- для заочной формы обучения:

№ раздела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоемкость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоятельная работа обучающихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	21	1	-	20
1.1	Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ	2,1	0,1	-	2
1.2	Основные положения энергетической стратегии	2,1	0,1	-	2
1.3	Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения	4,2	0,2	-	4

1.4	Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов. Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.5	Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное	2,1	0,1	-	2
1.6	Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.7	Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.8	Основные способы технологического энергосбережения в промышленности, системах теплоснабжения: энергосбережение в промышленности	2,1	0,1	-	2
1.9	Совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов	2,1	0,1	-	2
2.	Вторичные энергетические ресурсы	28	1	4	23
2.1	Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация	7,2	0,2	2	5
2.2	Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов	5,2	0,2	-	5
2.3	Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов	5,2	0,2	-	5
2.4	Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности	6,2	0,2	2	4
2.5	Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок	4,2	0,2	-	4
3.	Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР	21	1	-	20
3.1	Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования	10,5	0,5	-	10
3.2	Методы использования тепловых отходов	10,5	0,5	-	10
4.	Типовые энергосберегающие	137	7	10	120

	мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ				
4.1	Котлы-утилизаторы	4,2	0,2	-	4
4.2	Охладитель конвертерных газов	4,2	0,2	-	4
4.3	Энерготехнологические агрегаты.	4,2	0,2	-	4
4.4	Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты	4,2	0,2	-	4
4.5	Регенеративные подогреватели (регенераторы)	4,6	0,6	-	4
4.6	Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)	4,6	0,6	-	4
4.7	Смесительные теплообменные аппараты	30,8	0,8	5	25
4.8	Контактные теплообменники с активной насадкой	30,8	0,8	5	25
4.9	Системы испарительного охлаждения	4,2	0,2	-	4
4.10	Установки сухого тушения кокса	4,2	0,2	-	4
4.11	Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.12	Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.13	Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора	4,2	0,2	-	4
4.14	Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.15	Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.16	Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.17	Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.18	Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений	2,2	0,2	-	2
4.19	Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений	2,2	0,2	-	2
4.20	Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.	2,2	0,2	-	2
4.21	Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения	2,2	0,2	-	2
4.22	Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения	2,2	0,2	-	2
4.23	Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований	2,2	0,2	-	2
4.24	Основы энергетического аудита:	2,2	0,2	-	2

	энергетический паспорт зданий				
4.25	Учет энергетических ресурсов	2,2	0,2	-	2
	ИТОГО	207	10	14	183

- для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ раз- дела и темы	Наименование раздела и тема дисциплины	Трудоем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучающихся и трудоемкость; (час.)		
			учебные занятия		самостоя- тельная работа обучаю- щихся*
			лекции	практические занятия	
1	2	3	4	5	6
1.	Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	21	1	-	20
1.1	Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ	2,1	0,1	-	2
1.2	Основные положения энергетической стратегии	2,1	0,1	-	2
1.3	Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения	4,2	0,2	-	4
1.4	Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов. Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.5	Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное	2,1	0,1	-	2
1.6	Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.7	Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения	2,1	0,1	-	2
1.8	Основные способы технологического энергосбережения в промышленности, системах теплоснабжения: энергосбережение в промышленности	2,1	0,1	-	2
1.9	Совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов	2,1	0,1	-	2
2.	Вторичные энергетические ресурсы	26	1	2	23

2.1	Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация	6,2	0,2	1	5
2.2	Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов	5,2	0,2	-	5
2.3	Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов	5,2	0,2	-	5
2.4	Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности	5,2	0,2	1	4
2.5	Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок	4,2	0,2	-	4
3.	Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР	21	1	-	20
3.1	Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования	10,5	0,5	-	10
3.2	Методы использования тепловых отходов	10,5	0,5	-	10
4.	Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ	139	7	6	126
4.1	Котлы-утилизаторы	4,2	0,2	-	4
4.2	Охладитель конвертерных газов	4,2	0,2	-	4
4.3	Энерготехнологические агрегаты.	4,2	0,2	-	4
4.4	Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты	4,2	0,2	-	4
4.5	Регенеративные подогреватели (регенераторы)	4,6	0,6	-	4
4.6	Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)	4,6	0,6	-	4
4.7	Смесительные теплообменные аппараты	31,8	0,8	3	28
4.8	Контактные теплообменники с активной насадкой	31,8	0,8	3	28
4.9	Системы испарительного охлаждения	4,2	0,2	-	4
4.10	Установки сухого тушения кокса	4,2	0,2	-	4
4.11	Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.12	Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.13	Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора	4,2	0,2	-	4

4.14	Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях	4,2	0,2	-	4
4.15	Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.16	Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.17	Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях	2,2	0,2	-	2
4.18	Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений	2,2	0,2	-	2
4.19	Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений	2,2	0,2	-	2
4.20	Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.	2,2	0,2	-	2
4.21	Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения	2,2	0,2	-	2
4.22	Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения	2,2	0,2	-	2
4.23	Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований	2,2	0,2	-	2
4.24	Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий	2,2	0,2	-	2
4.25	Учет энергетических ресурсов	2,2	0,2	-	2
	ИТОГО	207	10	8	189

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

Раздел 1. Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)

Тема 1.1. Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ

За последние десятилетия бесконтрольной добычи и расточительного использования невозобновляемых энергоресурсов человечество приблизилось к глобальному кризису мировых запасов топлива, а также к значительному ухудшению экологической обстановки на планете: потепление климата, болезни, загрязнение атмосферы, рек, вырубка лесов. Специалисты прогнозируют, что, двигаясь такими темпами, мы полностью израсходуем запасы природных энергоресурсов (газа, нефти, угля) в ближайшие пятьдесят лет. Серьезный энергетический кризис в 1970-х годах XX в. заставил Европу задуматься над экологическими проблемами и начать разрабатывать природоохранные проекты. В 1997 году был подписан Киотский протокол, согласно которому государства должны ограничить выброс CO₂ в атмосферу.

Таким образом, ограниченность первичных источников энергии, экологические проблемы и экономические вопросы требуют повышать эффективность использования энергоресурсов, т.е. проводить энергосбережение.

Для энергетики РФ характерен кризис, обусловленный рядом факторов:

- спад производства во всех отраслях топливно-энергетического комплекса (ТЭК);
- низкий технический уровень основного оборудования;
- высокая уровень изношенности основного оборудования;
- высокая стоимость производимых топливно-энергетических ресурсов;

- экологическое неблагополучие вокруг объектов ТЭК;
- спад инвестиций в области ТЭК;
- нарушения энергоснабжения из-за неплатежей, а в ряде регионов – из-за недостаточной мощности теплоисточников;
- расточительное энергопотребление (высокая энергоёмкость ВВП, низкий уровень энергосбережения).

Сущность энергосбережения – комплекс технических, экономических и организационных мероприятий, направленных на повышение эффективно использования энергоресурсов.

Необходимость энергосбережения обусловлена следующими факторами:

- возрастание затрат на добычу топлива;
- необходимость разработки новых более труднодоступных месторождений;
- дефицит финансовых средств у предприятий и низкая платежеспособность у населения.

Энергосбережение является основным направлением энергетической политики страны. Энергосберегающая политика предполагает широкое применение энергосберегающих технологий, материалов, оборудования. Широкое использование альтернативных экологически чистых источников энергии, местных видов топлива, а также повсеместное использование вторичных энергоресурсов.

Среди важнейших параметров, определяющих энергетическую эффективность национальной экономики, выделяют энергопотребление на душу населения и энергоёмкость валового внутреннего продукта (ВВП). Темпы снижения последнего показателя свидетельствуют об эффективности энергосберегающей политики государства.

Энергоёмкость ВВП – это отношение суммарного энергопотребления к величине ВВП.

В России удельная энергоёмкость ВВП в 3 раза выше, чем в странах Европы, и в 1,8 раза – чем США. Доля энергозатрат в себестоимости продукции и услуг в среднем в промышленности составляет 18%, в ряде производств достигает 40-60%; в сельском хозяйстве – 11%, на транспорте – 17%.

Энергосберегающая политика государства формируется на основе федеральных и межрегиональных программ в области энергоснабжения.

Энергосберегающие меры могут носить пассивный характер (дополнительная теплоизоляция), активный характер (утилизация сбросной теплоты и других ВЭР), организационный характер (установка приборов учета).

Разработана и реализуется Федеральная целевая программа «Энергетическая стратегия России до 2020». Она определяет приоритеты, направления и средства структурной, региональной, научно-технической и экологической политики для энергообеспечения страны.

1. Энергетический ресурс (ЭР)— носитель энергии, энергия которого используется или может быть использована при осуществлении хозяйственной или иной деятельности, а также вид энергии (атомная, тепловая, электрическая, электромагнитная или другой вид энергии).

2. Вторичный энергетический ресурс (ВЭР) — энергетический ресурс, полученный в виде отходов производства и потребления или побочных продуктов в результате осуществления технологического процесса или использования оборудования, функциональное назначение которого не связано с производством соответствующего вида энергетического ресурса.

3. Энергосбережение — реализация организационных, правовых, технологических, экономических и иных мер, направленных на уменьшение объёма используемых энергетических ресурсов при сохранении соответствующего полезного эффекта от их использования (в том числе объёма произведённой продукции, выполненных работ, оказания услуг).

4. Энергетическая эффективность – характеристики, отражающие отношение полезного эффекта от использования энергетических ресурсов к затратам энергетических ресурсов, произведённым в целях получения такого эффекта, применительно у продукции, технологическому процессу, юридическому лицу, индивидуальному предпринимателю.

Тема 1.2. Основные положения энергетической стратегии

5 основных направлений Энергетической стратегии-2020 (ЭС-2020):

- развитие ТЭК и устойчивое обеспечение страны энергоносителями;
- повышение эффективности использования энергоресурсов, перевод экономики на энергосберегающий путь развития;
- уменьшение негативного воздействия энергетики на окружающую среду;
- поддержание и расширение экспортного потенциала ТЭКа;
- обеспечение энергетической независимости и безопасности РФ.

Последующими редакциями стратегии ЭС-2020 были ЭС-2030 и ЭС-2035.

Основными отличиями ЭС-2030 от ЭС-2020 является учет фактора неопределенности, построение так называемых «дорожных карт» – то есть разработка мер, принимаемых в государственной энергетической политике; определены перспективы развития отраслей ТЭК. В ЭС-2030 сформулированы важнейшие стратегические инициативы развития энергетики, в числе которых – реализация потенциала энергосбережения и повышение энергоэффективности. Энергосбережение и повышение энергоэффективности занимают особое место среди стратегических инициатив ЭС-2030, поскольку без масштабной реализации потенциала энергосбережения невозможно поступательное развитие экономики страны. Использование имеющегося технологического и структурного потенциала энергосбережения позволит обеспечить сбалансированность производства и спроса на энергоресурсы, а также существенно ограничить выбросы парниковых газов при поддержании высоких темпов экономического роста. В ЭС-2035 скорректированы *индикаторы* по ориентиру «энергетическая эффективность» и подчеркивается, что энергетическая эффективность – более широкое понятие, чем энергосбережение.

Индикатор — (лат. Indicator – указатель) ориентирующий экономический показатель, измеритель, позволяющий в определенной степени предвидеть, в каком направлении следует ожидать развития экономических процессов. Иначе говоря, это прогнозный уровень какого-либо экономического процесса на какой-то момент времени (например, удельная энергоёмкость ВВП к 2030 году в прогнозе будет достигать не более 46% - из ЭС-2030. Здесь «не более 46%» - индикатор) (моё последнее).

В рамках ЭС-2030 задается модель поэтапного перспективного развития энергетики в базовом прогнозе с учетом объективно существующих рисков. То есть, курс развития в базовом прогнозе задается не условными сценариями, а системой поэтапных целевых индикаторов, которых в ЭС-2030 насчитывается более 50. Основное целевое содержание выделенных в ЭС-2030 этапов характеризуется переходом от преодоления кризисных явлений к интенсивному посткризисному развитию - включая развитие инфраструктуры, рост энергоэффективности, инновационное обновление отраслей ТЭК; наконец (на последнем этапе) - постепенный переход к энергетике будущего. При этом в ЭС-2030 неизменной остается система главных стратегических ориентиров, основных составляющих государственной энергетической политики и важнейших механизмов ее реализации: энергетическая безопасность страны, производство и потребление ТЭР, электроэнергетика, теплоснабжение, инвестиции. Рассмотрим производство и потребление ТЭР, а также динамику потребности ТЭР с учетом энергосбережения.

Тема 1.3. Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения

Различные виды энергетических ресурсов обладают разным качеством, которое характеризуется энергоёмкостью топлива. Удельной энергоёмкостью называется количество энергии, приходящееся на единицу массы физического тела энергоресурса.

Для сопоставления различных видов топлива, суммарного учета его запасов, оценки эффективности, использования энергетических ресурсов, сравнения показателей теплоиспользующих устройств, принята единица измерения условное топливо. Условное топливо это такое топливо, при сгорании 1 кг которого выделяется 29309 кДж, или 7000 ккал энергий. Для сравнительного анализа используется 1 тонна условного топлива.

$$1 \text{ т у. т.} = 29309 \text{ кДж} = 7000 \text{ ккал} = 8120 \text{ кВт*ч.}$$

Этот показатель соответствует хорошему малозольному углю, который иногда называют угольным эквивалентом.

За рубежом для анализа используется условное топливо с теплотой сгорания 41900 кДж/кг (10000 ккал/кг). Этот показатель называется нефтяным эквивалентом. В табл. 1 приведены значения удельной энергоёмкости для ряда энергетических ресурсов в сравнении с условным топливом.

Таблица 1 – Удельная энергоёмкость энергетических ресурсов

Виды топлива	Удельная энергоёмкость, кДж/кг	Удельная энергоёмкость, ккал/кг
Условное топливо	29309	7000
Уголь антрацит	33500	8000
Дрова сухие	10500	2500
Нефть	41900	10000
Газ пропан	46100	11000
Водород	120600	28800

Видно, что высокой энергоёмкостью обладают газ, нефть и водород.

**Тема 1.4. Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов.
Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения**

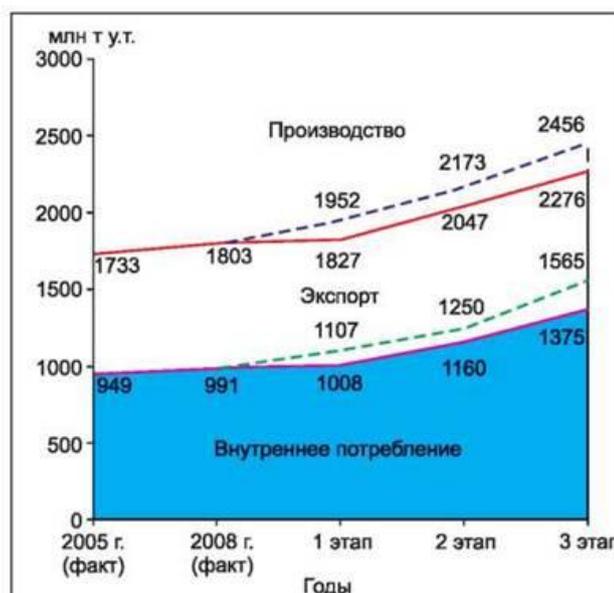


Рис. 1. Производство и потребление первичных ТЭР: 1 этап – 2015, 2-й – 2020, 3-й – 2030; верхняя линия – производство, нижняя – внутреннее потребление.

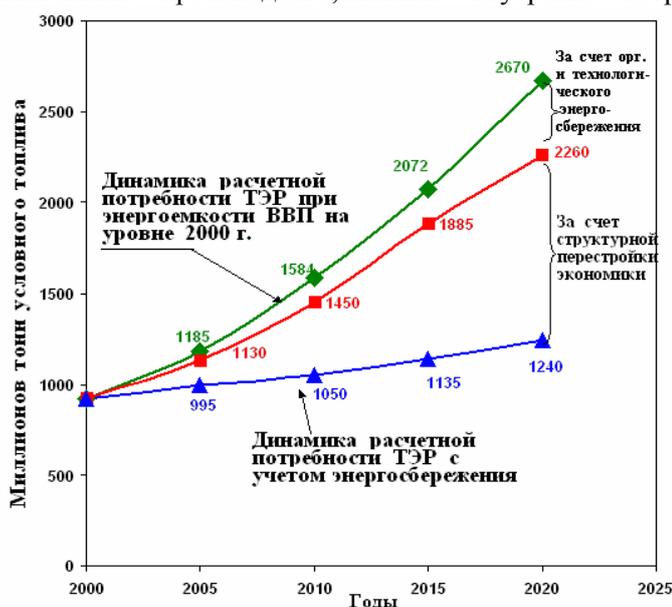


Рис. 2. Динамика расчетной потребности ТЭР с учетом энергосбережения: линия 1 – при энергоёмкости ВВП на уровне 2000 г., линия 2 – энергопотребление с учетом энергосбережения, линия 3 – энергопотребление с учетом реализации энергосбережения и структурной перестройке экономики.

Без реализации энергосберегающих мер, при росте экономики может возникнуть энергетический кризис.

Основные направления энергосбережения:

- технологические;
- организационные.

Технологическое энергосбережение – мероприятия по экономии энергоресурсов при производстве, трансформации в транспорте и потреблении энергии. Можно выделить несколько поднаправлений:

- экономия электрической энергии (освещение, электропривод, электрообогрев и электроплиты, холодильные установки и кондиционеры, прочие бытовые приборы, снижение потерь в сети);
- экономия тепла (снижение теплопотерь, повышение эффективности систем теплоснабжения);
- экономия воды;
- экономия газа.

Организационное энергосбережение – система правовых, административных и экономических мер, стимулирующих эффективное использование энергии.

Административно-нормативные меры

1. Пересмотр существующих норм, правил и регламентов, определяющих расходование товара и энергии в направлении ужесточения требований к энергосбережению;

2. Совершенствование правила учета и контроля потребления, установления стандартов энергопотребления и потерь. Обязательна сертификация энергопотребляющих приборов и оборудования малого потребления на соответствие нормативов расхода энергии.

3. Проведение регулярного энергетического аудита предприятий.

Экономические меры

1. Освобождение от налога на прибыль инвестиций, направляемых на энергосбережение;

2. Ускоренная амортизация энергосберегающего оборудования;

3. Налоговая или другая финансовая поддержка реализации энергосберегающих мероприятий, включая лизинг энергоэффективного оборудования;

4. Популяризация эффективного использования энергии среди населения

4.1. Массовое обучение персонала;

4.2. Доступные базы данных об энергосберегающих мероприятиях, технологиях, оборудовании и нормативно-технической документации;

4.3. Конференции и семинары по обмену опытом, пропаганды энергосбережения в СМИ.

Потенциал энергосбережения в России оценивается на уровне 45% от современного потребления ТЭР в стране. Потребление энергоресурсов может быть сокращено на: 20% в теплоснабжении, 30% в электроэнергетике, 40% в промышленности и транспорте, 50% в жилых помещениях. Реализация потенциала энергосбережения позволит:

– сэкономить значительный объем энергоресурсов (природный газ, электроэнергия, нефть и нефтепродукты);

– сохранить конкурентоспособность российской промышленности в условиях повышения цен и тарифов на энергоресурсы;

– увеличить доходы от экспорта нефти и природного газа;

– сократить расходы федеральных и местных бюджетов;

– снизить объемы выбросов углекислого газа и улучшить экологическую ситуацию в стране.

Тема 1.5. Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное

Основные направления энергосбережения:

- технологические;
- организационные.

Технологическое энергосбережение – мероприятия по экономии энергоресурсов при производстве, трансформации в транспорте и потреблении энергии. Можно выделить несколько поднаправлений:

– экономия электрической энергии (освещение, электропривод, электрообогрев и электроплиты, холодильные установки и кондиционеры, прочие бытовые приборы, снижение потерь в сети);

– экономия тепла (снижение теплопотерь, повышение эффективности систем теплоснабжения);

– экономия воды;

– экономия газа.

Организационное энергосбережение – система правовых, административных и экономических мер, стимулирующих эффективное использование энергии.

Административно-нормативные меры

Пересмотр существующих норм, правил и регламентов, определяющих расходование товара и энергии в направлении ужесточения требований к энергосбережению;

Совершенствование правила учета и контроля потребления, установления стандартов энергопотребления и потерь. Обязательна сертификация энергопотребляющих приборов и оборудования малого потребления на соответствие нормативов расхода энергии.

Проведение регулярного энергетического аудита предприятий.

Экономические меры

Освобождение от налога на прибыль инвестиций, направляемых на энергосбережение;

Ускоренная амортизация энергосберегающего оборудования;

Налоговая или другая финансовая поддержка реализации энергосберегающих мероприятий, включая лизинг энергоэффективного оборудования;

Популяризация эффективного использования энергии среди населения

Массовое обучение персонала;

Доступные базы данных об энергосберегающих мероприятиях, технологиях, оборудовании и нормативно-технической документации;

Конференции и семинары по обмену опытом, пропаганды энергосбережения в СМИ.

Тема 1.6. Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения

Среди важнейших параметров, определяющих энергетическую эффективность национальной экономики, выделяют энергопотребление на душу населения и энергоемкость валового внутреннего продукта (ВВП). Темпы снижения последнего показателя свидетельствуют об эффективности энергосберегающей политики государства.

Энергоемкость ВВП – это отношение суммарного энергопотребления к величине ВВП.

В России удельная энергоемкость ВВП в 3 раза выше, чем в странах Европы, и в 1,8 раза – чем США. Доля энергозатрат в себестоимости продукции и услуг в среднем в промышленности составляет 18%, в ряде производств достигает 40-60%; в сельском хозяйстве – 11%, на транспорте – 17%.

Потенциал энергосбережения в России оценивается на уровне 45% от современного потребления ТЭР в стране. Потребление энергоресурсов может быть сокращено на: 20% в теплоснабжении, 30% в электроэнергетике, 40% в промышленности и транспорте, 50% в жилых помещениях. Реализация потенциала энергосбережения позволит:

- сэкономить значительный объем энергоресурсов (природный газ, электроэнергия, нефть и нефтепродукты);

- сохранить конкурентоспособность российской промышленности в условиях повышения цен и тарифов на энергоресурсы;

- увеличить доходы от экспорта нефти и природного газа;

- сократить расходы федеральных и местных бюджетов;

- снизить объемы выбросов углекислого газа и улучшить экологическую ситуацию в стране.

Тема 1.7. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения

Одна из существенных причин неэффективной деятельности по энергосбережению – недостаточное правовое и нормативное регулирование. До 1996 г. в России не было законодательных актов, регулирующих деятельность в области энергосбережения. Для осуществления реального энергосбережения необходимо выполнение следующих основных условий: создание нормативно-правового обеспечения, налаживание экономических механизмов, консолидация финансовых средств, формирование организационных структур ответственных за реализацию.

Нормативно законодательная деятельности имеет иерархический вид: конституция РФ => гражданский кодекс => федеральные законы => указы президента => постановления и решения правительства => региональные законы и постановления => муниципальные постановления => приказы и распоряжения руководителей предприятий и организаций всех форм собственности.

На федеральном уровне к энергосбережению относятся два закона:

ФЗ №261 от 23.11.09 «Энергосбережение и повышение энергетической эффективности в РФ».

27.07.10 ФЗ №190 «О теплоснабжении» со внесенными изменениями от 2014 г.

Также аспекты энергосбережения рассматриваются в следующих нормативных документах:

СНиП – строительные нормы и правила.

СП – строительные правила.
 СНиП 23-02-2003. Тепловая защита зданий.
 СНиП 201-99. Энергосбережение в зданиях.
 СП 23-101-2004. Проектирование тепловой защиты зданий.
 ГОСТ 51387-99. Энергосбережение. Нормативно-методическое обеспечение.

Тема 1.8. Основные способы технологического энергосбережения в промышленности, системах теплоснабжения: энергосбережение в промышленности

1. Энергосбережение в промышленности осуществляется внедрением прогрессивных технологических процессов.

Таблица 2 – Коэффициент полезного использования полезных ресурсов в некоторых металлургических технологиях

технология	существующая	разработанная	идеальная
производство алюминия	0,39	0,45	0,95
производство меди	0,04	0,06	0,24
производство стали	0,33	0,42	0,84

Коэффициент полезного использования материалов рассчитывается как отношение стоимости полезно потребленных материалов к стоимости всех материалов.

Таблица 3 – Удельный вес ресурсосберегающих технологий

технология	Россия	США	другие развитые страны
производство кислородно-конверторной стали	47,5	95	~100
непрерывная разливка стали	16,6	65	90
глубина переработки нефти	62	92	80-90

Сложностей для перехода к новым технологиям принципиально много: огромные капитальные затраты, требуется большое количество времени, требуются значительные научные разработки.

2. Укрупнение единичных мощностей: замена мелких доменных печей на более крупные современные печи приводит к снижению затрат на 20-25%.

3. Рациональный выбор сырья и энергоносителей, применение катализаторов, оптимизация технологических режимов: обогащение руды приводит к снижению энергоемкости на 7-10%, при затратах на обогащение 3-4%.

4. Создание комплексных установок: когда потенциал используемых энергоресурсов подобран так, что параметры отходящих газов в начальных стадиях технологического процесса достаточны для осуществления следующих стадий. Разновидность технологических установок – энерготехнологические агрегаты, в которых сочетаются многостадийные технологические процессы с производством энергетической продукции.

5. Использование вторичных сырьевых и энергетических ресурсов.

Таблица 4 – Среднее удельное энергопотребление при производстве некоторых металлов, ГДж/тону металла

металл	из руды	из металлолома
черные металлы	60	12
алюминий	330	11
медь	100	6

Есть ряд вторичных сырьевых материалов, утилизация которых мало эффективна или совсем не эффективна: стекло и резина. Производство одной бутылки 0,5 литра требует 1,2МДж, качество из первичного стекла будет выше. Использование вторичных энергоресурсов рассмотрим позднее.

Энергосбережение в системах теплоснабжения:

1. Оптимизация степени централизации систем теплоснабжения.
 2. Совершенствование схем и оборудования систем теплоснабжения: установка автоматизированных тепловых пунктов, переход на предварительно изолированные теплопроводы, совершенствование уровня технической эксплуатации.

3. Снижение теплопотерь зданий за счет улучшения теплоизоляционных свойств ограждающей конструкции, путем применения новых теплоизоляционных материалов, за счет коронного оконных и

дверных переплетов, за счет тщательного выполнения строительных работ.

4. Внедрение автоматического и ручного контроля в системы теплоснабжения, оснащение их регулирующей и измерительной арматурой.

5. Расширение использования местных нетрадиционных источников энергии: геотермальная, солнечная, биоэнергия, теплота сточных вод.

Тема 1.9. Совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов

Совершенствование структуры.

1. Совершенствование энергетического оборудования, повышение КПД действующих установок и применение совершенно новых установок

2. Более полная загрузка действующего энергетического оборудования: перевод конденсационных установок в теплофикационный режим

3. Демонтаж и реконструкция установленного энергетического оборудования: вывод из эксплуатации мелких устаревших станций (освобождает треть обслуживающего персонала), демонтаж крупных энергоблоков, исчерпавших свой рабочий ресурс, сокращение всех вводов потерь энергии и расхода на собственные нужды (сейчас составляет 12%), использование вторичных энергоресурсов (может обеспечить до 5% энергетических нужд страны).

Приоритетное использование первичных энергоресурсов:

1. Природный газ: не топливные цели (производство минеральных удобрений, газохимия), энергоснабжение коммунально-бытового сектора, включая ТЭЦ и в качестве моторного топлива на транспорте;

2. Нефть – обеспечение в потребности моторных топлив и как сырье для нефтехимии;

3. Уголь – выработка тепловой и электрической энергии, производство кокса, топливное обеспечение рассредоточенных потребителей;

4. Экспорт нефти, газа и каменного угля.

Раздел 2. Вторичные энергетические ресурсы

Тема 2.1. Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация

ВЭР – это энергетический потенциал продукции, отходов, побочных и промежуточных продуктов, образующихся в технологических агрегатах, установках, процессах, который не используется в самом агрегате, но может быть использован частично или полностью для снабжения других агрегатов или процессов. Под энергетическим потенциалом понимается наличие определенного запаса энергии (химически связанная теплота, физическая теплота и энергия избыточного давления).

По техническим характеристикам и ценностным значимостям ВЭР делят на 3 группы:

1. Горючие или топливные ВЭР (отходы деревообработки, горючие газы плавильных печей, установок нефтепереработки);

2. Тепловые – физическая теплота отходящих газов, физическая теплота основной и побочной продукции, теплота рабочих тел систем принудительного охлаждения технологических агрегатов, теплота воды и пара;

3. ВЭР избыточного давления – потенциальная энергия газов и жидкостей, покидающих технологические агрегаты с избыточным давлением, которое необходимо снижать перед последующей ступенью использования, либо при выбросе их в атмосферу.

Направления использования ВЭР:

1. Теплотехническое – использование и потребление пара и горячей воды при их непосредственном получении, либо при их выработке за счет утилизации горючих и тепловых ВЭР в утилизационных котельных;

2. Электроэнергетическое – производство электроэнергии на утилизационных электростанциях за счет использования ВЭР;

3. Комбинированное - с выработкой на утилизационных станциях теплоты и электроэнергии.

Тема 2.2. Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов

Определение выхода и использования ВЭР.

Удельный и общий выход ВЭР.

1) Удельный выход горючих ВЭР:

$$q_{уд}^r = m \cdot Q_{н}^p, \text{ кДж/ед.прод.},$$

где: m – удельное количество энергоносителя;

Q – низшая теплота сгорания.

2) Удельный выход тепловых ВЭР:

$$q_{уд}^T = m \cdot (c_1 t_1 - c_2 t_2) = m \Delta h,$$

где: $c_1 t_1$; $c_2 t_2$ – теплоемкость и температура теплоносителя на выходе из установки ВЭР и после теплоутилизатора; Δh – располагаемый теплоперепад энтальпий теплоносителя.

3) Удельный выход ВЭР избыточного давления:

$$q_{уд}^A = m \cdot A,$$

где A – работа изэнтропного расширения.

Для газа $A = h_1 - h_2$, где h_1 , h_2 – энтальпии газа перед расширением и после расширения.

Для жидкости $A = \frac{P_1 - P_2}{\rho}$, где P_1 , P_2 – давление жидкости на входе и на выходе цтилизационной установки.

Общий выход ВЭР:

$$Q_{вых} = q_{уд} \cdot M,$$

где M – выпуск основной продукции или расход сырья, топлива за рассматриваемый период.

ВЭР можно использовать в качестве топлива непосредственно, без изменения вида теплоносителя и за счет выработки теплоты, электроэнергии, холода и механической работы в утилизационных установках.

Тема 2.3. Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов

Основным оборудованием для использования ВЭР является:

- 1) Котлы-утилизаторы
- 2) Содорегенерационные котлы (СРК)
- 3) Системы испарительного охлаждения (СИО)
- 4) Охладители конвертерных газов (ОКГ)
- 5) Установки сухого тушения кокса (УСТК)
- 6) Теплоутилизаторы различных конструкций
- 7) Тепловые насосы
- 8) Тепловые трубы и термосифоны
- 9) Газовые утилизационные бескомпрессорные турбины (ГУБТ)

Утилизация горючих или тепловой ВЭР не вызывает затруднений и достаточно эффективна на промышленных предприятиях, поэтому они используются на 90-95%. Тепловые ВЭР используются на 30-40%.

Требования, предъявляемые к системам использования ВЭР:

- 1) Надежное и бесперебойное удовлетворение технологических потребителей теплотой или энергией для привода и механизмов.
- 2) График получения энергии за счет ВЭР должен быть увязан с графиком ее потребления.
- 3) Резервирование установок использующих ВЭР для непрерывных производств.
- 4) Должны учитываться фактические, в том числе и аварийные режимы работы технологических агрегатов источников ВЭР.

Оптимальная схема утилизационной установки и выбор способа использования ВЭР определяются экономическими показателями, размещением оборудования и внешними факторами.

Тема 2.4. Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности

Тепловые ВЭР можно разделить на два типа:

- 1) концентрированные – составляют 41%, из них с температурой выше 300° – 18%, 150-300° – 12%, меньше 150° – 11%.
- 2) рассеиваемая теплота -59%.

В ряде случаев, используя определенные технологические решения, рассеиваемую теплоту можно превратить в концентрируемый тепловой поток.

Основное значение в структуре тепловых ВЭР имеет физическая теплота отходящих газов теплотехнологических установок – 75%.

Тема 2.5. Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок

Целесообразность и эффективность использования теплоты отходящих газов зависит от:

1. Тепловой мощности отходящих газов; она оказывает влияние на экономику теплоиспользования.

$$Q_{\text{вн}} = \sum V_i \cdot C_i \cdot (T_{\text{ог}} - T_0),$$

где: V - выход отходящих газов;

C – теплоемкость;

$T_{\text{ог}}$ – температура отходящих газов;

T_0 – температура окружающей среды.

2. Температура отходящих газов, характеризующая их эксэргию.

$$E_{\text{ог}} = Q_{\text{вн}} \left(1 - \frac{T_{\text{ог}}}{T_0}\right).$$

Эксэргия (эксэргия; от греч. ек, ех — приставка, означающая высокую степень, и греч. ergon — работа) – максимальная работа (часть энергии, равная максимальной работе), которую может совершать система при переходе из данного состояния в состояние равновесия с окружающей средой.

3. Непрерывность и стабильность выхода газов – является условием их эффективного использования в ТУУ. Цикличность работы технологических установок создает значительные трудности при использовании газа.

4. Состав отходящих газов. Могут содержать агрессивные соединения (оксиды серы, соединения фтора, хлора), горючие газы (CO_2 , H_2 , H_2S), а также унос в твердом или жидком состоянии.

Раздел 3. Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР

Тема 3.1. Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования

Для оценки эффективности применяют первый и второй законы термодинамики.

Первый закон отражает количественную сторону процесса и используется для составления энергетического баланса, а второй – для качественной характеристики, для оценки степени несовершенства и необратимости в отдельных элементах и установке в целом.

Термодинамическая оценка эффективности теплопотребляющих установок основана на двух коэффициентах:

1. Коэффициент энергетической эффективности (тепловой) – характеризует работу, которой располагает система;

2. Коэффициент эксэргетической – характеризует максимальную работу, которая может быть получена в системе.

Работа, которая может быть получена в системе, всегда ниже располагаемой, поэтому эксэргетический КПД всегда ниже энергетического коэффициента использования теплоты:

$$\eta_{\text{экс}} < \eta_{\text{кит}}^3.$$

Тема 3.2. Методы использования тепловых отходов

Внутреннее теплоиспользование (регенеративное, замкнутое) – предполагает использование теплоты ВЭР для процессов, протекающих в основных технологических агрегатах.

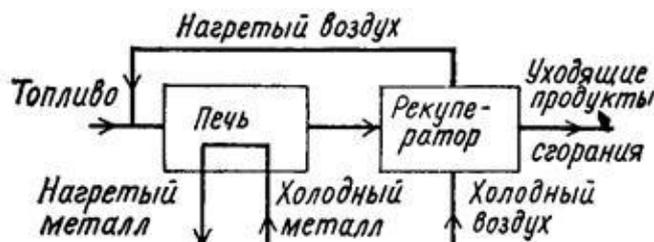


Рис. 3. Схема внутреннего (регенеративного, замкнутого) теплоиспользования.

Регенеративное теплоиспользование предусматривает подогрев компонентов горения (газ, воздух) и предварительный нагрев исходных технологических материалов. Преимущество данной схемы заключается в том, что при нагреве дутья повышается температура горения топлива и соответственно средняя эффективная температура продуктов сгорания в рабочей камере, в результате чего повышается технологическая производительность печи.

Экономия топлива, получаемая при нагреве компонентов горения:

$$\Delta B = \frac{B_x - B_r}{B_x},$$

где B_r и B_x – расход топлива при работе на холодном и горячем топливе.

Следует также учесть энергоэкономичность регенерации теплоты технологическому процессу (в виде нагретого дутья). Она состоит в том, что теплота горячего дутья полностью используется в рабочей камере печи, а химически связанная теплота топлива лишь частично, в зависимости от температуры отходящих продуктов сгорания. Приблизительно можно считать, что единица использования теплоты отходящих газов замещает в основном технологическом агрегате от 1,5-2 единиц исходного топлива. Однако возможности регенерации теплоты ограничены, и степень использования теплоты отходящих газов определяют коэффициентом регенерации:

$$r = \frac{Q_{РЕГ}}{Q_{ОТХ}}, \quad r = 0,4 \div 0,6,$$

где: $Q_{РЕГ}$ – количество регенерируемой теплоты, кДж/м³;

$Q_{ОТХ}$ – количество теплоты, подведенной к регенератору, кДж/м³.

При комбинировании различных технологических процессов отходы теплоты одного технологического процесса являются источниками энергии последующего. Отходящие газы могут быть использованы для предварительного нагрева исходных технологических материалов в другом технологическом процессе на данном предприятии.

Экономия условного топлива:

$$\Delta B_{УТ} = \frac{Q_{ВН}}{29,31 \cdot \eta_{ЗАМ}^э} = \frac{0,0324 \cdot Q_{ВН}}{\eta_{ЗАМ}^э},$$

где $\eta_{ЗАМ}^э$ – энергетический коэффициент использования теплоты (КИТ) замещаемой установки.

Суммарный энергетический КИТ:

$$\eta_{\Sigma}^э = \eta_0^э + \eta_{ВН}^э = \frac{Q_0}{Q_{РАСХ}} + \frac{Q_{ВН}}{Q_{РАСХ}},$$

где $\eta_0^э$ и $\eta_{ВН}^э$ – энергетический КИТ основного и внешнего технологических процессов;

Q_0 , $Q_{ВН}$ – полезное тепловосприятие основного и дополнительного технологических процессов;

$Q_{РАСХ}$ – расход теплоты топлива в основной технологической камере с учетом затрат на собственные нужды.

Эта формула применима и для внешнего энергетического теплоиспользования.

Энергетический коэффициент использования для сушильной установки располагается в пределах $\eta_{СУ}^э = 0,4 \div 0,6$, для котельной – $\eta_{КА}^э = 0,8 \div 0,9$.

Экономия топлива будет выше при внешнем теплоиспользовании, т.к. их КИТ существенно ниже, чем КПД энергетических установок.

Внешнее теплоиспользование (разомкнутое) – утилизируется теплота уходящих газов для внешних целей, не связанных с процессами в основном технологическом устройстве – источнике ВЭР (для организации нового технологического процесса или получения новой энергетической продукции – водяного пара, горячей воды или другого теплоносителя).



Рис. 4. Схема внешнего (разомкнутого) теплоиспользования.

Примеры внешнего теплоиспользования: выработка пара технологического или энергетического назначения, подогрев воздуха для других установок, сушка материалов и изделий и т. п.

Комбинированное теплоиспользование (замкнуто-разомкнутое). В этом случае теплота ВЭР используется как для внутренних, так и для внешних целей.

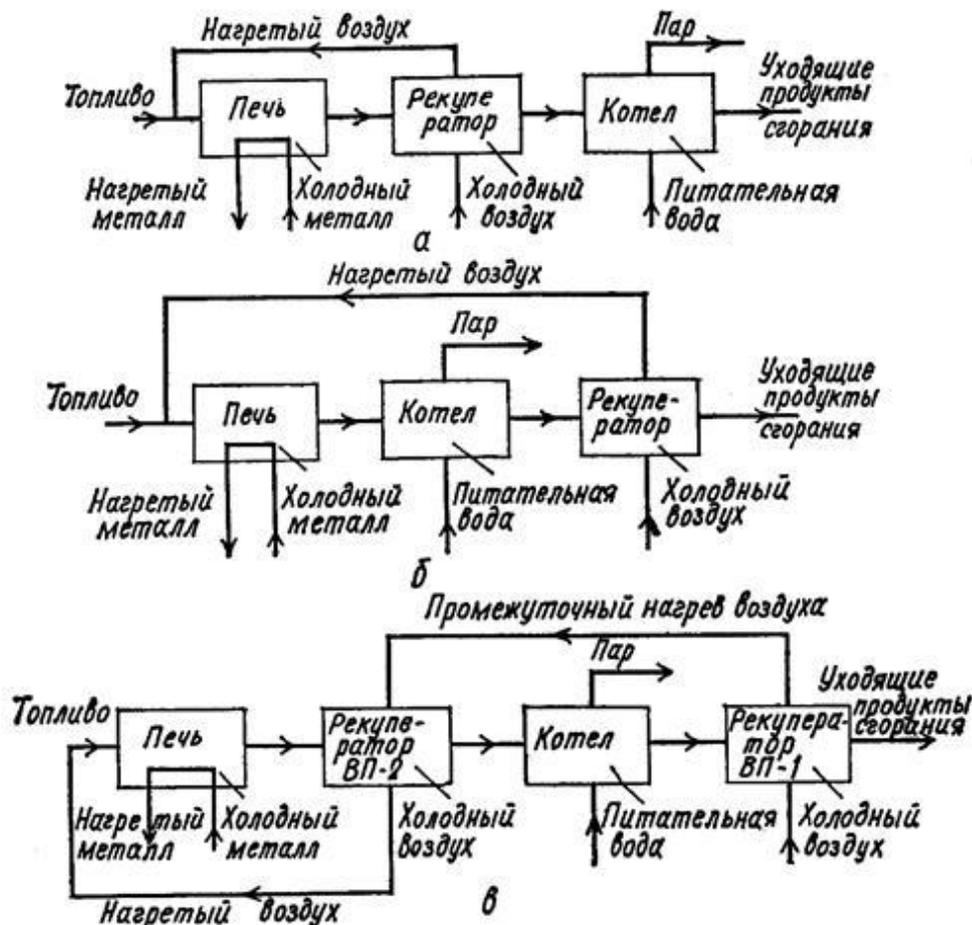


Рис. 5. Схемы комбинированного замкнуто-разомкнутого теплоиспользования.

Схема «в» на рис. 5 комбинированного замкнуто-разомкнутого теплоиспользования состоит из печи, рекуператора ВП₂ (высокотемпературной ступени подогрева воздуха), котла и рекуператора ВП₁ (низкотемпературной ступени подогрева воздуха). Эта схема применяется в тех случаях, когда требуется высокая температура подогрева воздуха (1300...1400 К), как, например, в мартеновских печах. В данном случае холодный воздух поступает в стальной рекуператор ВП₁, установленный за котлом, где нагревается до 700...725 К, затем поступает в керамический регенератор или металлический рекуператор из легированной стали ВП₂, где нагревается до конечной температуры.

Раздел 4. Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ

Тема 4.1. Котлы-утилизаторы

Котлы-утилизаторы предназначены для внешней энергетической утилизации тепловых отходов различных теплотехнологических установок. Отличительная особенность КУ – отсутствие топочного устройства, за исключением камер дожигания горючих компонентов, содержащихся в отходящих газах.

В качестве дополнительного внешнего теплоиспользующего устройства КУ, как правило, не оказывают влияния на основной технологический процесс.

Одно из перспективных направлений повышения эффективности производства электроэнергии и теплоты – внедрение парогазовых установок (ПГУ) с котлом-утилизатором (рис.)

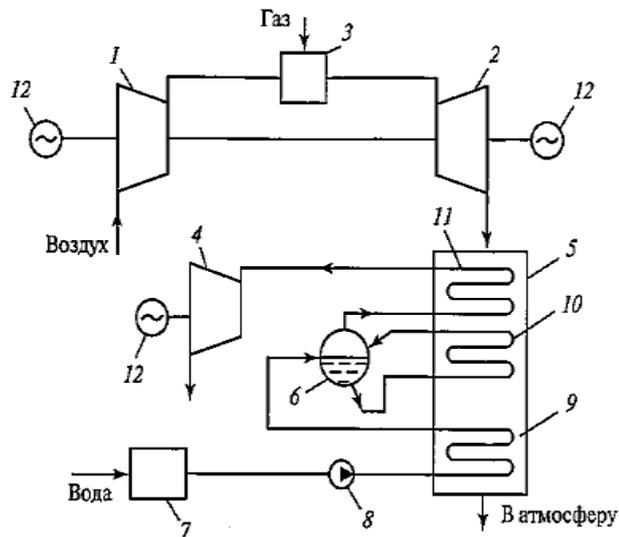


Рис. 10.4. Тепловая схема парогазовой установки с котлом-утилизатором:
 1 — осевой компрессор; 2 — газовая турбина; 3 — камера сгорания ГТУ; 4 — паровая турбина; 5 — котел-утилизатор; 6 — сепаратор; 7 — система химводоочистки; 8 — насос питательной воды; 9 — экономайзер; 10 — испаритель; 11 — пароперегреватель; 12 — генераторы

В таких установках высокотемпературные тепловые ВЭР после газовой турбины 2 поступают в котел утилизатор 5, в котором вырабатывается пар, обеспечивающий работу турбины 4.

Классификация КУ.

По типу теплообмена:

- 1) радиационные;
- 2) радиационно-конвективные;
- 3) конвективные.

Конвективный обмен или радиационный (при помощи излучения) – зависит от температуры продуктов сгорания на входе в котел: при температурах $< 900^{\circ}\text{C}$ перенос теплоты от продуктов сгорания происходит главным образом за счет конвекции, а при температурах $> 1000^{\circ}\text{C}$ в большей степени излучением. Поэтому, параллельно с классификацией по типу теплообмена, котлы-утилизаторы могут делиться на низкотемпературные (при температурах $< 900^{\circ}\text{C}$) и высокотемпературные (при температурах $> 1000^{\circ}\text{C}$).

По параметрам получаемого пара:

- 1) с низкими параметрами $P \leq 1,5 \text{ МПа}$, $t_{\text{нп}} \leq 300^{\circ}\text{C}$;
- 2) с повышенными параметрами $P \geq 4 \text{ МПа}$, $t_{\text{нп}} \geq 450^{\circ}\text{C}$;
- 3) с высокими параметрами $P \geq 10 \text{ МПа}$, $t_{\text{нп}} \geq 550^{\circ}\text{C}$.

По способу организации взаимного движения воды, пара и продуктов сгорания (также по конструктивному исполнению):

- 1) газотрубные – дымовые газы проходят внутри труб, а вода омывает их снаружи;
- 2) водотрубные – наоборот, вода проходит внутри труб, а дымовые газы обогревают их снаружи.

По принципу циркуляции воды:

- 1) с естественной;
- 2) с принудительной;
- 3) с комбинированной;
- 4) прямоточные.

По компоновки газоходов:

- 1) П-образные;
- 2) Г-образные;
- 3) Т-образные;
- 4) U-образные;
- 5) башенные;
- 6) туннельные.

По способу организации тяги:

- 1) под разрежением (ниже атм. давления);
- 2) под наддувом (выше атм. давления);
- 3) уравновешенные (часть под разрежением, часть под наддувом).

Газотрубные котлы-утилизаторы (ГКУ) выпускаются как с горизонтальным, так и с вертикальным их расположением и устанавливаются за нагревательными, мартеновскими, обжигowymi и другими печами относительно небольшой мощности. Основная особенность: отходящие технологические газы проходят внутри труб, размещенных в водяном объеме барабана.

Преимущества ГКУ:

- 1) не требует обмуровки;
- 2) высокая газоплотность – т.е. возможна работа с газами под высоким давлением;
- 3) простота изготовления, монтажа и эксплуатации;
- 4) пониженные требования питательной воды.

Недостатки:

- 1) низкий коэффициент использования теплоты отходящих газов;
- 2) высокий удельный расход металла на выработку пара;
- 3) низкие параметры вырабатываемого пара (давление до 1.5 МПа);
- 4) ограниченный пропуск отходящих газов ($V_r \leq 40$ тыс м³/ч);
- 5) внутренние поверхности труб быстро засоряются отложениями, поэтому требуются частые чистки труб со значительными затратами ручного труда.

Область применения

Для охлаждения отходящих газов небольших по мощности технологических установок, особенно когда греющие газы имеют повышенное давление или содержат взрывоопасные или ядовитые составляющие.

Водотрубные котлы-утилизаторы (ВКУ)

Водотрубные котлы-утилизаторы (ВКУ) с принудительной многократной циркуляцией (МПЦ) воды в испарительных элементах получили наиболее широкое распространение в различных отраслях промышленности. Наличие многократной принудительной циркуляции позволяет придать испарительным элементам котла любую конфигурацию и ориентацию в пространстве. Это создало предпосылки к изготовлению унифицированных котлов на отходящих газах, поверхности нагрева которых могут быть представлены в виде змеевиковых пакетов.

Характерные особенности: трубки малого диаметра; змеевиковая компоновка; многократная принудительная циркуляция (по сравнению с газотрубными – это достоинства).

Устанавливаются за металлургическими и технологическими печами для выработки перегретого пара энергетических или производственных параметров.

Компоновка поверхности нагрева – П-образная. Поверхности скомпонованы в секции, а секции в блоки.

Общее обозначение для КУ:

КУ-100-Б-1 – Котел-утилизатор, $V_r=100$ тыс м³/ч – максимальный объем газа, башенный, порядковый номер модификации – 1.

Тема 4.2. Охладитель конвертерных газов

Конвертерный газ – газ, образующийся при выплавке стали в кислородных конвертерах. Состоит в основном из CO, выход и состав его в течение плавки значительно изменяются; на выходе конвертерный газ может содержать от 60 до 80% CO, соответственно он является токсичным и перед сбросом в атмосферу его необходимо сжечь.

Охладители конвертерных газов чаще всего представляют собой радиационно-конвективные котлы-утилизаторы с многократной принудительной циркуляцией. Они выполняются однобарабанными, вертикально-водотрубными и имеют П-образную компоновку. За время прохождения через газоотводящий тракт охладителя конвертерные газы охлаждаются с 1600 примерно до 1100 °С и затем дожигаются в свече конвертора (14) (кроме того, могут частично или полностью сжигаться в наклонном газоходе ОКГ (2)).

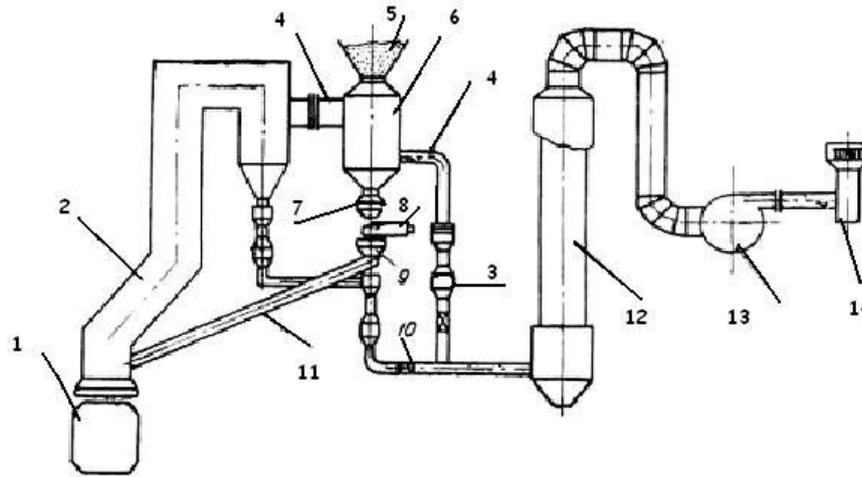


Рис. 6. а) схема кислородного конвертера с газоотводящим трактом; б) свеча дожигания.

1 — конвертер; 2 — ОКГ; 3 — газоочистка; 4 — обводной газоход; 5 — бункер; 6 — восстановительный аппарат; 7 — бункер-накопитель; 8 — питатель; 9 — дозатор; 10 — шибер; 11 — течка; 12 — каплеотделитель; 13 — нагнетатель; 14 — свеча.

Туннельный КУ

Относятся к радиационно-конвективным котлам. Используются в цветной металлургии. Для отходящих газов цветной металлургии характерны следующие особенности:

- 1) Высокая запыленность;
- 2) Дисперсность уноса;
- 3) Легкоплавкость уноса;
- 4) Значительное содержание CO_2

Туннельные КУ в наибольшей степени соответствуют уходящим газам печей цветной металлургии, поэтому их и используют.

Тема 4.3. Энерготехнологические агрегаты.

Энерготехнологические агрегаты (ЭТА) – устройства, в которых вырабатывается 2 и более товарных продукта (технологический и энергетический).

Раздельная работа технологического и энергетического элементов в таком агрегате невозможна. При совместной работе в большинстве случаев достигается повышение энергетической и технологической эффективности, надежности работы, увеличение числа часов работы.

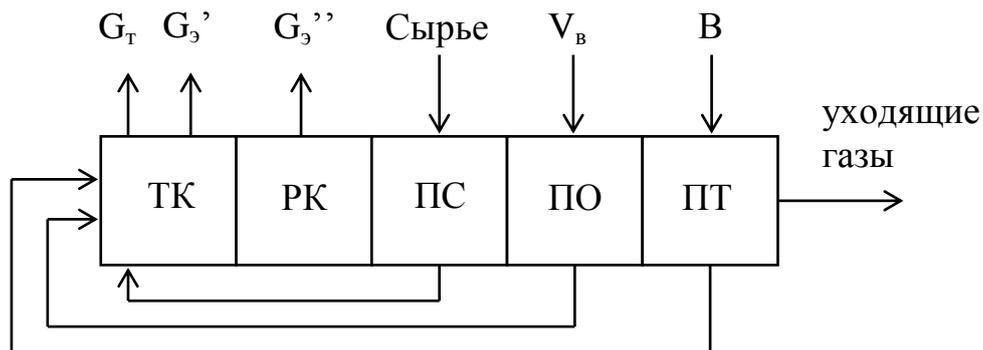


Рисунок 6 – Принципиальная схема энерготехнологического использования применительно к плавильному процессу:

ТК - технологическая камера; РК - радиационная камера; ПС, ПО, ПТ - подогреватели сырья, окислителя, топлива; G_T , G_3 – технологический и энергетический продукты; V_B , B – расход воздуха и топлива.

В технологической и плавильной камере осуществляется обработка технологического сырья с получением технологического продукта G_T . Для обеспечения надежной работы ТК, ее стены выполнены с принудительно охлаждаемой футеровкой, в элементах которой вырабатывается энергетическая продукция G_3 в виде пара или горячей воды. Отходящие из ТК высокотемпературные газы поступают в камеру радиационного охлаждения (РК), в которой газы и содержащиеся в них расплавленный технологический унос доводятся до температуры, при которой исключается

зашлаковывание далее используемых устройств. В радиационной камере вырабатывается дополнительная продукция G_3 ”.

Данная схема может добавляться дополнительными элементами.

Для ЭТА полезное теплоиспользование складывается из теплоты, расходуемой на выработку технологической (Q_T) и энергетической ($Q_Э$) продукции. Тогда коэффициент использования располагаемой теплоты определяется по:

$$\eta_{ЭТА}^Э = \frac{Q_T + Q_Э}{Q_{РАСХ}} = \eta_T^Э + \eta_Э^Э,$$

$$Q_{РАСХ} = Q_{ХТ} + Q_{ЭКЗ} + Q_{СН},$$

где: $Q_{ХТ}$ – химическая теплота топлива; $Q_{ЭКЗ}$ – теплота изотермических реакций; $Q_{СН}$ – затраты теплоты на собственные нужды; $\eta_T^Э$ – коэффициент использования теплоты на получение технологической продукции; $\eta_Э^Э$ – коэффициент использования теплоты на получение энергетической продукции.

При выработке в ЭТА дополнительной энергетической продукции годовая экономия условного топлива, кг у.т./год, составит:

$$\Delta B = \frac{B \cdot Q_Э \cdot n}{29,31 \cdot \eta_{ЗАМ}^Э},$$

где B - расход натурального топлива; $Q_Э$ - выработка энергетической продукции, (МДж/кг (МДж/м³)); n - число часов работы ЭТА в году, г/год; $\eta_{ЗАМ}^Э$ - энергетический КПД замещаемой установки.

Применение ЭТА в промышленности – для переработки отбросных сероводородных газов. В этом случае технологическая линия переработки состоит из нескольких последовательно включенных ЭТА.

Тема 4.4. Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты

Содорегенерационный котёл предназначен для регенерации химикатов, используемых при производстве целлюлозы, с утилизацией тепла для получения пара энергетических параметров. Полученный при варке целлюлозы варочный раствор (отмытая целлюлоза черным щелоком) регенерируется (то есть восстанавливается). Черный щелок через форсунки подается в топку СРК, органические вещества сгорают с образованием CO_2 , H_2O , SO_2 и других серосодержащих соединений. Сгорание щелока происходит в объеме топки и в слое на поду топки. После, расплав, удаляемый из СРК при температуре 0 °С, поступает в бак, в котором растворяется водой, образуя зеленый щелок. В установке каустизации он обрабатывается гашеной известью, а полученный уже белый щелок после промывки направляются в варочный котел.

Каустизация — процесс осветления (регенерации) зелёного щёлока в белый щёлок.

Содорегенерационный котёл является одним из основных элементов комплекса оборудования целлюлозно-бумажного комбината. В 2013 году в г. Братске «ИЛИМом» (на БЛПК) был установлен новый содорегенерационный котел СРК-14 производительностью 3000 т/сут. с.ч.щ. (тонн сухого черного щелока в сутки), весом около 10 000 тонн, включая все оборудование, и занимающий размер целого здания.

СРК выпускают производительностью 350, 700, 1400, 2650, 3000, 3560 т/сут с.ч.щ. Котлы однобарабанные с естественной циркуляцией с $P = 4$ МПа, $t = 440$ °С.

Более детально: схема и этапы работы агрегата.

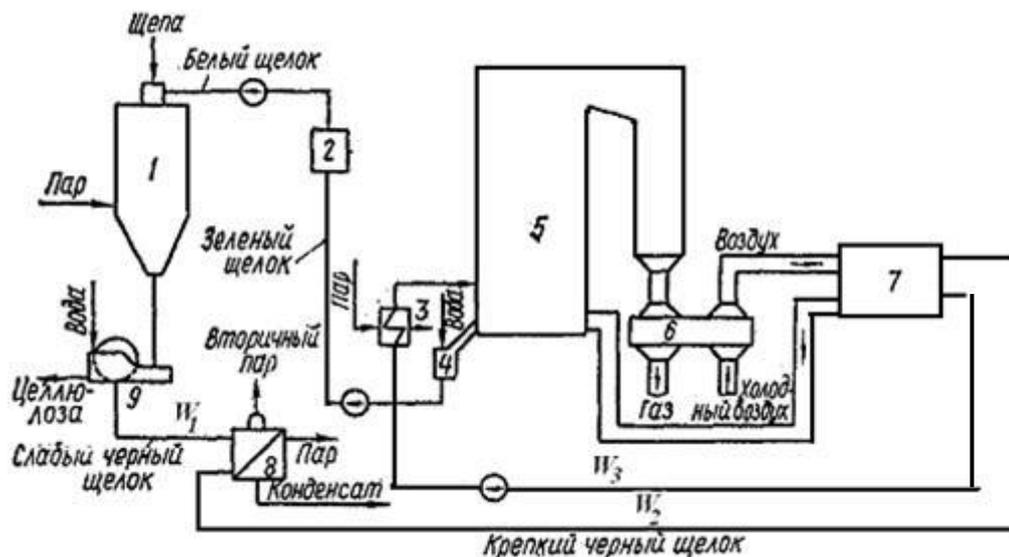


Рис. 8. Энерготехнологический сорегенерационный агрегат
 1 – варочный котел; 2 – установка каустизации; 3 – подогреватель; 4 – бак;
 5 – сорегенерационный агрегат; 6 – регенеративный воздухоподогреватель;
 7 – испаритель; 8 – выпарной аппарат; 9 – промывочный бак

Древесная щепа поступает в варочный котел 1, в котором обрабатывается под давлением водяным паром в растворе едкого натрия NaOH и сульфида натрия Na₂S, известного под названием *белого щелока*. Во время варки лигнин древесины растворяется в щелоке. Целлюлозная масса отделяется от варочного раствора и после промывки в баке 9 направляется в очистительное устройство и бумагоделательные установки. Варочный раствор, отмытый от целлюлозной массы, образует так называемый *черный щелок*, имеющий влажность $W_1 = 70\%$. Для возврата в производство черный щелок, основными компонентами минеральной части которого являются Na₂S, NaOH и Na₂SO₄, подлежит регенерации. Для этой цели он упаривается в многокорпусной выпарной установке 8 до содержания влаги $W_2 = 45\%$. В каскадном испарителе 7 его влажность снижается до $W_3 = 33\%$.

В данной установке применен каскадный испаритель, который обогревается горячим воздухом с температурой 300 °С, поступающим из вращающегося регенеративного подогревателя 6. После каскадного испарителя упаренный черный щелок и воздух поступают в топку сорегенерационного агрегата 5, где создаются условия для выгорания органики и регенерации химикатов. Перед подачей в топку черный щелок предварительно подогревается в подогревателе 3 до 110 °С. Нижняя часть топки ошипована и покрыта хромитовой массой. Жидкий щелок подается в специальные форсунки, установленные выше уровня пода примерно на 5 м. Форсунки качающиеся с грубым распылом. Размер основной массы капель составляет 3-5 мм. Крупные капли подсушиваются на лету горячими дымовыми газами и падают на под, образуя горячий слой подсушенного щелока. Сгорание щелока происходит в двух зонах: частично в слое и частично в объеме. На поду топки формируется подушка огарка. Основной процесс сушки и сгорания органических веществ происходит в объеме топки, расположенном между подушкой огарка и щелочевыми форсунками. В этом объеме интенсивно выделяется теплота, используемая для получения пара. В связи с этим большая часть первичного воздуха подается в объем, расположенный ниже уровня щелочевых форсунок. Во время *сжигания* щелока сложные *органические вещества* распадаются и *сгорают* с образованием CO₂, H₂O и SO₂, а минеральные — выделяются в виде *расплава*, состоящего из Na₂CO₃ (80 %), и Na₂S (18 %), небольшого количества Na₂SO₄, NaOH и др. (видимо, тот самый огарок, который остается после сжигания черного щелока). (горит сам щелок – он в качестве топлива котла).

Жидкий расплав с температурой около 1000 °С поступает в бак 4, в котором растворяется промывочной водой из установки каустизации, образуя так называемый *зеленый щелок*. В установке каустизации 2 зеленый щелок обрабатывается гашеной известью, в результате происходит реакция между карбонатом натрия и гидроксидом кальция по уравнению: $\text{Na}_2\text{CO}_3 + \text{Ca}(\text{OH})_2 = 2\text{NaOH} + \text{CaCO}_3$.

Сульфид натрия остается без изменения. Полученный *белый щелок* после отстаивания и промывки снова возвращается в производственный цикл.

Белый щёлк — водный раствор, предназначенный для варки целлюлозы и содержащий в

качестве основных компонентов гидроксид натрия (NaOH) и сульфид натрия (Na₂S).

Зелёный щёлок — раствор зелёного цвета, образующийся путём растворения неорганического плава (огарка), который получается после сжигания в регенерационной печи чёрного щёлока.

Чёрный или сульфатный щёлок — отработанный раствор, образующийся после завершения варки целлюлозы и представляющий собой сложную смесь органических и неорганических веществ;

Тема 4.5. Регенеративные подогреватели (регенераторы)

Общая классификация теплообменных аппаратов (ТА)

Лекция проводится в интерактивной форме: проблемная лекция (1,5 часа).

ТА, или теплообменники, предназначены для передачи теплоты от одних теплоносителей к другим. По способу передачи теплоты все ТА можно разделить на поверхностные и аппараты смешения (рис. 2.5)

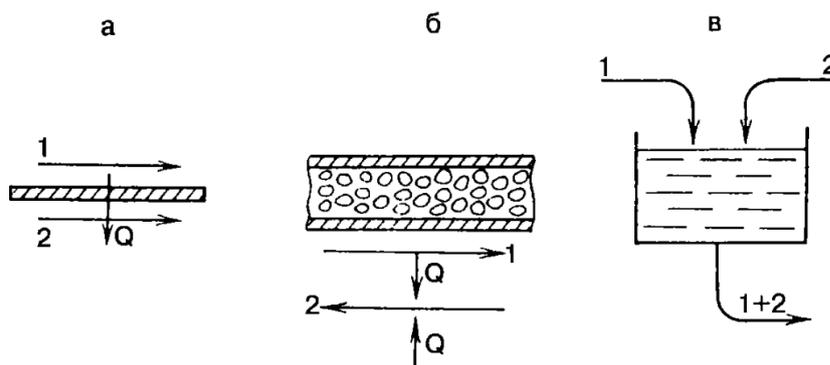


Рис. 2.5. Виды теплообменных аппаратов:

a — рекуперативные; б — регенеративные; в — смесительные; 1 — горячий теплоноситель; 2 — холодный теплоноситель; Q — тепловой поток

В поверхностных ТА передача теплоты осуществляется от одного теплоносителя к другому с участием твердой стенки. В смесительных ТА передача теплоты осуществляется путем непосредственного контакта и смешения теплоносителей. Поверхностные ТА, в свою очередь, подразделяются на рекуперативные и регенеративные.

В рекуперативных ТА теплота от одного теплоносителя к другому передается через разделяющую их стенку (поверхность теплопередачи). В регенеративных ТА теплоносители попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева, которая в первый период нагревается, аккумулируя теплоту «горячего» теплоносителя, а во второй период охлаждается, отдавая теплоту «холодному» теплоносителю.

Регенеративные подогреватели (регенераторы)

Регенеративными называются такие теплообменные аппараты, в которых два или большее число теплоносителей (с разной температурой) попеременно соприкасаются с одной и той же поверхностью нагрева. Поверхность нагрева, таким образом, поочередно то принимает, то отдает тепло. Передача теплоты от одного теплоносителя к другому происходит с помощью теплоаккумулирующей массы, называемой насадкой, с поверхностью которой и происходит теплообмен.

Регенеративные подогреватели служат для регенеративного подогрева компонентов нагрева и исходных материалов.

Насадка может быть подвижной и неподвижной. При подвижной насадке процесс теплообмена происходит в одном аппарате, при неподвижной — в двух аппаратах.

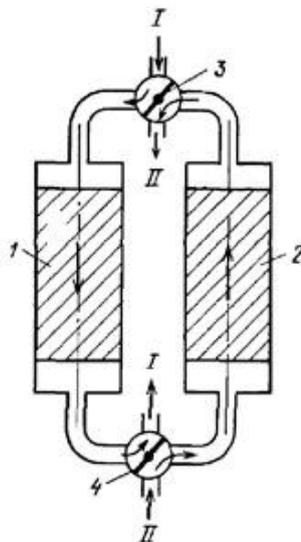


Рис. 9. Регенеративный теплообменник с неподвижными насадками:

I и II – холодный и горячий теплоносители, 1 и 2 – регенеративные теплообменники с насадкой, 3 и 4 – клапаны.

В аппаратах с неподвижной насадкой в качестве последних обычно применяют: огнеупорный кирпич, металл различного профиля (пластины, листы, шары), фольгу.

Для осуществления непрерывного процесса теплопередачи от 1-го теплоносителя к другому используется два регенератора: в одном происходит охлаждение, в другом нагревается холодильный теплоноситель. Затем аппараты переключаются, после чего в каждом из них процесс теплопередачи протекает в обратном направлении. Переключение производится обычно автоматически через определенные промежутки времени (от нескольких минут до нескольких часов).

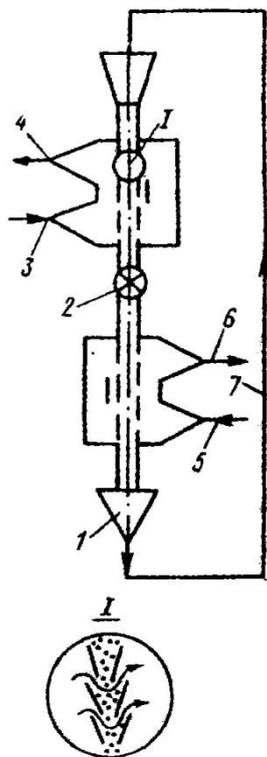


Рис. 7.32. Дробепотоочный регенератор с подвижной насадкой: 1 — бункер; 2 — пропускной клапан; 3 — вход дымовых газов; 4 — выход охлажденных дымовых газов; 5 — вход холодного воздуха; 6 — выход нагретого воздуха; 7 — возврат дроби

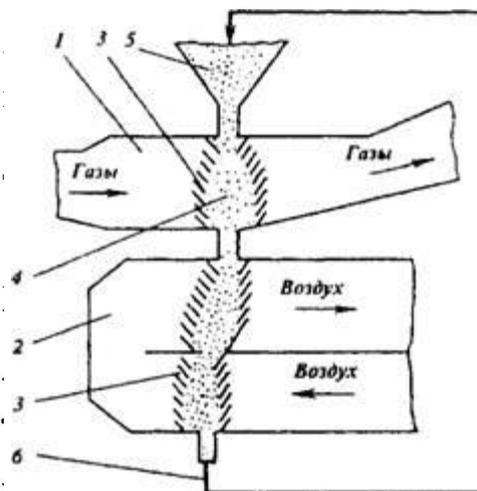


Рис. 10. Регенеративный теплообменник с пересыпной подвижной насадкой.

(описание для рисунка справа)

Регенератор имеет камеры нагрева 1 и охлаждения 2 с установленными в них жалюзийными решетками 3, образующими вертикальный расширяющийся по ходу потока канал 4, подключенный к бункеру 5 подачи промежуточного сыпучего теплоносителя. Греющий газ, отдавая теплоту

промежуточному теплоносителю, поступающему из бункера 5, охлаждается. Нагретый теплоноситель ссыпается в камеру охлаждения, отдает теплоту воздуху и через подъемник 6 возвращается в бункер. В теплообменнике загрузочный и разгрузочный штуцера должны быть всегда заполнены сыпучим теплоносителем для исключения перетекания газа из камеры охлаждения в камеру нагрева, и наоборот. Для увеличения времени пребывания сыпучей насадки в камере в ней под разными углами делают полки.

В качестве сыпучей насадки может быть использована чугунная дробь (3-5 мм), прочные керамические зерна (1-8 мм).

Достоинствами рассмотренных аппаратов являются непрерывный режим работы, практически постоянная средняя температура нагреваемого воздуха, компактность.

Недостатки регенераторов с пересыпной насадкой:

- 1) из-за повышенных утечек уходящие газы не применяются для нагрева газообразного топлива;
- 2) предельная температура пересыпной насадки ограничивается не огнеупорностью, а температурой спекания (на 30-40% к огнеупорности);
- 3) истирание насадки;
- 4) необходимость элеваторов для перегрузки насадки из нижней камеры в верхнюю.

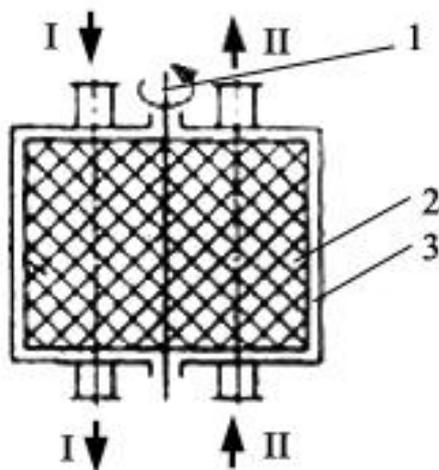


Рис. 11. Регенеративный теплообменник с вращающейся подвижной насадкой:

I и II – холодный и горячий теплоносители, 1 – вал аппарата, 2 – насадка, 3 – корпус аппарата.

Наиболее широкое применение в среднетемпературных процессах получили воздухоподогреватели непрерывного действия с вращающимся ротором системы Юнгстрема. Регенеративные вращающиеся подогреватели (РВП) применяют на электростанциях в качестве воздухонагревателей для использования теплоты дымовых газов, выходящих из котлов. В качестве насадки в них используют плоские или гофрированные металлические листы, прикрепленные к валу. Насадка в виде ротора вращается в вертикальной или горизонтальной плоскости и попеременно омывается то горячими газами, (при этом нагреваясь), то холодным воздухом (при этом охлаждаясь).

Достоинствами РВП перед регенераторами с неподвижной насадкой являются: непрерывный режим работы, практически постоянная средняя температура нагреваемого воздуха, компактность. Недостатками — дополнительный расход электроэнергии (на вращение ротора), сложность конструкции и невозможность герметичного отделения полости нагрева от полости охлаждения, поскольку через них проходит одна и та же вращающаяся насадка.

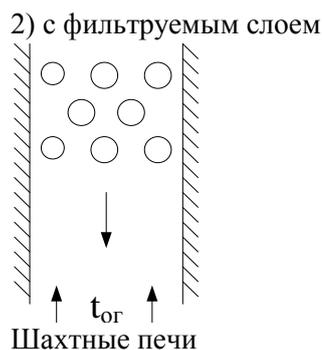
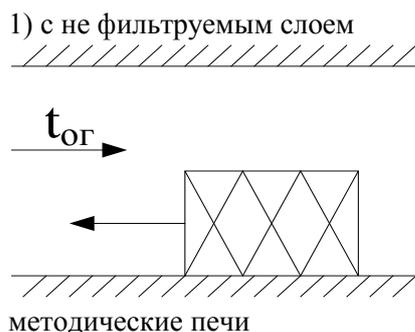
Регенеративные подогреватели исходных технологических материалов (РПТМ)

В них осуществляется непосредственный контакт технологического сырья и отходящих газов ($t_{ог}$).

Достоинства:

- 1) поверхностью теплообмена является поверхность слоя или кусков технологического материала;
- 2) непрерывная сменяемость поверхности обеспечивает эксплуатационную стойкость;
- 3) отложение примесей на поверхности теплообмена слабо отражается на интенсивности теплопередачи.

Наиболее распространенные схемы:



Для методической печи температура уходящих газов $t_{о.г.} = 800-900\text{ }^{\circ}\text{C}$

В шахтных печах температура $t_{о.г.} \approx 200\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Методическая печь – проходная печь для нагрева металлических заготовок перед прокаткой, ковкой или штамповкой. В методической печи заготовки, уложенные поперёк печи, передвигают навстречу движению продуктов сгорания топлива; при таком противоточном движении достигается высокая степень использования тепла, подаваемого в печь. Заготовки проходят последовательно 3 теплотехнические зоны: методическую (зону предварительного подогрева), сварочную (зону нагрева) и томильную (зону выравнивания температур в заготовке). Сварочная зона может состоять из нескольких последовательных зон отопления с дополнительным подводом топлива в каждую зону. Для заготовок небольшого сечения томильная зона не обязательна. Методические печи отапливают газообразным или жидким топливом с помощью горелок или форсунок, которые устанавливают главным образом на торцевых стенах сварочной и томильной зон; реже горелки располагают на боковых стенах и своде. В методических печах поддерживают неизменную во времени и переменную по длине печи температуру. В сварочной и томильной зонах температура почти постоянна, а в методической — падает к началу печи.

Шахтная печь – печь с вытянутым вверх рабочим пространством круглого, эллиптического или прямоугольного поперечного сечения, предназначенная для плавки и обжига кусковых материалов. Тепло, необходимое для протекания процессов плавки и обжига, получают путём сжигания топлива непосредственно в шахтной печи или в выносной топке с подачей горячих продуктов горения в печь. Для шахтной печи характерны такие умеренные скорости газообразных продуктов горения, при которых основная масса кусковых материалов (шихты) не увлекается восходящим потоком газов и сохраняет аэродинамическую стабильность. Наличие противоточного движения шихты (сверху вниз) и фильтрующихся через шихту газов (снизу вверх), а также непосредственный контакт между шихтой и горячими газами обуславливают хороший теплообмен и получение отходящих газов с низкой температурой. Благодаря этому шахтные печи характеризуются высоким тепловым КПД и относительно большой производительностью.

Регенераторы в целом применяются в областях, где требуется высокотемпературный нагрев. Для средне- и низкотемпературного нагрева лучше применять рекуператоры.

Тема 4.6. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)

Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)

Лекция проводится в интерактивной форме: проблемная лекция (1,5 часа).

Рекуператоры представляют собой теплообменные устройства, в которых тепло от одного теплоносителя второму передается через разделительную стенку. В зависимости от направления движения теплоносителей рекуперативные теплообменники могут быть прямоточными при параллельном движении в одном направлении, противоточными при параллельном встречном движении, а также перекрестноточными при взаимно перпендикулярном движении двух взаимодействующих сред.

Среди рекуперативных теплообменников различают аппараты с теплообменной поверхностью: а) из прямых, витых, гладких или оребренных труб, заключенных в общий кожух (кожухотрубные аппараты); б) в виде прямых труб, орошаемых снаружи жидким теплоносителем, обычно водой (оросительные аппараты), или из труб в форме змеевиков, погружаемых в жидкий теплоноситель; в) из листовых материалов (пластинчатые, пластинчато-ребристые, спиральные теплообменники); г) из

неметаллов (из полимерных материалов или графита, эмалированные, керамические аппараты и др.).

Металлические рекуператоры изготавливают из чугуна, стали и специальных сплавов. Наиболее распространены игольчатые чугунные рекуператоры, так как использование игл на поверхности труб увеличивает удельную площадь нагрева.

В керамических рекуператорах из-за их недостаточной плотности можно подогреть только воздух до температуры 800—1000° С. В металлических рекуператорах возможен подогрев как воздуха, так и газообразного топлива до 500—600° С. При установке керамических и металлических рекуператоров требуется применение искусственного дутья.

В керамических рекуператорах поверхность теплообмена выполняется из шамота, карбошамота и других керамических материалов. Недостатки керамических рекуператоров — громоздкость, малая прочность, отсутствие герметичности.

– обожжённая, измельчённая глина, а также огнеупорный кирпич из такой глины.

В пластинчатых аппаратах (рис. 14-1) теплообменная поверхность состоит из металлических листов, в зазорах между которыми проходят теплоносители. Преимущества теплообменников этого типа перед трубчатыми: малая металлоёмкость, компактность, высокая интенсивность теплообмена, простота инженерного оформления различных схем движения теплоносителей; основной недостаток – сложность герметизации отдельных элементов.

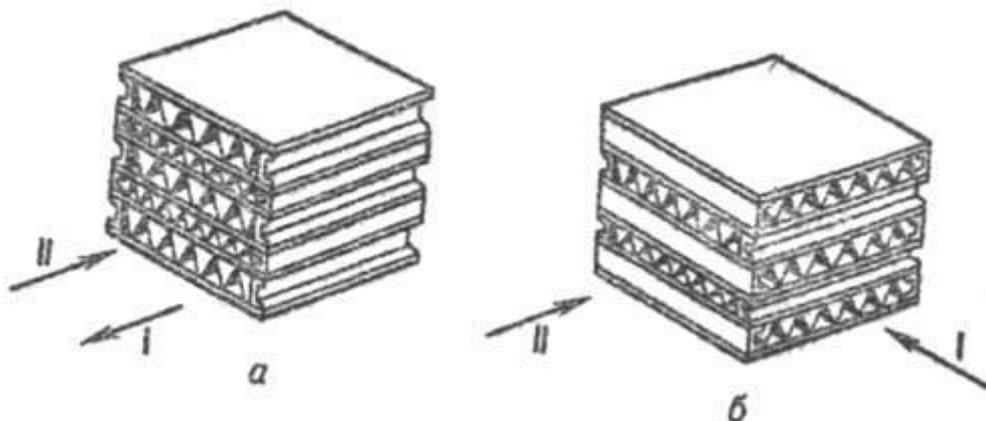


Рис. 14-1. Пластинчатые теплообменники (типы пакетов пластин):
I, II – теплоносители (а – противоток, б – перекрестный ток).

Пример использования пластинчатого металлического рекуператора – в жилых домах для нагрева приточного воздуха (Рис. 14-2).

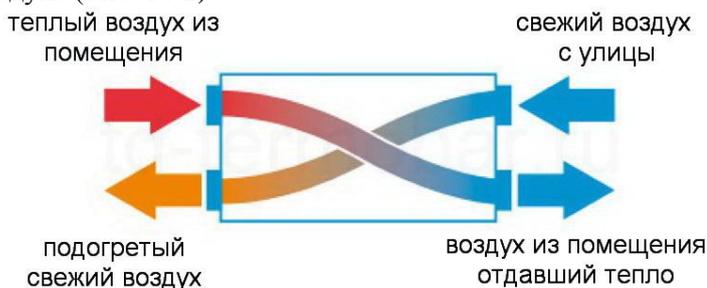


Рис. 14-2. Пример рекуператора для подогрева приточного воздуха в помещении.
(удаляемый из помещения нагретый воздух используется в рекуператоре для подогрева приточного воздуха с улицы)

В кожухотрубных теплообменниках (рис. 15) теплообмен интенсифицируется увеличением скорости теплоносителей путем установки в межтрубном пространстве поперечных перегородок и создания нескольких ходов для теплоносителя, движущегося по внутритрубному пространству. Число труб может достигать 3-4 тысячи, поверхность теплообмена – 1500-2000 м², избыточное давление – 4 МПа.

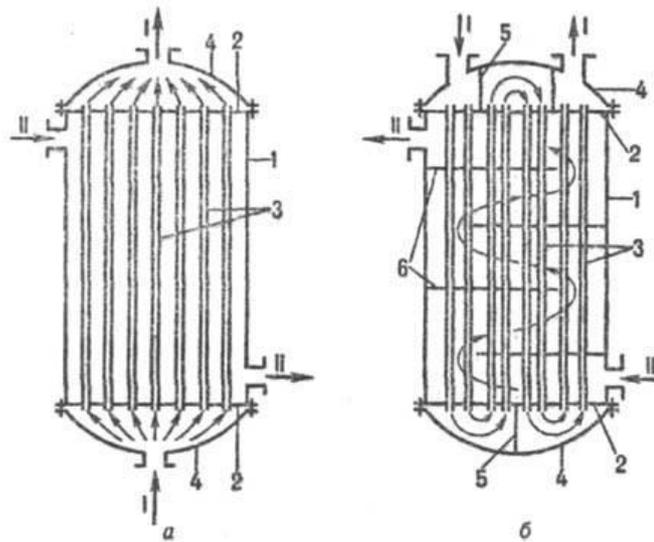


Рис. 15. Кожухотрубные одноходовой (а) и четырёхходовой (б) теплообменники: I, II – теплоносители; 1 – корпус (кожух); 2 – трубные решетки; 3 – теплообменные трубы; 4 – крышки (распределительные камеры); 5, 6 – перегородки соответственно во внутретрубном и межтрубном пространстве.

Рекуперативные ТА также применяются в каталитических реакторах, служащих для очистки газов от органических соединений и оксида углерода (II).

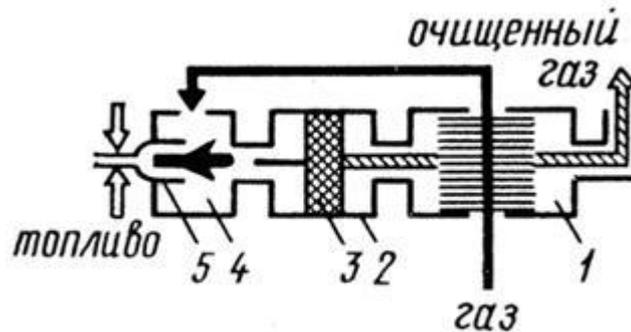


Рис. 16. Каталитический реактор: 1-рекуператор; 2-контактное устройство; 3-катализатор; 4-подогреватель; 5-горелка природного газа.

Воздух, содержащий примеси толуола, подогревается в теплообменнике-рекуператоре (1), откуда по переходным каналам поступает в подогреватель (4). Продукты сгорания природного газа, сжигаемого в горелках (5), смешиваются с воздухом, повышая его температуру до 250-350 °С, т.е. до уровня, обеспечивающего оптимальную скорость окисления толуола на поверхности катализатора. Процесс химического превращения происходит на поверхности катализатора (3), размещенного в контактном устройстве (2). Смесь воздуха и продуктов реакции при температуре 350-450 °С направляется в рекуператор (1), где отдает тепло газовоздушному потоку, идущему на очистку, и затем через выходной патрубок выводится в атмосферу. Эффективность очистки реактора составляет 95-98 %.

Преимущество рекуператоров по сравнению с регенераторами состоит в том, что с их помощью обеспечивается стабильный температурный режим в печи и они работают без приводных устройств. Вместе с тем рекуператоры имеют и недостатки: их неплотность, исключая возможность подогрева в них горючего газа, и довольно быстрое засорение. Утечки воздуха могут достигать до 60%. Из-за неэффективного теплообмена в трубчатом рекуператоре, необходимо иметь большую длину труб, между стенками которых происходит теплообмен. Не используют для нагрева газообразного топлива (в керамических). Эти существенные недостатки ограничивают область применения рекуператоров.

Тема 4.7. Смесительные теплообменные аппараты

Лекция проводится в интерактивной форме: проблемная лекция (1 час).

) — теплообменник,

предназначенный для осуществления тепло- и массообменных процессов путем прямого смешивания сред (*в отличие от поверхностных теплообменников*). Наиболее распространены пароводяные струйные аппараты ПСА — теплообменники струйного типа, использующие в своей основе струйный *инжектор*, а также УМПЭУ — установки с магистральными *пароэжекторными* устройствами (пароводяные смешивающие подогреватели воды).

Струйный насос — устройство для нагнетания (*инжектор*) или отсасывания (*эжектор*) жидких или газообразных веществ, транспортирования гидросмесей (гидроэлеватор), действие которого основано на увлечении нагнетаемого (откачиваемого) вещества струей жидкости, пара или газа (соответственно различают жидкоструйные, пароструйные и газоструйные насосы).

Смесительные ТА конструктивно устроены проще, чем поверхностные, более полно используют тепло. Однако, пригодны они лишь в случаях, когда по технологическим условиям производства допустимо смешение рабочих сред.

Большое применение контактные теплообменники находят в установках утилизации тепла дымовых газов, отработанного пара и т.п.

Пример использования смесительных ТА — конденсаторы водяного пара или охладители воздуха путем смешения их с холодной водой, контактные насадочные теплообменники.

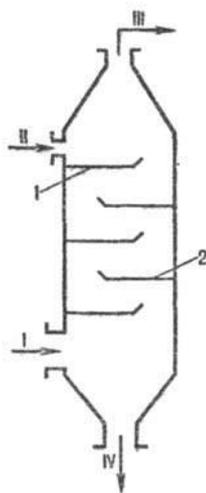


Рис. 16. Конденсатор смешения:

1 — пар (горячий воздух); II — холодная вода; III — неконденсирующиеся газы; IV — вода и конденсат;
1, 2 — сегментные полки.

Принцип действия. Пар и охлаждающая вода смешиваются в герметически замкнутом сосуде, в котором при сжижении пара создается вакуум. Для хорошего перемешивания воды с паром и быстрого поглощения его скрытой теплоты, необходимо создать возможно большую поверхность соприкосновения между водой и паром. Для этого охлаждающая вода стекает через борта и в отверстия горизонтальных полок.

Контактный насадочный теплообменник (скруббер) представляет собой колонну, заполненную телами различной формы — насадкой, имеет круглое или прямоугольное сечение. Высота может достигать 30 метров, а диаметр 6-9 м.

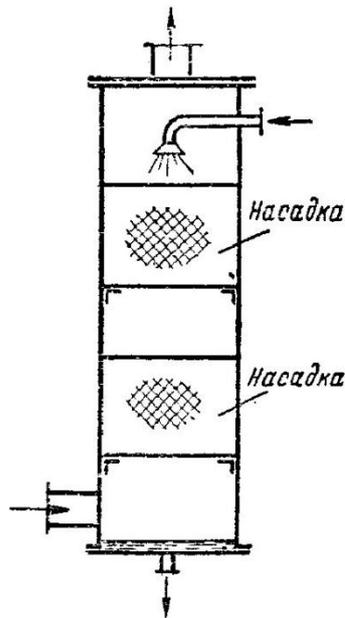


Рис. 17. Контактный насадочный скруббер

Поток газа в колонне направляется противоточно орошающим каплям жидкости (снизу вверх). Для увеличения поверхности контакта между газом и жидкостью на опорные решетки укладывают определенным образом насадку в виде колец Рашига, колец Палля, седел Берля и др. Существует множество видов насадок, отличающихся как формой, так и материалом изготовления (пластмасса, керамика, дерево).

Тема 4.8. Контактные теплообменники с активной насадкой

Существуют ТА, относящиеся к смешительно-поверхностным. Один из таких ТА – контактный теплообменник с активной насадкой (КТАН). КТАН – аппарат рекуперативно-смесительного типа; предназначен для утилизации теплоты парогазовых потоков технологического и теплоэнергетического оборудования, может использоваться как подогреватель, устройство для очистки газов и др.

Поверхность нагрева, внутри которой циркулирует чистый поток воды, а снаружи орошаемая капельным теплоносителем и омываемая газами, и одновременно участвующая в теплообмене, называется активной насадкой (по сравнению с традиционными пассивными насадками, например, из колец Рашига). Активная насадка выполнена в виде пучка водоохлаждаемых труб, закрепленных в трубных досках и сепарационного устройства.

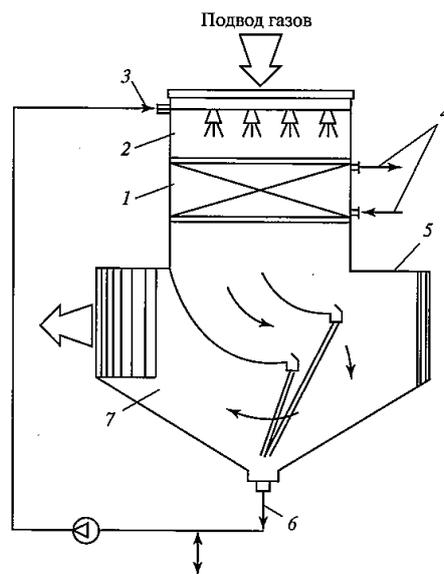


Рис. 10.7. Принципиальная схема КТАН:
 1 — активная насадка; 2 — камера орошения; 3 — подвод орошающей воды; 4 — подвод и отвод нагреваемой воды; 5 — корпус; 6 — отвод орошающей воды; 7 — сепарирующее устройство

Дымовые газы поступают в верхнюю часть установки, проходят камеру орошения, активную насадку (представляющую собой, как правило, трубчатый рекуперативный теплообменник-сепаратор) и отводятся в атмосферу.

Наружная поверхность насадки в КТАНе омывается газами и орошающей водой, что интенсифицирует теплообмен в аппарате. Теплота уходящих газов в КТАНе передается воде, протекающей внутри трубок активной насадки, двумя путями: 1) за счет непосредственной передачи теплоты газов и орошающей воды; 2) за счет конденсации на поверхности насадки части водяных паров, содержащихся в газах.

КТАН в газоходах котельных позволяет за счет снижения температуры дымовых газов и за счет теплоты конденсации водяных паров, содержащихся в дымовых газах, повысить эффективность использования природного газа на 8–12%. Утилизированная теплота используется при нагреве до температуры 50 °С холодной воды для различных нужд.

КТАН могут быть универсальными: их можно использовать в качестве утилизатора, устанавливаемого за котлами, промышленными печами и сушилками, в целях утилизации теплоты парогазовых потоков, а также в качестве подогревателя воздуха при в системах воздушного отопления промышленных корпусов.

Одновременно с процессами теплообмена в КТАН происходит очистка дымовых газов от вредных соединений, содержащихся в них, при этом возможно получение продукта, используемого в дальнейшем для полезных нужд.

Тема 4.9. Системы испарительного охлаждения

Получили широкое распространение в высокотемпературных печах. В печах многие элементы приходится делать из металла — прежде всего это несущие и поддерживающие балки, на них ложится большая нагрузка, которую не выдержат огнеупорные материалы. Практически невозможно делать из огнеупоров и подвижные элементы, особенно те, которые должны герметично закрываться, например завалочные окна, шиберы, перекрывающие проходное сечение газоходов, и т. д. Но металлы, если элементы печей изготавливать из них, могут работать только при умеренных температурах до 400— 600 °С, а температура в печи много выше. Поэтому металлические элементы печей делают полыми и внутри них циркулирует охлаждающая вода. Для исключения образования накипи и загрязнений внутри охлаждаемых элементов вода должна быть специально подготовленной. Кроме того, воду нужно охлаждать или сбрасывать. И в том и в другом случае происходит загрязнение окружающей среды.

Все эти недостатки исключаются, если в охлаждаемые элементы печи подают воду из контура циркуляции парового котла-утилизатора (рис. 24.5).

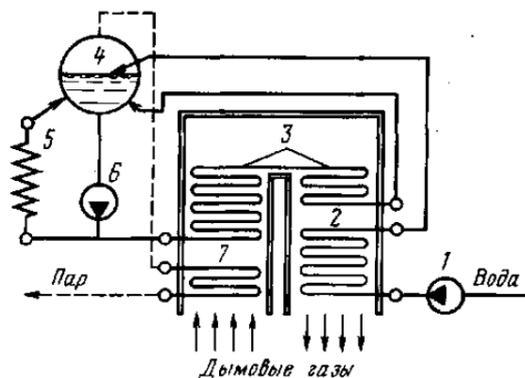


Рис. 24.5. Упрощенная схема котла-утилизатора с системой испарительного охлаждения: 1 — питательный насос; 2 — водяной экономайзер; 3 — испарительная поверхность котла; 4 — барабан котла; 5 — охлаждаемые элементы печи; 6 — циркуляционный насос; 7 — пароперегреватель

Охлаждаемые элементы печи здесь выполняют роль испарительной поверхности, в которой теплота уже не сбрасывается в окружающую среду, а идет на выработку пара. Питание котлов осуществляется химически очищенной водой, поэтому накипи и загрязнений внутри охлаждаемых элементов не образуется и срок их службы становится в 1,5—3 раза больше, чем при охлаждении необработанной проточной водой.

Система испарительного охлаждения может работать и как самостоятельный паровой котел, но его мощность будет слишком малой.

Тема 4.10. Установки сухого тушения кокса

На многих металлургических комбинатах сейчас работают установки охлаждения (технологи говорят «сухого тушения») кокса (УСТК), в которых охлаждается кокс с температурой свыше 1000 °С, выгружаемый из коксовых батарей. Особая сложность этой установки состоит в том, что кокс — горючий материал. Поэтому для его охлаждения используют инертный азот, а всю установку герметизируют, по возможности предотвращая утечки азота.

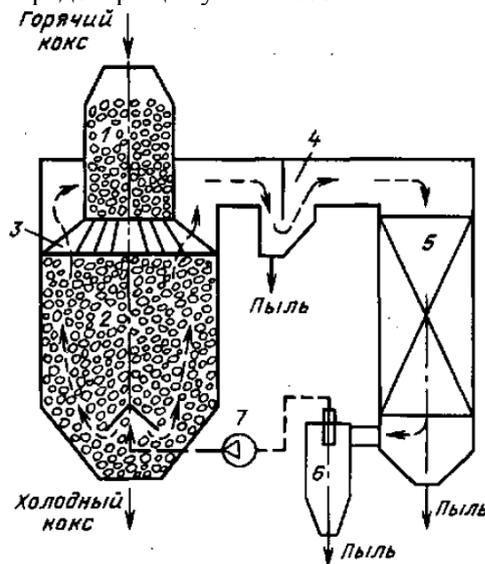


Рис. 24.6. Схема установки сухого тушения кокса

— процесс переработки жидкого и твердого топлива нагреванием без доступа кислорода. При разложении топлива образуются твердый продукт — кокс и летучие продукты.

Кокс каменный (от нем. Koks и англ. coke) — твердый пористый продукт серого цвета, получаемый путем коксования каменного угля при температурах 950—1100 °С без доступа кислорода.

Коксовая батарея — специальный металлургический агрегат для изготовления кокса — топлива для доменного производства чугуна.

Раскаленный кокс в специальных вагонах быстро (поскольку на воздухе он горит) транспортируется от коксовой батареи и загружается в герметичную форкамеру 1 (рис. 24.6), затем поступает в камеру тушения 2, в которой он снизу вверх продувается инертным газом. За счет постепенной выгрузки снизу кокс плотным слоем движется сверху вниз противотоком к охлаждающему газу. В результате кокс охлаждается от 1000—1050 °С до 200—250 °С, а газ нагревается от 180—200 °С до 750—800 °С. Через специальные отверстия 3 и пылесадительную камеру 4 газы попадают в котел-утилизатор 5. В нем за счет охлаждения 1 т кокса получают примерно 0,5 т пара достаточно высоких параметров $p = (3,9-4,0)$ МПа и $f = (440-450)$ °С. После котла-утилизатора охлажденный газ еще раз очищают от пыли в циклоне 6 и вентилятором 7 вновь направляют в камеру тушения под специальный рассекатель для равномерного распределения по сечению камеры.

Тема 4.11. Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях

Утепление стен может быть внутренним и внешним. Внутреннее утепление имеет множество недостатков, основным из которых является тот факт, что сама стена не становится теплее и даже начинает больше промерзать. Это приводит к тому, что точка росы, то есть место, где влага из теплого воздуха помещения начинает конденсироваться, переносится еще ближе к внутреннему краю стены или на ее поверхность. При этом конденсат неизбежно приведет к сырости и разрушению самой стены и отделочного слоя, ухудшению теплоизоляционных свойств материала утеплителя; теплопотери будут высокими.

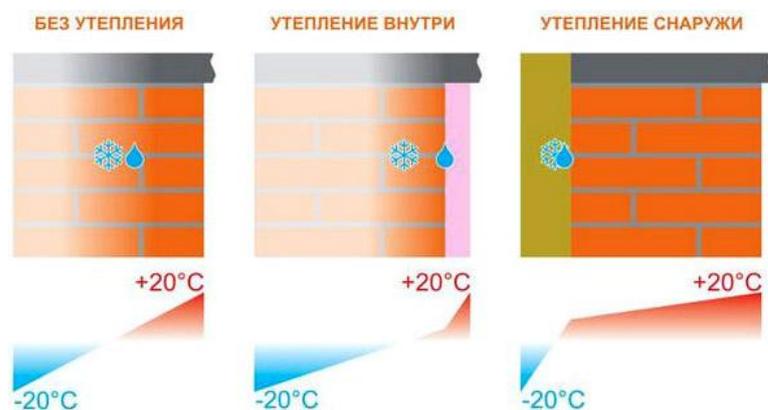


Рисунок 10 – Образование конденсата при внешнем и внутреннем утеплении стен

Мероприятие предназначено для увеличения сопротивления теплопередачи наружных стен и снижения тепловых потерь здания за счет улучшения его теплозащитных свойств и применения эффективных теплоизоляционных материалов.

Наиболее эффективна теплозащита стен с наружной стороны. Применяют, как правило, напыление какого-либо утеплителя (раствора пенопласта, пенополиуретана), либо наклейку плиточного утеплителя (пенополистирола), либо обивка теплоизоляционным материалом.

Перед нанесением утепляющих растворов или наклейкой наружные поверхности стен очищают от пыли и грязи с последующей промывкой.

Напыление выполняется слоями 1...2 см. Последующий слой наносят после затвердения предыдущего. Наклейку плит к стенам производят клеем ПВА или бустилатом. Затем крепят к дюбелям сетку с ячейками от 2 до 4 см с антикоррозийным покрытием и наносят слой цементно-известковой штукатурки. Через два дня поверхность покрывают кремнеорганическим составом или окрашивают гидрофобной краской.

Перспективным направлением в наружном утеплении стен здания является применение таких материалов, как минеральная вата, стекловата, пенополистирол, пенофлекс, пенофол (два последних появились совсем недавно).

Приведем пример использования в качестве изоляционного материала экструдированного пенополистирола.

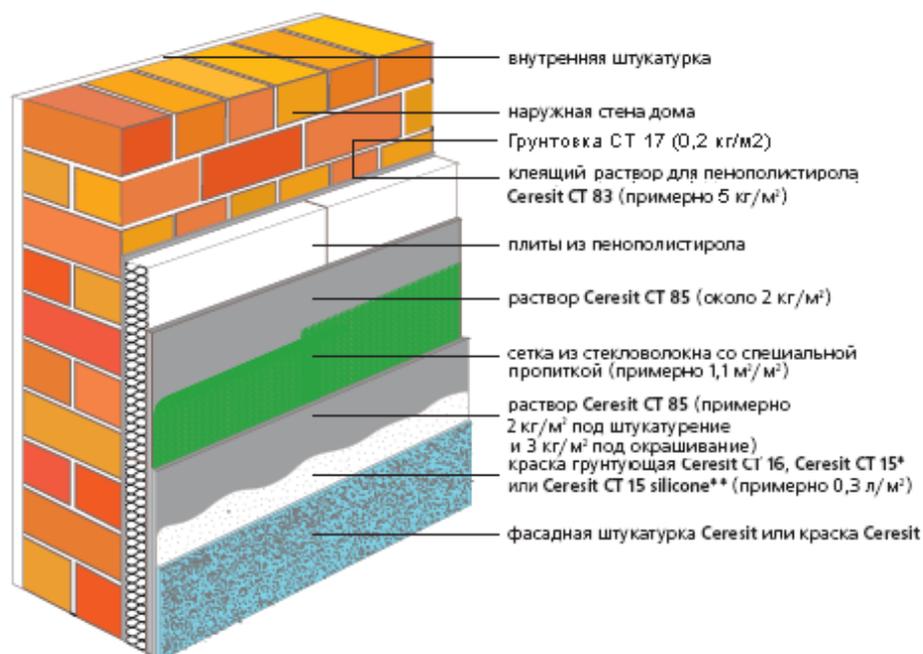


Рисунок 11 – Технология утепления стен

Клей для утеплителя Ceresit CT 85 состоит из цементной смеси, различных полимерных модификаторов, минеральных заполнителей и армирующих микроволокн.

Экструзионный пенополистирол производится методом экструзии. Экструзионный пенополистирол получают путём смешивания гранул полистирола при повышенной температуре и давлении с введением вспенивающего агента и последующим выдавливанием из экструдера.

Важным показателем, характеризующим способность теплоизоляционных материалов сохранять

тепло, является коэффициент теплопроводности. Он определяет количество тепловой энергии, проходящей через структуру материала площадью 1 м^2 при разнице воздействия температур на его поверхностях 1 градус Цельсия. Измеряется в $\text{Вт/м}^2\cdot\text{С}$.

Чем меньше теплопередача, тем лучше способность утеплителя сохранять тепло. Оптимальными показателями обладают полимерные материалы – пенополиуретан, пенополистирол и подобные им. Слой из керамзита будет наименее эффективен в плане энергосбережения.

На практике для расчета толщины утеплителя применяется значение сопротивления теплопередаче R ($\text{м}^2\cdot\text{С/Вт}$). $R=d/K$, где d – толщина стены, K – коэффициент теплопроводности.

Тема 4.12. Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях

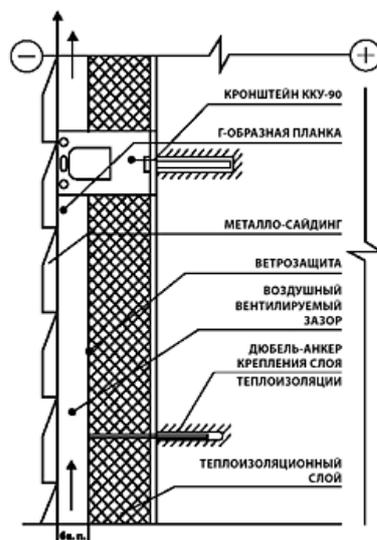


Рисунок 12 – Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях

Мероприятие предназначено для повышения уровня тепловой защиты наружных стен. В стенах вблизи наружной поверхности устраивают вертикальные щелевые каналы шириной $2\text{...}3$ см, через которые под воздействием естественной тяги проходит наружный воздух. В холодный период воздух нагревается от внутренней стены и подается в помещение. В теплый период каналы перекрываются заслонками и превращаются в замкнутые воздушные прослойки, которые увеличивают термическое сопротивление стены и препятствуют нагреву ограждения. Высоту каналов обычно принимают в один этаж.

Энергосбережение достигается за счет возврата в помещение части теряемой теплоты от наружных ограждений в зимнее время и за счет увеличения сопротивления теплопередачи наружного ограждения при устройстве замкнутых воздушных прослоек летом.

Тема 4.13. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора

Мероприятие предназначено для снижения тепловых потерь от наружных ограждений (стены), к которым прилегают отопительные приборы.

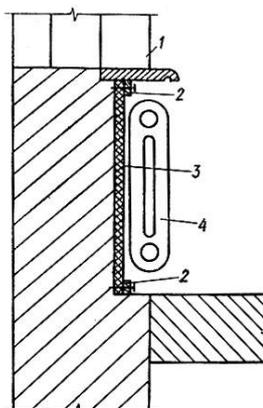
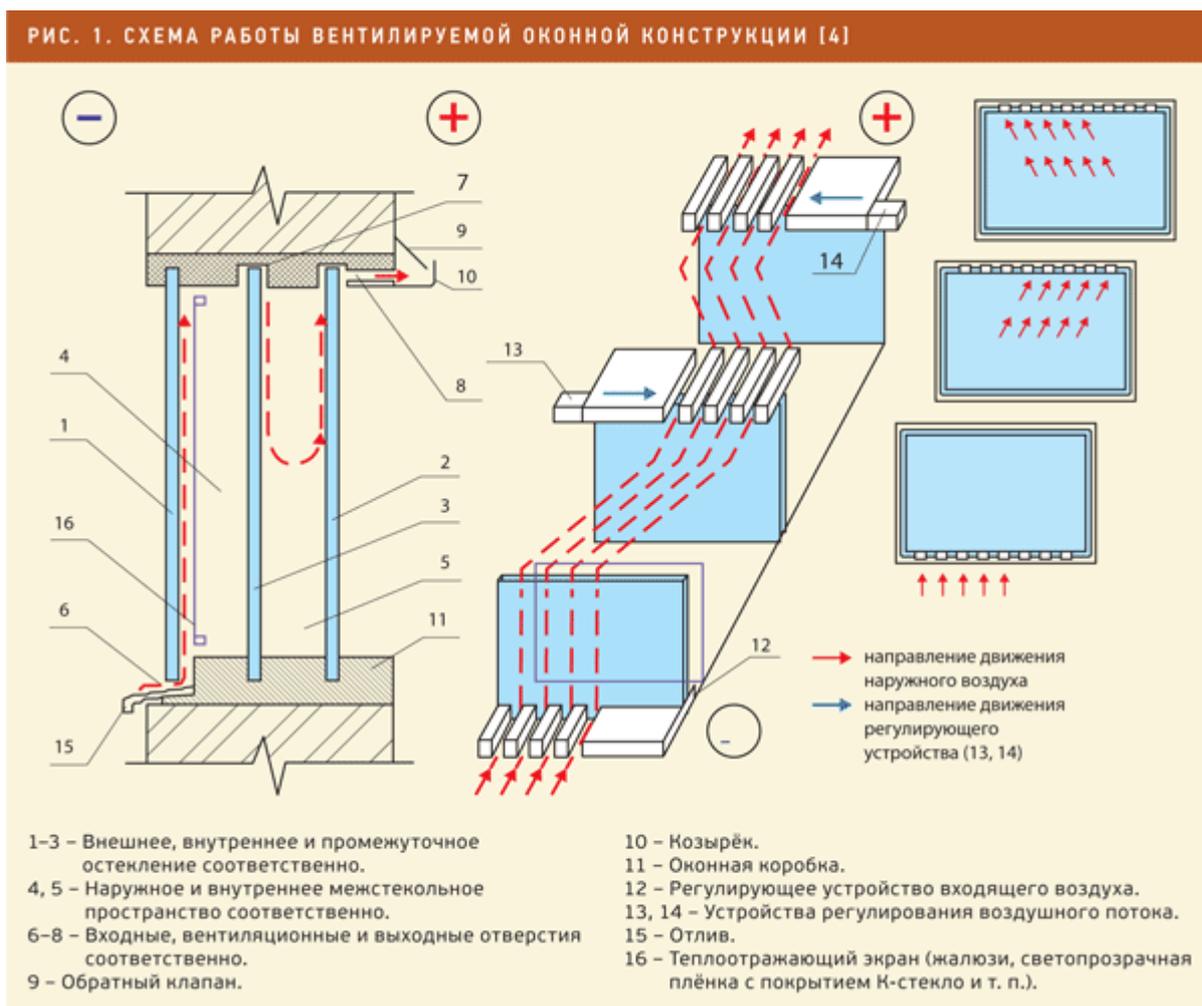


Рис. 124. Схема устройства утепления поверхности наружной стены за нагревательным прибором:
1 - окно; 2 - крепежные рейки; 3 - теплоизоляционный материал; 4 - нагревательный прибор.

Отопительные приборы обычно устанавливаются у наружных ограждающих стен. При этом температура внутренней поверхности стены за прибором выше, чем в остальной части, что приводит к увеличению теплового потока и является причиной повышенных тепловых потерь через ограждения.

Для снижения тепловых потерь необходимо установить теплоизоляционный слой с низким коэффициентом теплопроводности на участке всей ниши наружной стены. В существующих зданиях такую оклейку сделать трудно, поэтому рекомендуется крепление к стене эффективного теплоизоляционного, наклеенного на ткань материала сверху и снизу отопительного прибора. Трехсантиметровый слой пенополиуретана, наклеенный на линолеум и окрашенный краской серебряного цвета, может уменьшить дополнительные теплотери от установки отопительного прибора у наружной стены до 50 %.

Тема 4.14. Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях



Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередачи оконных блоков. Снижение потерь теплоты осуществляется при использовании тройных вентилируемых окон. Возможно два варианта таких окон: принудительное удаление воздуха, прошедшего через окна, в воздухопроводы вытяжной естественной вентиляции и удаление нагретого воздуха в атмосферу. Между стеклами могут располагаться солнцезащитные жалюзи. Воздухопроницаемость окна так же сокращается.

В теплый период движущийся воздух охлаждает нагретые стекла и переплеты, уменьшая теплопоступления снаружи внутрь помещения. В холодный период года через вентилируемое окно проходит удаляемый воздух из помещения, а окно служит теплоизолятором от холодного наружного воздуха. Температура стекла, обращенного в помещение, повышается, а тепловые потери через остекление снижаются. В холодный период года возможно образование конденсата на наружном стекле за счет эффекта точки росы воздуха, а для удаления конденсата предусматривают специальные устройства – конденсатоотводчики.

Энергосбережение достигается за счет увеличения сопротивления теплопередаче, которое прямо

пропорционально зависит от удельного расхода воздуха, проходящего через вентилируемое окно.

Тема 4.15. Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях

Мероприятие предназначено для сокращения воздухопроницаемости и увеличения сопротивления теплопередаче оконных блоков. Между стеклами возможно расположение солнцезащитных жалюзи, а на стеклах теплопоглощающих и теплоотражающих пленок.

Тема 4.16. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях

Мероприятие предназначено для сокращения тепlopоступлений в помещения от солнечной радиации, что приводит к комфорту в помещениях.

Теплопоглощающие стекла в структуре имеют металлическую основу, которая поглощает лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска оконным стеклом тепловых лучей 0,3...0,75.

При поглощении солнечных и инфракрасных лучей стекло нагревается, его температура повышается до 50...60 °С, что приводит к образованию естественных восходящих конвективных потоков от нагретых поверхностей стекла и между стеклами.

Теплоотражающие стекла покрывают селективными или полимерными пленками на металлической основе, которые отражают лучи в инфракрасном диапазоне излучения (тепловые лучи). Коэффициент пропуска тепловых лучей у таких стекол составляет 0,2...0,6.

Наибольшую эффективность имеют двойные или тройные стекла с толщиной воздушной прослойки между ними 10...15 мм. Применяют и многослойные теплоотражающие пленки, приклеиваемые к стеклам после окончания работ по остеклению, и тогда удается снизить пропуск тепловых лучей до 0,2.

В вечернее время пленка отражает в помещение искусственный свет.

В холодный период года отражающее стекло уменьшает тепловые потери через окна. Применение теплоотражающих стекол позволяет снизить тепlopоступления и затраты энергии на системы кондиционирования на 15...20 %.

Тема 4.17. Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях

Мероприятие предназначено для сокращения расхода проникающего в помещение наружного холодного воздуха в зимний период и повышения температуры в лоджии (за наружной стеной помещения).

Лоджии выполняют с однослойным остеклением и реже двухслойным в спаренных переплетах. В лоджии формируется собственный тепловой микроклимат, снижающий тепловые потери от наружных ограждений и через остекление. Нижнюю часть лоджии следует утеплить слоем досок или утеплителем из плит. Для уменьшения естественной освещенности в помещении за лоджией необходимо, чтобы рамы и крепления остекления занимали возможно меньшую площадь, не имели выступов, чтобы не создавать тени при боковом солнечном освещении. Кроме того, должна быть обеспечена возможность периодической очистки остекления.

Энергосбережение достигается за счет сокращения воздухопроницаемости окон, уменьшения потребности в теплоте на нагревание воздуха за счет инфильтрации (притока), а также за счет увеличения температуры за наружной стеной и окном помещения, что приводит к снижению тепловых потерь от наружных ограждений зданий.

Тема 4.18. Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений

Периодический режим работы системы отопления применяют в производственных, гражданских, учебных, спортивных, торговых, административных зданиях, используемых для работы неполные сутки и дни недели, в которых допускается снижение температуры внутри помещений в нерабочее время. В режиме работы системы отопления в течение суток наблюдаются три характерных промежутка времени:

- основной рабочий режим, когда в помещении поддерживаются заданные параметры температуры и влажности;
- дежурный режим, когда после основного режима система отопления переводится на режим поддержания пониженной температуры в помещении;

- режим форсированного нагрева помещения, в течение которого система отопления переводится на возможно быстрый разогрев помещения после охлаждения.

В помещениях наблюдается и недельный цикл, когда в выходные и праздничные дни в течение полных суток может поддерживаться дежурный режим отопления и сниженная температура в помещении. Для поддержания дежурного режима используется водяное отопление, которое выполняет функцию поддержания минимального уровня температуры. Но в результате некоторого охлаждения помещения понижается не только температура внутреннего воздуха, но и температура ограждений.

Нагрев ограждений и внутреннего воздуха к началу нового рабочего дня требует времени и дополнительной мощности. Продолжительность и темп нагрева помещения зависят от:

- термического сопротивления наружных ограждений, влияющего на снижение температуры в нерабочее время;
- тепловой активности ограждающих конструкций к тепловому воздействию;
- интенсивности теплоотдачи от источника системы отопления к внутреннему воздуху помещений и от воздуха к поверхности ограждений;
- температурного напора в дежурном и рабочем режиме, а также перепада температур наружного воздуха. Нагрев помещений должен осуществляться форсировано с высоким темпом, с большей мощностью, в отличие от отопления в рабочем режиме, так как теплота в режиме нагрева расходуется на восполнение тепловых потерь и разогрев ограждений и воздуха до требуемого уровня.

Наиболее гибким режимом эксплуатации служит комбинированная система отопления. Она состоит из базовой системы водяного отопления и дополнительной системы воздушного отопления. Воздушное отопление совмещается с приточной вентиляцией и в режиме форсированного нагрева работает в режиме полной рециркуляции воздуха.

Работа систем периодического отопления поддается автоматизации и программному управлению поддержания расчетного режима. На случай неожиданного резкого понижения температуры наружного воздуха в контрольных помещениях устанавливают датчики допустимой минимальной температуры внутреннего воздуха. По сигналу от них включается система отопления в дополнительном режиме. Экономия энергии тем больше, чем продолжительнее период охлаждения. Для уменьшения продолжительности форсированного нагрева следует увеличить теплоустойчивость ограждений, максимально интенсифицировать теплоотдачу к ограждениям, применяя, например, направленные струи воздушного отопления или используя источники лучистой энергии (излучатели), направленные на ограждения.

Тема 4.19. Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений

1. Эффективная теплоизоляция трубопроводов

Энергосбережение при транспортировке тепловой энергии в первую очередь зависит от качества тепловой изоляции. Она должна иметь не только низкую теплопроводность, воздухо- и водопроницаемость, а так же низкую электропроводность, что уменьшает электрохимическую коррозию материала трубы. Наличие влаги в теплоизоляции снижает эффективность её работы, способствует разрушению труб. Поэтому сами трубы имеют антикоррозионное покрытие, например, в виде силикатных эмалей, изола и др., а сверху тепловой изоляции укладывают специальные профилированные футляры (например, асбоцементные) или покрывают ее слоем обмазочной, либо оклеечной гидроизоляции. Такая гидроизоляция препятствует поступлению влаги из воздуха и грунта.

2. Малое гидравлическое сопротивление трубопровода

Известно, что потери давления и мощность затрачиваемая на прокачку теплоносителя зависит прежде всего от скорости, и следовательно от диаметра трубопровода. Необходимо отметить, что увеличение диаметра хотя и уменьшает мощность на прокачку теплоносителя, но при этом увеличивается металлоемкость конструкции и энергозатраты на производство и монтаж трубопровода и т.д. Поэтому увеличивая диаметр и уменьшая мощность, затрачиваемую на прокачку теплоносителя, вместо ожидаемой экономии энергозатрат можно получить их увеличение. Обычно скорости движения теплоносителей при их транспортировке по трубам в различных отраслях техники зависят от условий работы и рабочих параметров.

Энергосбережение за счет уменьшения мощности, затрачиваемой на прокачку теплоносителя, можно получить при использовании вместо стальных труб пластиковых (например, полипропиленовых) для которых коэффициент гидравлического трения составляет в среднем 0,007, что существенно ниже, чем для стальных труб.

3. Снижение тепловой нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования

Архитектурно-планировочные меры. Форма здания влияет на величину теплопотерь. Наиболее выгодной является форма, при которой отношение площади наружной поверхности к объёму минимально. Такими являются здания в форме куба или шара.

Важной является высота здания. При сохранении объема здания увеличение его высоты в 4 раза (например, с 15 до 60 м.) приводит к двукратному увеличению годового расхода теплоты на отопление. На величину энергопотребления здания также влияет его ориентация (для зданий с вытянутыми фасадами). Ориентированные на южную половину горизонта фасады получают достаточно большие поступления солнечной радиации, которые особенно ощутимы в начале и в конце отопительного периода.

Теплозащита зданий. Задача выбора теплозащиты стен и перекрытий – технико-экономическая. Усиление теплозащиты стен достигается увеличением толщины теплоизоляционного слоя в её конструкции (для современных многослойных конструкций) или самой конструкции (для однослойных). При увеличении толщины стены возрастает её стоимость, но сокращается тепловая нагрузка на систему отопления и стоимость потребления тепловой энергии.

Совмещение функций ограждений и систем. Наиболее простым способом снижения тепловой нагрузки на системы отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в жилых зданиях является остекление лоджий. Эффективным способом снижения тепловой нагрузки в системах отопления, вентиляции и кондиционирования воздуха в промышленных и общественных зданиях служит удаление вытяжного воздуха через межстекольное пространство окон.

4. Осуществление экономичных режимов работы систем отопления, вентиляции и кондиционирования

Дежурное отопление (снижение температуры воздуха в помещении в нерабочие часы. Пригодно только для производственных и общественных зданий. Для жилых помещений оно не применимо, так как люди в них могут находиться постоянно, а снижение температуры ниже +18 0С недопустимо)

Снижение расхода воздуха с учётом санитарных норм. (Использование периодической вентиляции.) Принцип действия периодической вентиляции основан на том, что при вентилировании помещения свежим воздухом концентрация вредности (например, углекислого газа в общественном помещении) убывает быстро (по экспоненциальному закону), а при бездействии вентиляции повышение концентрации вредности в воздухе помещения протекает медленнее (по линейному закону).

5. Использование дополнительных источников энергии для систем отопления, вентиляции и кондиционирования

Применение тепловых насосов. Энергосбережение достигается за счет утилизации низкотемпературной сбросной или природной теплоты.

Утилизация теплоты сбросного воздуха. Для утилизации теплоты выбросного воздуха используются утилизаторы различных видов, имеющих разную эффективность. Наиболее высокой эффективностью обладают регенеративные теплообменники с вращающейся насадкой. Энергосбережение достигается за счет передачи теплоты от вытяжного воздуха к приточному.

6. Использование теплоты солнечной радиации

Прямое использование солнечной радиации сулит существенные выгоды. Солнечная радиация обладает экологической чистотой, доступностью. Однако прямое использование тепла солнца затруднено из-за относительной сложности поглощения и трансформации, а также из-за несовпадения во времени прихода и потребления энергии.

7. Применение инфракрасных излучателей

Для обогрева постоянных и непостоянных рабочих мест в производственных и вспомогательных помещениях; помещений и площадок гражданского назначения; помещений и конструкций в процессе строительства зданий и сооружений; систем снеготаяния на открытых и полукрытых площадках, на кровлях зданий и сооружений возможно применение инфракрасных излучателей (газовых или электрических). Энергосбережение достигается за счет уменьшения отапливаемого объема помещения, отсутствия перегрева верхней зоны помещения, малой тепловой инерции и гибкости управления.

Тема 4.20. Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.

Периодические режимы работы систем вентиляции и кондиционирования воздуха применяют для стабилизации температуры, влагосодержания и газового состава воздуха. Они наиболее эффективны при обслуживании помещений большого объема в общественных зданиях с переменным заполнением (зрительные, торговые, спортивные залы, залы ожидания), где одновременно изменяются температура, влажность и состав воздуха (содержание углекислого газа и кислорода).

Снижение энергопотребления системами вентиляции и кондиционирования воздуха

обеспечивается изменением расхода воздуха требуемых параметров, применением сложных и дорогостоящих воздухораспределителей, использованием совершенных методов регулирования работы вентилятора, сложной системы автоматизации. Альтернативным способом регулирования систем может служить периодическое вентилирование помещений в зависимости от состояния воздуха помещения, чем и обеспечивается экономия электрической и тепловой энергии. Продолжительность перерыва зависит от кратности воздухообмена, объема помещения, состава воздуха. Функциональные схемы автоматического управления контролируют концентрацию углекислого газа, изменения влажности и температуры воздуха.

Тема 4.21. Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения

Главным резервом экономии электроэнергии в промышленности в настоящее время является применение энергосберегающих технологий (совершенствование существующих и применение новых). Эти задачи относятся главным образом к технологии, имеют свою специфику и в данной книге не рассматриваются.

Для каждой отрасли промышленности доля энергетической составляющей в себестоимости выпускаемой продукции разная. Так, например, в черной металлургии это 40 %, в машиностроении 20 %, в производстве воды 30 % и т.д. Но и тогда, когда доля энергетической составляющей в себестоимости незначительна, экономное расходование электроэнергии дает возможность выработать дополнительную продукцию в то время, как ущерб при недоотпуске электроэнергии во много раз превышает ее стоимость.

Экономия электроэнергии означает прежде всего уменьшение потерь электроэнергии во всех звеньях системы электроснабжения и в самих электроприемниках. Основными путями снижения потерь электроэнергии в промышленности являются:

1) рациональное построение системы электроснабжения при ее реконструкции, включающее в себя применение рациональных:

- напряжений;
- мощности и числа трансформаторов на трансформаторных подстанциях (ПС);
- общего числа трансформаций;
- места размещения ПС;
- схемы электроснабжения;
- компенсации реактивной мощности и др.;

2) снижение потерь электроэнергии в действующих системах электроснабжения, включающее в себя:

- управление режимами электропотребления;
- регулирование напряжения;
- ограничение холостого хода электроприемников; модернизацию существующего и применение нового, более экономичного и надежного технологического и электрического оборудования;
- повышение качества электроэнергии;
- применение экономически целесообразного режима работы силовых трансформаторов;
- замену асинхронных электродвигателей (АД) на синхронные (СД), где это возможно;
- автоматическое управление освещением в течение суток;
- применение рациональных способов регулирования режимами работы насосных и вентиляционных установок и др.;

3) нормирование электропотребления, разработка научно обоснованных норм удельных расходов электроэнергии на единицу продукции; нормирование электропотребления предполагает наличие на предприятиях систем учета и контроля расхода электроэнергии;

4) составление электробалансов, которые осуществляют с отдельных энергоемких агрегатов и установок, переходя затем к цехам и предприятию в целом;

5) организационно-технические мероприятия, которые разрабатываются конкретно на каждом предприятии с учетом его специфики.

В данной брошюре систематизирован материал по экономии электроэнергии в системах промышленного электроснабжения, приведенный в периодической печати и книгах.

Это обусловлено тем, что, во-первых, многие из этих книг за прошедшие годы превратились в библиографическую редкость и, во-вторых, автор стремился, чтобы брошюра имела практическую направленность и была полезна специалистам, занимающимся эксплуатацией электрооборудования и систем электроснабжения.

Тема 4.22. Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения

Расход электроэнергии на освещение промышленных предприятий непрерывно растет и составляет в среднем по отраслям промышленности 5 - 10% их общего потребления. По отдельным отраслям расход электроэнергии на осветительные установки существенно колеблется: в металлургических предприятиях - около 5%, в машиностроения - 10%, в легкой промышленности — и в среднем 15%. На некоторых предприятиях легкой промышленности доля расхода электроэнергии на осветительные установки превышает 30%.

Электрическое освещение - наряду с другими устройствами технического оснащения производственных помещений создает комфортные условия для производительного труда, уровень освещенности значительно влияет на производительность труда. Поэтому задачу экономии электроэнергии на осветительных установках следует понимать так, чтобы при минимальных затратах электроэнергии путем правильного устройства и эксплуатации осветительных установок обеспечить оптимальную освещенность производственных помещений и рабочих мест и высокое качество освещения, создать обстановку для наиболее производительного труда работающих.

Для действующих осветительных установок фактическая освещенность зависит от фактической освещенности, площади помещения; числа светильников, числа ламп в каждом светильнике, светового потока каждой лампы, коэффициента использования светового потока,

Величина светового потока лампы, зависит от типа и мощности лампы, напряжения на лампе и степени ее износа. Коэффициент использования светового потока зависит от следующих факторов: к. п. д. и формы кривой распределения силы света светильников, высоты подвеса светильников, возрастая с ее уменьшением, площади помещения S.

Экономия электроэнергии при проектировании осветительных установок

Строительные нормы предусматривают рекомендации по рациональной цветовой отделке стен, потолков, полов, ферм, балок, а также технологического оборудования цехов промышленных предприятий в целях улучшения освещения производственных помещений и условий труда.

При проектировании естественного и искусственного освещения помещений производственных зданий должно учитываться повышение освещенности рабочих мест за счет отраженного света от поверхностей интерьеров, отделка которых осуществляется в соответствии с рекомендациями строительных норм.

Расход электроэнергии на электрическое освещение зависит от числа и мощности ламп, потерь мощности в пускорегулирующей аппаратуре (ПРА) и в осветительной сети и от — числа часов использования мощности осветительных установок за данный период (например, год).

Продолжительность горения ламп в большой степени зависит от рационального устройства и максимального использования естественного освещения.

Рациональное устройство естественного освещения производственного помещения и создание достаточной освещенности рабочих поверхностей, требующейся технологическим процессом производства, должно быть предусмотрено при проектировании здания. Иногда об этом забывают, применяя проекты зданий, предназначенных для производств с меньшими требованиями к уровню освещенности. Недостаточная естественная освещенность в подобных зданиях ниже допустимой для данного типа производства, особенно в облачные зимние дни, приводит к необходимости использования электрического освещения в дневное время.

Эффективность и продолжительность использования естественного освещения зависят от состояния остекления, и для поддержания его в чистоте требуется регулярная очистка стекол. Периодичность очистки зависит от степени загрязнения воздушной среды производственного помещения и наружного воздуха.

Правила технической эксплуатации электроустановок (ПТЭ) требуют производить не менее двух чисток стекол в год при минимальной запыленности и не менее четырех при значительных выделениях пыли, дыма и копоти.

Методы очистки зависят от стойкости загрязнений: для легко удаляемой пыли и грязи достаточно промывки стекол мыльным раствором и водой с последующей протиркой. При стойких маслянистых загрязнениях, масляной копоти для очистки необходимо применять специальные составы.

Эффективность регулярной протирки остекления очень высока: продолжительность горения ламп при двухсменной работе цехов сокращается в зимнее время не менее чем на 15%, а в летнее время на 90%.

Экономное расходование электроэнергии на осветительные установки в большой степени зависит от правильного выбора источников света и светильников, а также рациональной эксплуатации осветительных установок.

При выборе светильников учитывается высота помещений, их размеры, условия среды,

светотехнические данные светильников, их энергетическая экономичность, требуемая освещенность, качество освещения и др. Важнее значение для экономичности светильников имеют отражатели.

Управление электрическим освещением

Для экономного расходования электроэнергии в электроосветительных установках должна быть предусмотрена рациональная система управления освещением. Правильно построенная схема управления освещением помогает сократить продолжительность горения ламп и с этой целью предусматривает возможность включения и выключения отдельных светильников, групп их, помещения помещения, здания, всего предприятия.

В невысоких и небольших производственных и вспомогательных помещениях (с высотой до 4—5 м) возможно применение выключателей на один-два светильника или малую группу светильников.

Для крупных цехов возможно применение дистанционного контакторного управления освещением всего цеха и ограниченного количества мест — одного или двух, что облегчит управление освещением и позволит более экономно расходовать электроэнергию.

Пульт управления освещением размещается в помещениях дежурного персонала.

Управление наружным освещением с разделением его на части (освещение дорог и проездов, охранное освещение, освещение открытых мест работы, освещение больших площадей и открытых складов) должно быть максимально централизовано в масштабе всего предприятия. Централизуется обычно и управление освещением всего предприятия, т. е. освещением всех зданий и наружным освещением. Для дистанционного управления освещением используются телефонные кабели и кабели телеуправления. Управление освещением всего предприятия, как правило, сосредоточивается на пункте дежурного энергетического хозяйства предприятия.

Централизация управления освещением всего предприятия преследует цель выбора наиболее рационального времени включения и выключения освещения, сочетания его с уровнем естественной освещенности, с началом, перерывами и окончанием работ в цехах предприятия.

В практике применяются различные схемы автоматизации управления освещением. Наиболее часто автоматизируется управление наружным освещением. Для автоматического управления освещением применяются фотоэлементы или фотосопротивления, которые служат датчиками для автоматов управления. Датчики регулируются на определенный минимальный уровень естественной освещенности для выключения освещения с наступлением рассвета и включения его в сумерках.

Экономия электроэнергии при эксплуатации осветительных установок

Важнейшее значение для экономии электроэнергии в осветительных установках имеют их правильная эксплуатация и ремонт. Службой главного энергетика должны составляться планы и графики осмотров, чисток, замен ламп и планово-предупредительного ремонта осветительных установок и осуществляться контроль за их выполнением.

Обширная группа мероприятий по экономии электроэнергии связана с правильной эксплуатацией и ремонтом осветительных установок. Важнейшие из них — разработка и внедрение методов и устройств для своевременной очистки светильников и замены изношенных ламп, значение которых для рационального расхода электроэнергии на освещение чрезвычайно велико.

Сокращение продолжительности горения ламп дает прямую экономию электроэнергии, к этому направлены мероприятия по максимальному использованию естественного освещения, правильному устройству управления освещением, применению автоматического и программного управления освещением.

Правилами технической эксплуатации электроустановок (ПТЭ) предусмотрено, что очистка ламп и светильников производится в сроки, определяем, ответственным за электрохозяйство, в зависимости от местных условий. В Правилах устройства электроустановок (ПУЭ) и ведомственных инструкциях имеются указания о рекомендуемой периодичности чистки светильников. Потери светового потока резко возрастают от загрязнения светильников.

Для обеспечения экономичной эксплуатации применяемые светильники должны допускать легкий съем всех загрязняющихся частей — защитных стекол, отражателей, рассеивателей, патронов для их очистки в стационарных условиях мастерских.

Должны быть в деталях проработаны процессы замены съемных деталей светотехнической арматуры чистыми и очистки грязных деталей и мастерских с применением специальных моющих составов и средств механизации. В эксплуатации должен иметься обменный фонд не менее 5 - 10% съемных деталей, находящихся в осветительных установках.

Следует устранять одну из главных причин неудовлетворительной эксплуатации светильников — трудность доступа к ним. Особенно это касается цехов высотой более 4 м, где остро стоят эти вопросы. Наиболее удобны для обслуживания осветительных установок стационарные устройства, в том числе: технические этажи (устраиваемые для различного рода коммуникаций, вентиляции, кондиционирования воздуха), площадки, специальные электротехнические мостики.

Поддержание номинальных уровней напряжения в осветительной сети

Колебания напряжения приводят к перерасходу электроэнергии. Напряжение на выводах ламп не должно быть выше 105% и ниже 85% номинального напряжения. Снижение напряжения на 1% вызывает уменьшение светового потока ламп: накаливания — на 3 - 4%, люминесцентных ламп — на 1,5% и ламп ДРЛ — на 2,2%.

Одной из основных причин, вызывающих значительные колебания напряжения в осветительной сети промышленных предприятий являются пусковые токи крупных электродвигателей, установленных на агрегатах с тяжелыми маховыми массами, прессах, компрессорах, молотах и др. Значительно повышается напряжение в электросети промышленных предприятий в ночное время, когда остаются выключенными на ночь компенсирующие устройства. Колебание напряжения вызывается также изменением силовой нагрузки в течение суток.

Для устранения влияния колебаний напряжения на эффективность осветительной установки применяются отдельные трансформаторы для осветительной нагрузки и компенсирующие устройства, включаемые и отключаемые строго по суточному графику.

В последнее время для стабилизации напряжения в осветительных установках находит применение автоматическое регулирование напряжения. Для промышленных осветительных электросетей разработаны и широко применяются автоматическое регулирование напряжения с помощью вольтодобавочных трансформаторов и включение в сеть дополнительной индуктивности

Тема 4.23. Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований

Энергетическое обследование зданий, организаций, предприятий, продукции, технологических процессов — это деятельность по определению класса энергетической эффективности.

Энергетическое обследование зданий, организаций, предприятий, продукции, технологических процессов — это деятельность по определению класса энергетической эффективности. Энергоэффективность — рациональное использование энергетических ресурсов, достижение экономически оправданной эффективности использования топливно-энергетических ресурсов при существующем уровне развития техники и технологии и соблюдении требований к охране окружающей среды.

Классификация энергетических обследований (энергоаудитов)

Энергетические обследования (энергоаудиты) подразделяются: по необходимости проведения эксплуатирующей организацией:

- обязательные (в соответствии с п. 1 ст. 16 Федерального закона № 261-ФЗ от 23 ноября 2009 г.);

- добровольные.

по объекту обследования (в соотв. с п. 1 ст. 15 Федерального закона № 261-ФЗ от 23.11.2009 г.):

- энергетическое обследование (энергоаудит) продукции;
- энергетическое обследование (энергоаудит) технологического процесса;
- энергетическое обследование (энергоаудит) юридического лица (индивидуального предпринимателя).

по срокам проведения:

- первичные;
- очередные;
- внеочередные;
- предэксплуатационные.

по объемам проводимых работ:

- экспресс-обследование (экспресс-аудит);
- полное инструментальное обследование;
- комплексное обследование.

Тема 4.24. Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий

Энергетический паспорт — это документ, составленный по результатам энергетического обследования (энергоаудита).

Требования к энергетическому паспорту.

Энергетический паспорт, составленный по результатам энергетического обследования, согласно п. 7. ст. 15 Федерального Закона 261-ФЗ должен содержать информацию:

- об оснащении приборами учета используемых энергетических ресурсов;
- об объеме используемых энергетических ресурсов и о его изменении;

- о показателях энергетической эффективности;
- о величине потерь переданных энергетических ресурсов (для организаций, осуществляющих передачу энергетических ресурсов);
- о потенциале энергосбережения, в том числе об оценке возможной экономии энергетических ресурсов в натуральном выражении;
- о перечне типовых мероприятий по энергосбережению и повышению энергетической эффективности.

Требования к энергетическому паспорту, составленному по результатам обязательного энергетического обследования, утверждены приказом Минэнерго России от 19.04.2010 № 182

1.3. ПРИМЕР РАСЧЕТА ЭНЕРГЕТИЧЕСКОГО ПАСПОРТА ЗДАНИЯ

Исходные данные
Общая информация

Дата зачисления (число, месяц, год)	8.12.2008
Адрес здания	г. Москва

Расчетные условия

№ п.п.	Наименование расчетных параметров	Обозначение параметра	Ед. изм.	Расчетное значение
1	Расчетная температура внутреннего воздуха	t_{int}	°C	20
2	Расчетная температура наружного воздуха	t_{ext}	°C	-38
3	Расчетная температура теплого чердака	t_c	°C	14
4	Расчетная температура пола (подполья)	t_p	°C	6
5	Продолжительность отопительного периода	$Z_{от}$	сут.	214
6	Средняя температура наружного воздуха за отопительный период	$t_{ср}$	°C	-3,1
7	Празднично-отопительного периода	$D_{от}$	°C сут.	4943

Функциональное назначение, тип и конструктивное решение здания

№	Назначение	Тип
8	Назначение	жилое
9	Размещение в застройке	отдельно стоящее
10	Тип здания	9-этажное, 1 секция, высота этажа 3 м
11	Конструктивное решение здания	железобетонный каркас (рис. 1)
	Наличие узлов учета и регулирования энергии	отопление централизованное, одноконтурная СО, без узлов учета потребления

Наименование здания	Объем здания по наружному обмеру V_n , тыс. м ³	Удельная тепловая характеристика общественных зданий при $t_{in} = -30$ °C	
		Вт/(м ³ ·°C) [ккал/(ч·м ³ ·°C)] для отопления $q_{от}$	для вентиляции q_v
Школы	Более 5	0,395 (0,34)	0,116 (0,10)
	До 5	0,454 (0,39)	0,105 (0,09)
	5,01 - 10	0,407 (0,35)	0,093 (0,08)
Лабораторные корпуса	Более 10	0,384 (0,33)	0,08 (0,07)
	До 5	0,430 (0,37)	1,163 (1,0)
	5,0 - 10	0,407 (0,35)	1,105 (0,95)
Высшие учебные заведения, техникумы, колледжи	Более 10	0,384 (0,33)	1,047 (0,90)
	До 5	0,407 (0,35)	-
	10,01 - 15	0,384 (0,33)	0,116 (0,10)
Поли клиники, амбулатории, диспансеры	15,0 - 20	0,349 (0,30)	0,093 (0,08)
	Более 20	0,279 (0,24)	0,093 (0,08)
	До 5	0,465 (0,40)	-
Больницы	5,01 - 10	0,419 (0,36)	0,291 (0,25)
	10,01 - 15	0,372 (0,32)	0,267 (0,23)
	Более 15	0,349 (0,30)	0,256 (0,22)
Бани	До 5	0,465 (0,40)	0,337 (0,29)
	5,01 - 10	0,419 (0,36)	0,326 (0,28)
	10,01 - 15	0,372 (0,32)	0,302 (0,26)
Прочные	Более 15	0,349 (0,30)	0,291 (0,26)
	До 5	0,326 (0,28)	1,163 (1,0)
	5,01 - 10	0,291 (0,25)	1,105 (0,95)
Гостиницы	Более	0,267 (0,23)	1,047 (0,90)
	До 5	0,442 (0,38)	0,930 (0,80)
	5,01 - 10	0,384 (0,33)	0,907 (0,78)
Гостиницы	Более 10	0,361 (0,31)	0,872 (0,75)
	До 5	0,500 (0,43)	0,377 (0,32)
	5,01 - 10	0,442 (0,38)	0,335 (0,29)

Рисунок 12 – Примеры энергетического паспорта здания

Тема 4.25. Учет энергетических ресурсов

На объектах ЖКХ в качестве приборов учета тепла используются следующие виды теплосчетчиков:

- тахометрические;
- электромагнитные;
- ультразвуковые;
- вихревые.

Для организации поквартирного учета применяются, как правило, тахометрические приборы.

Теплосчетчики бывают единые и комбинированные (составные). Единые теплосчетчики состоят из блоков, которые не сертифицированы как отдельные средства измерения, поэтому они поверяются как единое целое. Комбинированный теплосчетчик состоит из блоков, каждый из которых является сертифицированным средством измерения со своей методикой поверки.

Теплосчетчики могут быть одноканальными - с одним преобразователем расхода и многоканальными - с двумя и более преобразователями расхода. Первые применяются в закрытых системах теплоснабжения, а вторые - в открытых системах теплоснабжения и на источниках теплоты.

Теплосчетчики состоят из трех блоков, соединенных между собой линиями связи:

- преобразователи температуры (термометры сопротивления)
- преобразователи расхода;
- информационно-вычислительный блок (тепловычислитель).

Теплосчетчики имеют различные методы измерений, метрологические и технические характеристики, условия монтажа и эксплуатации и т. д. Выбор теплосчетчика - непростая задача.

Требования к термометрам сопротивления состоят в том, что в узлах коммерческого учета тепла допустимо применение только согласованных пар термометров сопротивления с известными индивидуальными характеристиками погрешностей, обеспечивающими нормированный вклад в

относительную погрешность определения количества теплоты.

Для обеспечения этих требований пары термометров сопротивления, применяемые в узлах коммерческого учета тепла, должны проходить поверку не только на соответствие классу

(ГОСТ Р 50353-92), но и на допустимый размер вклада данной пары в погрешность определения количества теплоты. При этом должно выполняться условие, что вклад пары в общую погрешность определения количества теплоты не превысит 1% при $10\text{ }^{\circ}\text{C} < \Delta t < 40\text{ }^{\circ}\text{C}$ и не превысит 2% при $\Delta t < 5\text{ }^{\circ}\text{C}$.

Необходимо также отметить, что при использовании согласованных пар термометров в узлах коммерческого учета они должны быть соответствующим образом маркированы, например: "1", "2" или "Г", "Х".

Большинство современных средств измерения расхода и количества вещества состоят из двух блоков: первичного преобразователя (ПП) и электронного преобразователя (ЭП), которые или объединены в рамках прибора - компактное исполнение, или механически изолированы друг от друга, разнесены в пространстве и электрически соединены между собой линиями связи -раздельное исполнение. Раздельное исполнение позволяет вынести ЭП в безопасную зону, например, из сырого подвала в сухое помещение.

Сигналы с преобразователей расхода и температуры поступают в информационно-вычислительный блок (тепловычислитель), где обрабатываются в соответствии с заданным алгоритмом. Этот блок объединен с преобразователями расхода и температуры или может быть изолирован от них механически и соединен с ними линиями связи.

В настоящее время выпускается довольно много различных типов тепловычислителей, различающихся только количеством измерительных каналов. Поэтому при выборе тепловычислителя в составе комбинированного теплосчетчика следует ориентироваться на конфигурацию узла учета, т. е. на количество измерительных каналов.

4.3. Лабораторные работы

Учебным планом не предусмотрено.

4.4. Практические занятия

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование тем практических занятий</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2.	Расчет выхода ВЭР	4	тренинги в малой группе (4 час.)
2	4.	Расчет контактного теплоутилизатора: тепловой расчет	2	-
3	4.	Расчет контактного теплоутилизатора: конструктивный расчет	3	-
4	4.	Расчет контактного теплоутилизатора: гидравлический расчет	2	-
5	4.	Расчет контактного теплоутилизатора: экономический расчет	2	-
6	4.	Расчет энергетического баланса предприятия	4	тренинги в малой группе (4 час.)
ИТОГО			17	8

4.5. Контрольные мероприятия: курсовой проект.

Цель: приобретение навыков расчета и проектирования теплоутилизационных установок.

Структура:

Расчетно-пояснительная записка должна содержать следующие разделы:

Введение.

1. Тепловой расчет.
 2. Конструктивный расчет.
 3. Гидравлический расчет.
 5. Экономический расчет.
- Заключение.
Список использованной литературы.

Графическая часть: 1) чертеж контактного насадочного скруббера ЭК-БМ1, 2) схема газового тракта котла с теплоутилизатором и *I-d*-диаграмма процесса охлаждения газов в теплообменнике.

Основная тематика: расчет контактного теплоутилизатора.

Рекомендуемый объем: 25-30 страниц машинописного текста.

Выдача задания, защита курсового проекта проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки курсовой работы
отлично	Курсовой проект сдан в срок согласно графику контрольных мероприятий. Полное освоение и понимание обучающимся методик, использованных при выполнении курсового проекта; при защите курсового проекта обучающийся ответил на все вопросы преподавателя
хорошо	Курсовой проект сдан в срок (или с опозданием на 1 неделю) согласно графику контрольных мероприятий. Полное освоение и понимание обучающимся методик, использованных при выполнении курсового проекта; при защите курсового проекта обучающийся ответил на большинство вопросов преподавателя.
удовлетворительно	Курсовой проект не сдан в срок согласно графику контрольных мероприятий. Частичное освоение и понимание обучающимся методик, использованных при выполнении курсового проекта; при защите курсового проекта обучающийся ответил на большинство вопросов преподавателя.
неудовлетворительно	Курсовой проект не сдан в срок согласно графику контрольных мероприятий. Обучающимся не освоены методики, использованные при выполнении курсового проекта; в случае допуска обучающегося к защите курсового проекта, в процессе защиты обучающийся не ответил ни на один вопрос преподавателя.

5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№, наименование разделов дисциплины	Компетенции Кол-во часов	Компетенции		Σ комп.	$t_{ср}$, час	Вид учебных занятий	Оценка результатов
		ОПК-1	ПК-9				
1	2	3	4	5	6	7	8
1.Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	16	+	+	2	8	Лк, СР	экзамен
2.Вторичные энергетические ресурсы	18	+	+	2	9	Лк, ПЗ, СР	КП, экзамен
3.Методы энерго- и теплоиспользования	11	+	+	2	5,5	Лк, СР	экзамен

тепловых ВЭР								
4. Типовые энергосберегающие мероприятия энергетике, промышленности объектах ЖКХ	в и	135	+	+	2	67,5	Лк, ПЗ, СР	КП, экзамен
Всего часов		180	90	90	2	90		

6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Семенов, С.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Основы теории и проектирования контактных теплоутилизаторов: Учебно-методическое пособие / С.А. Семенов, Е.В. Литецкая. - 2-е изд., исправл. и перераб. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. - 62 с. [с. 4–61].

7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

№	Наименование издания	Вид занятия	Количество экземпляров в библиотеке, шт.	Обеспеченность, (экз./ чел.)
1	2	3	4	5
Основная литература				
1.	Овчинников, Ю.В. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях: учеб. пособие / Ю.В. Овчинников, О.К. Григорьева, А.А. Францева. – Новосибирск: Изд-во НГТУ, 2015. –258 с. (Серия «Учебники НГТУ») – ISBN 978-5-7782-2606-7; То же [Электронный ресурс]. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=436027 (14.03.2017)	Лк, ПЗ	1 (ЭУ)	1
2.	Сибикин, М.Ю. Технология энергосбережения: учебник / М.Ю. Сибикин, Ю.Д. Сибикин. – 4-е изд. перераб. и доп. – М.: Берлин: Директ-Медиа, 2014. – 352 с.: ил. – (Профессиональное образование) – ISBN 978-5-4458-8886-4; То же [Электронный ресурс]. – URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=253968 (14.03.2017)	Лк, ПЗ	1 (ЭУ)	1
Дополнительная литература				
3.	Котлы-утилизаторы и энерготехнологические агрегаты : учебник / Под ред. Л. Н. Сидельковского. - Москва : Энергоатомиздат, 1989. - 270 с. : ил. - (ЭТЭ: Экономия топлива и электроэнергии).	Лк	50	1
4	Энергосбережение в системах теплоснабжения, вентиляции и кондиционирования воздуха: Справ, пособие / Под ред. Л.Д. Богуславского. - М.: Стройиздат, 1990. - 620 с.	Лк, ПЗ	9	0,5
5.	Высокотемпературные теплотехнологические процессы и установки: Учеб. для вузов / Под ред. А.Д. Ключникова. М.: Энергоатомиздат, 1989. - 336 с.	Лк	79	1
6.	Семенов, С.А. Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологиях. Основы теории и проектирования контактных теплоутилизаторов: Учебно-методическое пособие / С.А. Семенов, Е.В. Литецкая. - 2-е изд., исправл. и перераб. - Братск: ГОУ ВПО «БрГУ», 2006. - 62 с.	Лк, ПЗ	68	1

8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО-

ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ», НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ

1. Электронный каталог библиотеки БрГУ
http://irbis.brstu.ru/CGI/irbis64r_15/cgiirbis_64.exe?LNG=&C21COM=F&I21DBN=BOOK&P21DBN=BOOK&S21CNR=&Z21ID=.
2. Электронная библиотека БрГУ
<http://ecat.brstu.ru/catalog> .
3. Электронно-библиотечная система «Университетская библиотека online»
<http://biblioclub.ru> .
4. Электронно-библиотечная система «Издательство «Лань»
<http://e.lanbook.com> .
5. Информационная система "Единое окно доступа к образовательным ресурсам"
<http://window.edu.ru> .
6. Научная электронная библиотека eLIBRARY.RU <http://elibrary.ru> .
7. Университетская информационная система РОССИЯ (УИС РОССИЯ)
<https://uisrussia.msu.ru/> .
8. Национальная электронная библиотека НЭБ
<http://xn--90ax2c.xn--p1ai/how-to-search/> .

9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ

9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению практических работ

Практическая работа №1 Расчет выхода ВЭР

Практическое занятие проводится в интерактивной форме: тренинги в малых группах (4 часа).

Цель работы: научиться производить расчет выхода ВЭР.

Задание: по выданному преподавателем варианту задания определить выход ВЭР, используя приведенную ниже методику.

Порядок выполнения.

Относительное максимально возможное количество тепловой энергии, передаваемое от одного агрегата к другому, определяется уравнением

$$\theta = \frac{t_{\text{ВХ}} - t_{\text{ВЫХ}}}{t_{\text{ВХ}} - t_0} \quad (1)$$

где $t_{\text{вх}}$, $t_{\text{вых}}$ – температура ВЭР на входе и выходе утилизационной установки, °С, t_0 – температура окружающей среды.

Коэффициент утилизации тепловых ВЭР представляется выражением

$$\eta_{\text{УТ}} = 1 - \frac{t_{\text{ВЫХ}} - t_0}{t_{\text{ВХ}} - t_0} \quad (2)$$

На основании формулы (1) можно записать выражение для определения теплоты, используемой в утилизационной установке

$$Q = Q_{\text{ВЫХ}} \left[1 - \frac{t_{\text{ВЫХ}} - t_0}{t_{\text{ВХ}} - t_0} \right] \quad (3)$$

где $Q_{\text{ВЫХ}}$ – количество теплоты, которым обладают ВЭР на входе в утилизационный аппарат, (кДж/ч); Q – количество теплоты, которую можно утилизировать.

Возможная выработка тепловых ВЭР в утилизационной установке определяется по формуле (1), а коэффициент, учитывающий несоответствие режима и числа часов работы утилизационной установки и технологического оборудования можно определить по уравнению

$$\beta = \tau_{\text{УТ.УСТ}} G_{\text{ИСП.}}^{\text{ВЭР}} / (\tau_{\text{ТЕХ.УСТ}} G_{\text{ИСП.}}^{\text{ВЭР}}) \quad (4)$$

где $t_{\text{УТ.УСТ.}}$, $t_{\text{ТЕХ.УСТ.}}$ – продолжительность работы утилизационной установки и технологического оборудования, (ч), $G_{\text{ИСП.}}^{\text{ВЭР}}$ – количество ВЭР, используемых в утилизационной установке (кг/ч).

Коэффициент несоответствия режима работы утилизационного оборудования b выбирается по справочным данным в зависимости от типа и технологического цикла работы теплотехнологического оборудования.

Определение выхода ВЭР и экономия топлива за счет их использования

Под выходом ВЭР понимают количество вторичных энергоресурсов, которые образуются в агрегате – источнике ВЭР.

Удельный выход ВЭР рассчитывается или в единицу времени (ч) работы агрегата или на единицу продукции. Удельный выход для горючих ВЭР определяется формулой

$$q_{\text{УД}}^{\Gamma} = G_{\text{ВЫХ}} Q_{\text{Н}}^{\text{P}}, \quad (\text{Дж/ч}) \quad (5)$$

Для тепловых ВЭР

$$q_{\text{УД}}^{\Gamma} = G_{\text{ВЫХ}} C(t_1 - t_0), \quad (\text{кДж/ч}) \quad (6)$$

Для ВЭР избыточного давления

$$q_{уд}^P = G_{вых} l, \text{ (кДж/ч)} \quad (7)$$

Здесь – $G_{вых}$ часовое количество энергоносителя в виде твердых, жидких или газообразных продуктов (кг/ч) или ($\text{м}^3/\text{ч}$); C – теплоемкость энергоносителя (кДж/кг град. или кДж/ м^3 гр); l – работа изэнтропного расширения (кДж/кг); t_1 , и t_0 – температура энергоносителя на входе в теплообменник – утилизатор и температура окружающей среды.

Общий объем выхода ВЭР

$$Q_{вых} = q_T \tau M, \text{ (ГДж)} \quad (8)$$

где M – выход энергоносителя за рассматриваемый период (месяц, год), (ГДж); τ – число часов работы установки – источника ВЭР; q_T – удельный выход ВЭР, (кДж/кг).

Обычно определяют годовой выход ВЭР. Однако только часть энергии из общего выхода может быть полезно использована.

Для оценки реального потенциала ВЭР, возможного к использованию, рассчитывается возможная выработка энергии за счет ВЭР. Различают возможную, планируемую экономически целесообразную и фактическую выработку ВЭР.

Возможная выработка ВЭР – это максимальное количество теплоты, электроэнергии или механической работы, которое можно получить практически за счет данного вида ВЭР, с учетом режимов работы агрегата – источника ВЭР и утилизационной установки. Фактическая выработка – действительно полученная энергия за отчетный период. Коэффициент выработки или использования за счет ВЭР отношение фактической ВЭР к возможной выработке

$$\sigma = \frac{Q_{ф}}{Q_{воз}} \quad (9)$$

Использование ВЭР ставит конечной задачей достижение экономии первичного топлива и сокращение затрат на приобретение топлива. При использовании тепловых ВЭР экономия топлива определяется

$$\Delta B = \frac{0,0342}{\eta_{зам}} Q_{воз} \sigma = \frac{0,0342}{\eta_{зам}} Q_{ф} \text{ (т у.т)} \quad (10)$$

где 0,0342 – коэффициент эквивалентного перевода 1 ГДж в т.у.т.; $Q_{ф}$ – фактическое использование тепловых ВЭР (ГДж/год); $\eta_{зам}$ – КПД замещаемой энергетической установки, с показателями которой сравнивается эффективность утилизационной установки работы теплоэнергетического агрегата – источника ВЭР. Как правило, в качестве замещаемой установки рассматривается промышленная котельная или ТЭЦ.

Коэффициент использования выработки σ зависит от несовпадения режимов работы утилизационной установки и теплоэнергетического агрегата – источников ВЭР, которые определяются потребителем теплоты.

При использовании тепловых ВЭР предприятиями, которые снабжаются теплом централизованно от ТЭЦ экономия топлива за счет ВЭР определяется с учетом увеличения расхода топлива на ТЭЦ

$$\Delta B = Q_{ф} \left[\frac{0,0342}{\eta_{ТЭЦ}} - \varepsilon_{уд} (\varepsilon_{к} - \varepsilon_{т}) 10^{-6} \right] \quad (11)$$

где $\eta_{ТЭЦ}$ – КПД котельной ТЭЦ, $\varepsilon_{уд}$ – удельная выработка электроэнергии на ТЭЦ (кВт·ч/ГДж); $\varepsilon_{к}$ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии по теплофикационному циклу, грамм условного топлива на 1 кВт/ч; $\varepsilon_{т}$ – удельный расход топлива на выработку электроэнергии на замещаемой ТЭЦ, грамм условного топлива на 1 кВт/ч.

При использовании горючих ВЭР экономия топлива определяется по формуле

$$B = 0,0342 Q_{\Phi}^{\Gamma} \frac{\eta_1}{\eta_2} \text{ (т у.т.)} \quad (12)$$

где Q_{Φ}^{Γ} фактические горючие ВЭР (ГДж/год); η_1/η_2 - КПД топливоиспользующего агрегата при работе на горючих ВЭР и КПД того же агрегата при работе на первичном топливе.

Отношение η_1/η_2 - зависит от физических свойств горючих ВЭР. Для высококалорийных горючих ВЭР это отношение равно единице.

Форма отчетности: отчет.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по темам 2.1–2.5 раздела 2.

Основная литература: [1, 2].

Дополнительная литература: [4].

Практическая работа №2

Расчет контактного теплоутилизатора: тепловой расчет

Цель работы: научиться проводить тепловой расчет контактного теплоутилизатора.

Задание: в соответствии с выданным преподавателем вариантом задания выполнить тепловой расчет контактного теплоутилизатора.

Порядок выполнения.

Главной целью теплового расчета контактных аппаратов, как и любого теплообменника, является определение требуемой поверхности теплообмена для передачи заданного количества теплоты. Применительно к контактным теплоутилизаторам насадочного типа это означает определение объема насадки или ее геометрической поверхности, которые обеспечивают нагрев воды до заданных параметров.

Как уже отмечалось, механизм охлаждения газов в контактном теплообменнике очень сложный, т.к. протекают процессы совместного тепло- и массообмена. Поэтому в основе теплового расчета лежат эмпирические формулы, полученные путем обработки экспериментальных данных.

Рассмотрим процесс тепло- и массообмена в контактном теплоутилизаторе при противоточном движении газа и воды. При охлаждении дымовых газов в контактных аппаратах экономия теплоты обеспечивается как за счет снижения температуры уходящих газов, так и за счет теплоты конденсации содержащихся в них водяных паров. В аппаратах с конденсацией пара из газовой фазы происходят осушка и охлаждение газа и нагревание жидкости.

Влажный газ поступает в аппарат при температуре t'_2 с начальным влагосодержанием d_n в количестве $G(1 + d_n)$, кг/с, где G – расход сухого газа, кг/с.

В результате тепло- и массообмена с жидкостью в количестве W_n , кг/с, поступающей в аппарат с температурой $t'_{жс}$, газ покидает теплоутилизатор при температуре t''_2 с конечным влагосодержанием d_k , соответствующим состоянию насыщения газа, а его количество равно $G(1 + d_k)$.

Жидкость выходит из аппарата с температурой $t''_{жс}$ в количестве, кг/с,

$$W_k = W_n + G(d_n - d_k). \quad (2.1)$$

В теплоутилизатор тепло вносится влажным газом ($G \cdot I_1$) и жидкостью ($W_n \cdot C'_{жс} \cdot t'_{жс}$). Из аппарата тепло выводится с уходящими газами ($G \cdot I_2$), с нагретой жидкостью ($W_k \cdot C''_{жс} \cdot t''_{жс}$) и через стенки в окружающую среду (q_5).

Тогда тепловой баланс теплоутилизатора можно записать в виде

$$GI_1 + W_n \cdot C'_{жс} \cdot t'_{жс} = GI_2 + W_k \cdot C''_{жс} \cdot t''_{жс} + q_5, \quad (2.2)$$

где $C'_{жс}, C''_{жс}$ – теплоемкость воды соответственно при $t'_{жс}$ и $t''_{жс}$, кДж/(кг·К); W_k – количество воды на выходе из аппарата с температурой $t''_{жс}$, кг/с; $I_1 = C_{с.г.} \cdot t'_2 + d_n \cdot i_1$ – энтальпия влажного газа на входе в аппарат, кДж/кг с.г.; $I_2 = C_{с.г.} \cdot t''_2 + d_k \cdot i_2$ – то же на выходе из аппарата, кДж/кг с.г.; i_1, i_2 – энтальпия водяного пара соответственно при t'_2 и t''_2 , кДж/кг.

В контактном теплоутилизаторе потери в окружающую среду (q_5) при малом перепаде температур между поверхностью аппарата и окружающей средой пренебрежительно малы, поэтому тепловой баланс может быть представлен в виде уравнения

$$\begin{aligned} G \left(C_{с.г.} \cdot t'_2 + d_n \cdot i_1 \right) + W_n \cdot t'_{жс} \cdot C'_{жс} = \\ = G \left(C_{с.г.} \cdot t''_2 + d_k \cdot i_2 \right) + W_n + \left(C_n - d_k \right) t''_{жс} \cdot C''_{жс}. \end{aligned} \quad (2.3)$$

Количество подаваемой в аппарат воды W_n , кг/с, можно определить по формуле

$$W_n = \frac{G \left[\left(C_{с.г.} \cdot t'_2 + d_n \cdot i_1 \right) - \left(C_{с.г.} \cdot t''_2 + d_k \cdot i_2 \right) \right]}{t''_{жс} \cdot C''_{жс} - t'_{жс} \cdot C'_{жс}}. \quad (2.4)$$

Теплоемкость сухого газа $C_{с.г.}$, кДж/(кг·К), определяется по прил. 7 при температуре $t_2 = (t'_2 + t''_2)/2$. Теплоемкости воды $C'_{жс}$ и $C''_{жс}$, кДж/(кг·К), определяются при температурах $t'_{жс}$ и $t''_{жс}$ соответственно по прил. 4. Энтальпии водяного пара i_1 и i_2 находят в соответствии с рекомендациями, данными в пояснениях к формуле (3.10).

Известно, что на выходе из КТУ температура подогреваемой воды ограничена температурой мокрого термометра. При сжигании природного газа с коэффициентом избытка воздуха от 1,0 до 1,5 температура мокрого термометра уходящих газов составляет 50–65 °С. Оптимальная температура нагрева воды в аппарате принимается на некоторую величину ниже t_m и по рекомендации Т.К. Филоненко может быть подсчитана по эмпирической формуле

$$t_{жс} = t_m \left(1 - 0,1 \frac{W_n}{G} \right). \quad (2.5)$$

Температура газов на выходе из КТУ должна быть по возможности низкой. В противоточных аппаратах t''_2 теоретически может быть равна температуре воды на входе $t'_{жс}$; в прямоточных – теоретически можно достичь равенства $t''_2 = t'_{жс}$. В практических расчетах значение температуры газа на выходе из КТУ принимают более высоким, чтобы движущая сила процесса тепло- и массообмена не снижалась до нуля. Однако следует иметь в виду, что чем ниже величина t''_2 , тем меньше тепла уносится газами из аппарата и тем большее количество теплоты можно утилизировать.

Количество тепла, отданное газом жидкости (утилизируемое) в КТУ, $Q_{ЭК}$, Вт, можно определить по формуле

$$Q_{ЭК} = W_n \left(C''_{жс} \cdot t''_{жс} - C'_{жс} \cdot t'_{жс} \right) + G \left(C_n - d_k \right) \left(t''_{жс} - t'_{жс} \right). \quad (2.6)$$

В этом уравнении первое слагаемое – теплота, воспринимаемая подогреваемой водой; второе слагаемое – теплота конденсата, образующегося из водяных паров.

Уравнение (2.6) можно записать через расход теплоты дымовых газов:

$$Q_{ЭК} = G \left[\left(C_{с.г.} \cdot t'_2 + d_n \cdot i_1 \right) - \left(C_{с.г.} \cdot t''_2 + d_k \cdot i_2 \right) \right]. \quad (2.7)$$

Форма отчетности: соответствующий раздел курсового проекта.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по темам 4.5–4.8 раздела 4.

Основная литература: [1].

Дополнительная литература: [3, 5, 6].

Практическая работа №3 **Расчет контактного теплоутилизатора: конструктивный расчет**

Цель работы: научиться проводить конструктивный расчет контактного теплоутилизатора.

Задание: в соответствии с выданным преподавателем вариантом задания выполнить конструктивный расчет контактного теплоутилизатора.

Порядок выполнения.

Для расчета конструктивных характеристик выразим количество теплоты, которое передается от газа к жидкости (утилизируется) в КТУ [формулы (2.6), (2.7)], следующим уравнением:

$$Q_{жк} = K_F \cdot F_H \cdot \Delta t_{cp} = K_V \cdot V_H \cdot \Delta t_{cp}, \quad (2.8)$$

где K_F – условный коэффициент теплообмена между газом и жидкостью в аппарате, отнесенный к единице поверхности насадки, Вт/(м²·К); K_V – условный коэффициент теплообмена между газом и жидкостью в аппарате, отнесенный к единице объема насадки, Вт/(м³·К); F_H – поверхность насадки, м²; V_H – объем насадки, м³; Δt_{cp} – средняя разность температур между теплоносителями, К.

Значение Δt_{cp} в условиях КТУ можно определить через среднелогарифмическую разность температур газа и жидкости на входе в теплоутилизатор и на выходе из нее.

При противоточной схеме движения теплоносителей она может быть выражена формулой

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_2' - t_{жк}'') - (t_2'' - t_{жк}')}{\ln \left(\frac{(t_2' - t_{жк}'')}{(t_2'' - t_{жк}')} \right)}; \quad (2.9)$$

при прямоточной –

$$\Delta t_{cp} = \frac{(t_2' - t_{жк}') - (t_2'' - t_{жк}'')}{\ln \left(\frac{(t_2' - t_{жк}')}{(t_2'' - t_{жк}'')} \right)}. \quad (2.10)$$

Коэффициенты теплообмена K_F и K_V зависят от многих факторов: физических параметров теплоносителей, смачиваемости насадки, дисперсности распыления жидкости, способа определения средней разности температур и др., поэтому в настоящее время аналитически получены быть не могут. Для конкретных случаев K_F и K_V принимают по экспериментальным данным.

Жаворонков Н.М. предложил методику расчета коэффициентов теплообмена в скрубберах через критерии подобия, где в качестве определяющего используется критерий Кирпичева:

$$Ki = \frac{k_F d_3}{\lambda},$$

где k_F – коэффициент теплообмена, Вт/(м²·К); d_3 – эквивалентный диаметр насадки, м; λ – коэффициент теплопроводности газа, Вт/(м·К).

Для определения критерия Ki , а через него и k_F , Н.М. Жаворонков рекомендует ряд критериальных зависимостей, однако расчет по ним контактных экономайзеров приводит к большим

погрешностям.

Для КТУ с кольцевой керамической насадкой (кольцами Рашига) наиболее точные результаты при определении коэффициента теплоотдачи дает формула Б.А. Черткова:

$$K_F = 1,15 \cdot 10^{-6} \cdot \frac{\lambda_{c.z.} \cdot \omega_0 \rho_{c.z.}^{0,8} \cdot u^{0,7}}{f^{0,5} \cdot \nu^{0,3} \cdot \mu_{c.z.} / g^{0,8} \cdot \gamma_{ж}^{0,7}}, \quad (2.11)$$

где $\lambda_{c.z.}$ – коэффициент теплопроводности сухого газа при $t_z = \frac{t'_z + t''_z}{2}$, Вт/(м·К); ω_0 – скорость газа по пустому сечению аппарата, м/с; $\rho_{c.z.}$ – плотность сухих газов, кг/м³; u – плотность орошения, м³/(м²·ч), для насадки аппарата плотность орошения может быть в пределах 5 – 15 м³/(м²·ч); f – удельная поверхность насадки в единице объема, м²/м³; ν – свободный объем насадки, м³/м³; $\mu_{c.z.}$ – динамическая вязкость газа при t_z , Па·с; $g=9,81$ м/с² – ускорение свободного падения; $\gamma_{ж}$ – кинематическая вязкость жидкости при $t_{ж} = \frac{t'_{ж} + t''_{ж}}{2}$, м²/с.

Форма отчетности: соответствующий раздел курсового проекта.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материала по темам 4.5–4.8 раздела 4.

Основная литература: [1].

Дополнительная литература: [3, 5, 6].

Практическая работа №4

Расчет контактного теплоутилизатора: гидравлический расчет

Цель работы: научиться проводить гидравлический расчет контактного теплоутилизатора.

Задание: в соответствии с выданным преподавателем вариантом задания выполнить гидравлический расчет контактного теплоутилизатора.

Порядок выполнения.

Продувание газа через КТУ связано с дополнительными затратами энергии. Для определения мощности, затрачиваемой на перекачивание газа, необходимо подсчитать сопротивление тракта, которое зависит от типа насадки и гидравлического режима работы аппарата. Жаворонковым Н.М. рекомендуется следующая формула для определения сопротивления сухой (неорошаемой) насадки $\Delta P_{сх}$, Па:

$$\Delta P_{сх} = \lambda \frac{H}{d_э} \cdot \frac{\omega_z^2 \cdot \rho}{2}, \quad (2.19)$$

где λ – коэффициент сопротивления при прохождении газа через слой насадки, безразмерный; H – высота слоя насадки, м; $d_э$ – эквивалентный диаметр, м, (см. табл. 2.1); ω_z – скорость газа в свободном сечении насадки (действительная), м/с; ρ – плотность газа, кг/м³ (при t_z).

Действительная скорость газа ω_z , м/с, определится по формуле

$$\omega_z = \frac{\omega_0}{\nu}, \quad (2.20)$$

где ω_0 – скорость газов по пустому сечению КТУ [формула (2.12)]; ν – свободный объем, м³/м³ (см. табл. 2.1).

По данным Н.М. Жаворонкова для неупорядоченной насадки из колец (навалом) коэффициент сопротивления λ можно определить по формулам:

$$\lambda = \frac{140}{\text{Re}_2} \quad \text{при } \text{Re} < 40; \quad (2.21)$$

$$\lambda = \frac{16}{\text{Re}_2^{0,2}} \quad \text{при } \text{Re} > 40,$$

где
$$\text{Re} = \frac{\omega_2 \cdot d_3 \cdot \rho}{\mu_2}; \quad (2.22)$$

$$\mu_2 - \text{динамическая вязкость газа при } t_2 = \frac{t_2' + t_2''}{2}.$$

Сопротивление смоченной насадки $\Delta P_{см}$, Па, всегда больше сопротивления сухой вследствие уменьшения проходного сечения жидкостной пленки:

$$\Delta P_{см} = \psi \cdot \Delta P_{сух}, \quad (2.23)$$

где ψ – коэффициент.

При орошении водой величина коэффициента ψ может быть найдена по приближенной формуле:

$$\psi = 1,2 + 0,04 \cdot u, \quad (2.24)$$

где u – плотность орошения, $\frac{\text{м}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{ч}}$ (из конструктивного расчета).

Мощность, необходимая для продувания газа через КТУ N , кВт, выразится формулой

$$N = \frac{V_{скр} \cdot \Delta P_{см}}{\eta_n \cdot 10^3}, \quad (2.25)$$

где $V_{скр}$ – объемный расход дымовых газов через КТУ при средней температуре, м³/с; η_n – КПД нагнетателя, принимается по справочным данным (ориентировочно 0,7–0,8).

В практических расчетах при определении дополнительной мощности дымососа, связанной с установкой КТУ, следует учитывать уменьшение объема перекачиваемых дымососом дымовых газов за счет снижения их температуры.

Форма отчетности: соответствующий раздел курсового проекта.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материала по темам 4.5–4.8 раздела 4.

Основная литература: [1].

Дополнительная литература: [3, 5, 6].

Практическая работа №5

Расчет контактного теплоутилизатора: экономический расчет

Цель работы: научиться проводить экономический расчет контактного теплоутилизатора.

Задание: в соответствии с выданным преподавателем вариантом задания выполнить экономический расчет контактного теплоутилизатора.

Порядок выполнения.

Задачей экономического расчета является определение экономической эффективности использования КТУ, которая в значительной степени зависит от условий утилизации получаемой теплоты.

В общем случае горячая вода, полученная в КТУ, может использоваться для питания водоподготовительных установок котлов и других собственных нужд котельных, таких как, например, предварительный подогрев дутьевого воздуха, а также для технологических и бытовых нужд предприятий, поселков и др. В отличие от поверхностных экономайзеров, нагревающих питательную воду котлов, и воздухоподогревателей, нагревающих дутьевой воздух, контактный экономайзер является оборудованием для нагрева теплоносителя, который может либо частично использоваться в котле, либо вовсе в нем не использоваться. Таким образом, КТУ можно

рассматривать и как последний теплоиспользующий элемент котельной установки, и как самостоятельный независимый агрегат, получающий теплоту извне в виде горячих дымовых газов. Поэтому принято считать, что установка контактных теплоутилизаторов повышает коэффициент использования топлива (КИТ) в котельной и (условно) в такой же степени КПД котлов.

До последнего времени тепловые балансы котельных установок рассчитывались по низшей теплоте сгорания топлива. При глубоком охлаждении дымовых газов ниже точки росы и конденсации водяных паров (при применении контактных и контактно-поверхностных аппаратов) использование такой методики является неправомерным, поскольку она не учитывает изменение влагосодержания газов. Так, при конденсации значительной части водяных паров потери теплоты с уходящими газами могут стать отрицательной величиной, а КИТ (КПД) может превысить 100 %. Поэтому расчет котлов с контактными теплоутилизаторами необходимо проводить по высшей теплоте сгорания топлива.

Увеличение КИТ (КПД) котла при установке контактных теплоутилизаторов можно определить по формуле

$$\Delta\eta_k^e = Q_{\text{эк}} / (BQ_g^c), \quad (2.26)$$

где B – расход топлива, м³/с; Q_g^c – высшая теплота сгорания топлива, кДж/м³.

Высшая теплота сгорания природного газа Q_g^c , кДж/м³, равна

$$Q_g^c = 398CH_4 + 696C_2H_6 + 993C_3H_8 + 1286C_4H_{10} + \\ + 1579C_5H_{12} + 256H_2S + 127,5H_2 + 126,4CO, \quad (2.27)$$

где CH_4 , C_2H_6 и т.д. – содержание горючих компонентов в газе, %.

Тогда экономия первичного топлива при использовании уходящих газов котла ΔB , м³/год, определится по формуле

$$\Delta B = \frac{Q_{\text{эк}} \cdot T \cdot 3600}{Q_g^c \cdot \eta_k^e}, \quad (2.28)$$

где $Q_{\text{эк}}$ – количество теплоты, сэкономленное в КТУ, кВт; T – число часов работы утилизационной установки в году, ч/год; η_k^e – КПД котла, рассчитанный по высшей теплоте сгорания топлива:

$$\eta_k^e = Q_{\text{ка}} / (B \cdot Q_g^c).$$

Годовая стоимость сэкономленного топлива C_T , руб./год, определяется по формуле

$$C_T = C_T \cdot \Delta B \cdot K_{\text{инф}}, \quad (2.29)$$

где C_T – преysкурантная цена топлива, руб./м³ (см. прил. 3); $K_{\text{инф}}$ – коэффициент инфляции.

Далее можно рассчитать:

дополнительные капиталовложения в КТУ $K_{\text{рек}}$, руб.:

$$K_{\text{рек}} = m \cdot C_M \cdot n, \quad (2.30)$$

где m – масса аппарата, кг, принимается 500 кг на 1 м³ насадки; C_M – цена 1 кг нержавеющей стали, руб./кг; n – число скрубберов, шт.;

годовые амортизационные отчисления от дополнительных капиталовложений (при норме амортизации 6 %) A , руб./год:

$$A = 0,06 \cdot K_{\text{рек}}; \quad (2.31)$$

годовые дополнительные расходы электроэнергии $W_{\text{зод}}$, кВт·ч/год,

$$W_{\text{зод}} = N \cdot T, \quad (2.32)$$

где N – дополнительная мощность, необходимая для продувания дымовых газов через теплоутилизатор (из гидравлического расчета), кВт;

годовую стоимость потребляемой электроэнергии $C_э$, руб./год:

$$C_э = C_э \cdot W_{\text{зод}} \cdot K_{\text{инф}}, \quad (2.33)$$

где $C_э$ – тариф на электроэнергию, руб./(кВт·ч) (см. прил. 3);

итоговое снижение годовых эксплуатационных затрат ΔI_n , руб./год:

$$\Delta I_n = C_T - A - C_э; \quad (2.34)$$

годовой экономический эффект $\mathcal{E}_{\text{зод}}$, руб./год:

$$\mathcal{E}_{год} = \Delta I_n - 0,125 \cdot K_{рек}. \quad (2.35)$$

Срок окупаемости установки $T_{ок}$, год:

$$T_{ок} = \frac{K_{рек}}{\Delta I_n}. \quad (2.36)$$

Форма отчетности: соответствующий раздел курсового проекта.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материала по темам 4.5–4.8 раздела 4.

Основная литература: [1].

Дополнительная литература: [3, 5, 6].

Практическая работа №6 **Расчет энергетического баланса предприятия**

Практическое занятие проводится в интерактивной форме: тренинги в малых группах (4 часа).

Цель работы: научиться производить расчет энергетического баланса промышленного предприятия.

Задание: установить соответствие производственной программы цеха предприятия его производственной мощности.

В механообрабатывающем цехе завода имеется четыре участка, специализирующихся по технологическому принципу. На каждом из них установлены следующие виды станков: токарные, фрезерные, протяжные, шлифовальные. Ведущим в цехе является участок фрезерных станков.

Цех работает в 2 смены по 8 часов каждая. Для 5-ти дневной рабочей недели принять 250 рабочих дней в году. Средний коэффициент выполнения норм выработки по цеху запланирован в размере 1,1. Планируемые простои оборудования в ремонте следующие: токарные станки – 4 %, фрезерные – 5 %, протяжные – 6 %, шлифовальные – 5 %. Остальные исходные данные представлены в табл. 1.

Порядок выполнения.

На первом этапе необходимо определить вариант задания для каждого обучающегося и далее, согласно приводимой ниже методике, выполнить задание.

Таблица 1 – Исходные данные задания по вариантам

Показатели	Шифр изделия	В а р и а н т ы														
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
1. Годовая программа выпуска изделий, тыс.шт.	A	8	10	12	14	16	18	20	22	24	24	11	15	19	8	12
	B	9	11	13	15	17	19	21	23	25	25	20	10	18	16	11
	C	14	13	12	11	10	9	8	7	6	5	12	11	9	13	14
2. Количество станков на участке, ед.: токарные – фрезерные – протяжные – шлифовальные –		8	7	13	6	14	9	5	10	11	3	4	9	7	10	5
		7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	15	8	10	9	12
		2	4	5	4	3	6	2	3	4	2	3	5	6	7	3
		4	9	2	5	3	2	4	7	5	4	6	4	8	2	7
3. Станкоёмкость изделий по видам работ, нормо-ч/шт.: токарные – фрезерные – протяжные – шлифовальные –	A	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1,0	1,1	0,5	0,9	0,8	0,2
	B	0,4	0,3	0,2	0,5	0,4	0,3	0,2	0,5	0,6	0,7	0,2	0,3	0,8	0,6	0,5
	C	0,9	1,0	1,1	1,0	0,9	0,8	0,9	1,0	1,1	1,0	0,3	1,0	0,2	0,3	0,4
	A B C	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,4	0,3	0,2	1,0	0,9	0,5	0,8	0,7	0,4	0,3
	A B C	0,3	0,2	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,6	0,5	0,1	0,3	0,2	0,1	0,3	0,5
	A B C	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2	0,2
		0,3	0,4	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,7	0,6
		0,5	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,4	0,5	0,2	0,1	0,3
		0,3	0,7	0,6	0,5	0,4	0,3	0,2	0,1	0,8	0,9	0,7	0,6	0,5	0,4	0,1
		1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
		0,5	0,6	0,7	0,7	0,8	0,9	0,8	0,7	0,6	0,4	0,5	0,5	0,6	0,7	

Методические указания

Производственная программа – это план производства и реализации продукции, так называемый “портфель заказов” цеха. В задании необходимо сопоставить этот план (то есть то, что надо сделать)

с производственной мощностью цеха, то есть с тем объемом работ, который цех может выполнить.

Производственная мощность предприятия – это максимально возможная способность выпускать в течение года продукцию в определенной номенклатуре, ассортименте и установленном качестве.

С точки зрения эффективного использования основных фондов (ОФ) мощность предприятия должна использоваться максимально. Для этого необходимо повышать технико-экономические показатели работы основных видов оборудования, более полно использовать оборудование и производственные площади за счет оптимальной организации производственного процесса в цехах и на предприятии в целом.

Для определения производственной мощности участка необходимо установить пропускную способность групп оборудования, указанных в исходных данных.

Степень соответствия производственной программы цеха его производственной мощности устанавливается путем сравнения запланированного объема работ Q_i каждого вида с пропускной способностью соответствующих групп оборудования P_i .

Коэффициент загрузки i -го вида оборудования можно рассчитать по формуле

$$\eta_i = \frac{Q_i}{P_i}.$$

Запланированный объем работ данного вида (так называемая станкочемкость продукции) определяется по формуле

$$Q_i = \sum_{j=1}^n \frac{N_j \cdot t_{ij}}{k_{вн}},$$

где N_j – годовая программа выпуска j -го изделия ($j = A, B, C$), шт.;

t_{ij} – станкочемкость единиц j -го изделия на i -й группе оборудования, нормо-ч/шт.;

$k_{вн}$ – планируемый коэффициент выполнения норм.

Далее определяется пропускная способность соответствующей i -й группы оборудования:

$$P_i = K M_i \cdot \Phi_{ДО},$$

где $K M_i$ – количество единиц оборудования i -й группы;

$\Phi_{ДО}$ – действительный (эффективный, полезный) годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч.

Действительный годовой фонд времени $\Phi_{ДО}$, ч, может быть рассчитан по формуле

$$\Phi_{ДО} = \Phi_{НО} \cdot \left(1 - \frac{\alpha}{100}\right),$$

где $\Phi_{НО}$ – номинальный годовой фонд времени работы единицы оборудования, ч;

α – планируемые простои соответствующей группы оборудования, % (см. исходные данные по табл. 1).

Номинальный годовой фонд времени $\Phi_{НО}$, ч, определяется по формуле

$$\Phi_{НО} = D_{РАБ} \cdot T_{СМ} \cdot S, \quad (1)$$

где $D_{РАБ}$ – количество рабочих дней в году (по условию $D_{РАБ} = 250$ дн.);

$T_{СМ}$ – длительность смены, ч (по условию $T_{СМ} = 8$);

S – количество смен (по условию $S = 2$).

Обращаем внимание на то, что в формуле (1) $\Phi_{ДО}$ и $\Phi_{НО}$ рассчитываются исходя из баланса рабочего времени на какой-то конкретный год. Поэтому $D_{РАБ}$ здесь указано условно.

Затем определяется коэффициент загрузки оборудования по i -й группе

$$\eta_i = \frac{Q_i}{P_i}.$$

Полученные значения η_i могут характеризоваться следующим образом:

при $0,90 \leq \eta_i \leq 1,15$ можно констатировать, что производственная программа цеха соответствует его производственной мощности;

при $\eta_i > 1,15$ имеет место так называемое “узкое место”, так как оборудование перегружено;

при $\eta_i \ll 0,90$ – “широкое место”, то есть оборудование сильно недогружено.

При этом необходимо понимать, что к организационно-техническим мероприятиям, увеличивающим производственную мощность, относятся:

- комплексная механизация и автоматизация производства;
- модернизация действующего оборудования;
- совершенствование действующих и внедрение прогрессивных технологических процессов;

- внедрение в производство нанотехнологий;
- изменение сменности работы оборудования;
- оптимизация организации труда и производства;
- внедрение в производство инструментов системы “бережливое производство”.

Система “бережливое производство”, или “lean production”, отличается гибким интеллектуализмом. Например, выявляется самое узкое место и начиная с него постепенно наращивается присутствие оптимизационных технологических решений в других звеньях. Но в каждом отдельном случае эта последовательность уникальна и неповторима. В одном случае важнее всего упор сделать на организацию рабочего места, в другом – на защиту от непреднамеренных ошибок и других негативных проявлений человеческого фактора, а где-то важнее всего будет внедрить SMED – систему быстрых переналадок. Все это является результатом анализа производственной деятельности подразделений конкретного предприятия.

Но следует назвать и универсальные достижения системы “lean production”, собственно и снискавшие ей мировую известность, – это повышение качества и производительности труда при минимуме инвестиций – за счет оптимизации производства.

Данное задание следует завершить выводом, в котором оценить уровень загрузки каждой группы оборудования и всего участка в целом. Кроме того, должны быть предложены варианты устранения как “узких”, так и “широких мест” путем оптимальной организации режима работы соответствующего участка цеха. Для этого необходимо решить задачу относительно параметров «количество рабочих дней» ($D_{РАБ}$) и «сменность работы» (S), задавая значение коэффициента загрузки $\eta = 1$. Например, при полученном по исходным данным значении $\eta < 0,8$ организация работы по 4 дня в неделю или в одну смену ($S = 1$) может обеспечить 100%-ю загрузку оборудования данного участка. В другой ситуации при $\eta > 1,15$ работа может быть организована в три смены ($S = 3$) или сверхурочно с соответствующей оплатой. В любом случае предложенное организационное мероприятие должно привести к соответствию производственной программы цеха его производственной мощности, то есть к $0,90 \leq \eta_i \leq 1,15$. В этом и состоит суть оптимизации загрузки оборудования и повышения эффективности производства в целом.

Форма отчетности: отчет.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материала по темам 4.23–4.25 раздела 4.

Основная литература: [1, 2].

Дополнительная литература: [4].

9.2. Методические указания по выполнению курсового проекта

Курсовой проект выполняется обучающимися на основании методических указаний [6].

Задачи курсового проектирования

С целью закрепления и дальнейшего углубления теоретических знаний, полученных при изучении курса «Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии», а также приобретения практических навыков проектирования теплотехнического оборудования учебным планом предусмотрен курсовой проект. При его выполнении студенты развивают навыки работы с нормативно-технической литературой, а также с методическими материалами, применяемыми для расчетов конкретных технических объектов; умения грамотного изложения материала и графического изображения проектируемого аппарата в соответствии с требованиями действующих стандартов.

Содержание, объем и порядок выполнения курсового проекта

Курсовой проект состоит из двух частей: расчетно-пояснительной записки и графической части. Объем расчетно-пояснительной записки составляет, как правило, 30–40 страниц; объем графической части определяется руководителем проекта и указывается в задании.

Порядок выполнения курсового проекта следующий:

- 1) по заданию руководителя выбираются исходные данные для расчета;
- 2) подбирается и изучается учебная, справочная и периодическая литература по заданной тематике;

3) по исходным данным производится тепловой, конструктивный, гидравлический и экономический расчеты аппарата, в конце каждого раздела приводятся краткие выводы, характеризующие полученные результаты;

4) расчетно-пояснительная записка сдается на проверку руководителю;

5) выполняется графическая часть проекта;

6) проводится защита курсового проекта.

Задание на курсовой проект, оформленное на отдельном бланке и подписанное руководителем, выдается (с указанием даты) для исполнения студенту. Бланк задания является неотъемлемой частью проекта и должен подшиваться к расчетно-пояснительной записке. Форма бланка задания приведена в прил. 1.

Расчетно-пояснительная записка должна оформляться в соответствии с требованиями к итоговым учебным документам по стандарту, принятому в ФГБОУ ВО «БрГУ». В соответствии с ним текстовый материал излагается на одной стороне листов формата А4; каждый лист должен иметь соответствующие рамки и надписи. При использовании справочных данных обязательны ссылки на источники согласно списку использованной литературы.

Расчетно-пояснительная записка должна иметь титульный лист, который считается первой страницей записки. Форма титульного листа приведена в прил. 2.

После титульного листа и бланка задания следует привести содержание с указанием разделов и номеров страниц, на которых эти разделы начинаются. В данном проекте рекомендуется следующий порядок расположения разделов:

Введение;

Литературный обзор ;

Тепловой расчет;

Конструктивный расчет;

Гидравлический расчет;

Экономический расчет;

Заключение;

Список использованной литературы.

При необходимости в конце записки могут приводиться в качестве приложений графики, таблицы и спецификации на выполненные чертежи.

Во введении формулируются основные цели выполняемого курсового проекта.

В литературном обзоре на основе анализа данных, приведенных в учебной, справочной и периодической печати, указываются области применения контактных теплоутилизаторов, даются краткое описание конструкции проектируемого аппарата и его изображение, сравнительная характеристика применяемых для данного технологического процесса устройств. В этом разделе следует привести теоретические основы работы контактных теплообменных аппаратов, изображение процессов на $I-d$ -диаграмме.

В заключении отражаются основные результаты выполненного курсового проекта и вытекающие из них выводы.

Далее приводится порядок выполнения теплового, конструктивного, гидравлического и экономического расчета насадочного скруббера.

Тепловой расчет

При выполнении теплового расчета соблюдают следующий порядок:

1. В соответствии с заданием на курсовой проект уточняют исходные данные для выполнения расчетов:

а) температуру дымовых газов на входе в КТУ; t_2^I , °С, принимают равной температуре уходящих из котла газов (из характеристик котельного агрегата [7]);

б) температуру дымовых газов на выходе из КТУ; t_2^{II} , °С, (по заданию, прил. 1);

в) температуру воды на входе в КТУ; $t_{ж}^I$, °С, (по заданию, прил. 1);

г) теоретические объемы воздуха, водяных паров, азота, трехатомных газов (из характеристик природного газа, приведенных в прил. 8; в работе [7] или по расчетам);

д) коэффициент избытка воздуха (принимается согласно рекомендациям [7]);

е) расчетный КПД котла η_k (из характеристик котельного агрегата [7]);

ж) расход топлива B , м³/с, рассчитывается по формуле:

$$B = \frac{Q_{ка}}{Q_p^p \cdot \eta_k}, \quad (3.1)$$

где $Q_{ка}$ – теплопроизводительность котла, кВт, определяется по формуле

$$Q_{ка} = D \cdot \left(i_{nn} - i_{не} \right) + D_{np} \cdot \left(i_{кв} - i_{не} \right) \quad (3.2)$$

где D – номинальная паропроизводительность, кг/с, (из характеристик котельного агрегата [7]); D_{np} – расход воды на продувку, кг/с, принимается $D_{np} = 0,03 \cdot D$; i_{nn} , $i_{не}$, $i_{кв}$ – энтальпия перегретого пара, питательной воды и котловой воды, кДж/кг; Q_p^p – располагаемая теплота, принимаем $Q_p^p = Q_n^c$, кДж/м³ (из характеристик газа, прил. 8); η_k – коэффициент полезного действия котла, о.е.

2. Определяют удельный объем дымовых газов:

$$V_z = V_z^0 + \left(\alpha_{yx} - 1 \right) \cdot V_g^0, \quad (3.3)$$

где V_z^0, V_g^0 – соответственно теоретический объем дымовых газов и воздуха, м³/м³; α_{yx} – коэффициент избытка воздуха.

3. Используя нижеприведенные формулы, определяют объемные доли компонентов в дымовых газах:

$$r_{H_2O} = \frac{V_{H_2O}^0}{V_z}; \quad r_{N_2} = \frac{V_{N_2}^0}{V_z}; \quad r_{RO_2} = \frac{V_{RO_2}}{V_z}; \quad r_g = \frac{\left(\alpha_{yx} - 1 \right) \cdot V_g^0}{V_z}, \quad (3.4)$$

где $V_{H_2O}^0, V_{N_2}^0, V_{RO_2}$ – теоретические объемы водяных паров, азота, трехатомных газов в продуктах сгорания, м³/м³; V_z – суммарный объем дымовых газов, м³/м³.

4. Определяют начальное влагосодержание дымовых газов d_n^g , кг/кг,

$$d_n^g = \frac{r_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O}}{\sum r_i \mu_i} = \frac{r_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O}}{r_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O} + r_{RO_2} \cdot \mu_{RO_2} + r_{N_2} \cdot \mu_{N_2} + r_g \cdot \mu_g}, \quad (3.5)$$

где r_i – объемная доля компонента; μ_i – молекулярная масса компонента, г/моль.

Тепловой расчет контактного теплоутилизатора ведется на 1 кг сухого газа, поэтому необходимо рассчитать начальное влагосодержание сухих газов d_n , кг/кг с.г.:

$$d_n = \frac{r_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O}}{\mu_{с.г.}} = \frac{r_{H_2O} \cdot \mu_{H_2O}}{r_{RO_2} \cdot \mu_{RO_2} + r_{N_2} \cdot \mu_{N_2} + r_g \cdot \mu_g}, \quad (3.6)$$

где $\mu_{с.г.}$ – молекулярная масса сухих газов.

6. Определяют конечное влагосодержание дымовых газов, исходя из предположения, что на выходе из теплоутилизатора при температуре $t_2^{//}$ газ является насыщенным, d_k , кг/кг с.г.:

$$d_k = \frac{R_{с.г.} \cdot P_{макс}}{R_{II} \cdot (P - P_{макс})}, \quad (3.7)$$

где $R_{с.г.} = \frac{8314}{\mu_{с.г.}}$ – газовая постоянная сухого газа; $R_{II} = \frac{8314}{\mu_{II}}$ – газовая постоянная водяного пара (молекулярная масса пара $\mu_{II} = 18$); P – давление влажного газа в аппарате, МПа, принимаем $P = 0,1$ МПа; $P_{макс}$ – давление насыщенного пара при $t_2^{//}$, МПа (см. прил. 6).

7. Определяют давление водяных паров в аппарате P_{H_2O} , МПа, по формуле

$$P_{H_2O} = P \cdot r_{H_2O}. \quad (3.8)$$

8. По давлению водяных паров определяют предварительное значение температуры мокрого термометра t_M (см. прил. 6).

9. По формуле (3.7) определяют влагосодержание дымовых газов при температуре мокрого термометра d_m , кг/кг с.г.:

$$d_m = \frac{R_{с.г.} \cdot P_{H_2O}}{R_{II} \cdot (P - P_{H_2O})}. \quad (3.9)$$

10. Уточняют температуру мокрого термометра по методу, предложенному Н.И. Егоровым [3]. Этот метод основан на составлении теплового баланса теплоутилизатора в момент насыщения газа парами и достижения жидкостью температуры мокрого термометра. В этом случае тепло,

содержащееся в газе, равно сумме тепла, внесенного газом в аппарат, и тепла паров, образовавшихся при испарении жидкости.

Тепловой баланс аппарата по газу тогда запишется следующим образом [см. формулу (2.2)]:

$$G(C_{c.e.} \cdot t_M + d_M \cdot i_M) = G(C_{c.e.} \cdot t_2' + d_H \cdot i_1) + G(d_M - d_H)t_M. \quad (3.10)$$

Подставив значения t_M и d_M , а также t_2' и d_H в уравнение (3.10), проверяют сходимость баланса. В случае неравенства левой и правой частей уравнения задаются другим значением t_M , по которому определяют P_{H_2O} , используя прил. 6. Затем вновь определяют соответствующее значение d_M [формула (3.9)] и составляют новый тепловой баланс. Причем если левая часть баланса больше правой, то температура мокрого термометра t_M выше действительной, поэтому ее необходимо уменьшить. В противном случае температуру t_M увеличивают.

Расчеты проводят до тех пор, пока не получится удовлетворительная сходимость баланса (погрешность баланса не должна превышать 1 %).

11. После выполнения теплового расчета необходимо на $I-d$ -диаграмме изобразить процессы охлаждения дымовых газов в контактном теплоутилизаторе (см. рис. 1.5).

12. Определяют средний действительный объем дымовых газов в КТУ V , м³/с,

$$V = V_2 \cdot B \left(\frac{t_2 + 273}{273} \right), \quad (3.11)$$

где t_2 – средняя температура дымовых газов в аппарате

$$t_2 = \frac{t_2' + t_2''}{2}.$$

Рассчитывают массовый расход дымовых газов G_2 , кг/с,

$$G_2 = V \cdot \rho, \quad (3.12)$$

где ρ – плотность дымовых газов при t_2 , кг/м³,

$$\rho = \frac{\sum r_i \mu_i}{22,4} \frac{273}{273 + t_2}.$$

13. Для устранения возможной конденсации водяных паров предусматривают подсушку уходящих из КТУ газов путем перепуска (байпасирования) 10÷15 % или более их объема помимо КТУ и их дальнейшее смешение за теплоутилизатором.

Массовый расход газов через теплоутилизатор с учетом байпасирования $G_{скр}$, кг/с, определяют через тепловой баланс:

$$G_{скр} = \frac{G_2(C_2' t_2' - C_{2,ух} t_{ух})}{C_2' t_2' - C_2'' t_2''}, \quad (3.13)$$

где $C_{2,ух}$ – теплоемкость дымовых газов при температуре $t_{ух}$, кДж/(кг·К) (определяется по прил. 7); $t_{ух}$ – температура газов в устье дымовой трубы, °С; она должна быть выше t_M на 10 °С.

Тогда объемный расход газов через теплоутилизатор с учетом байпасирования $V_{скр}$, м³/с, будет равен:

$$V_{скр} = G_{скр} / \rho. \quad (3.14)$$

14. Задаются начальным значением температуры воды, выходящей из теплоутилизатора, $t_{жс}''$. По рекомендациям она принимается на 5 °С ниже температуры мокрого термометра, т.е.

$$t_{жс}'' = t_M - 5. \quad (3.15)$$

15. По формуле (2.4) определяют секундный расход воды, подаваемой в КТУ, W_n , кг/с.

16. По формуле (2.5) находят значение W_n и уточняют температуру выходящей из теплоутилизатора воды $t_{жс}''$.

17. Определяют несовпадение предварительно заданного и рассчитанного значений $t_{жс}''$. Оно не должно превышать 5 %, в противном случае расчет повторяют, принимая в качестве исходного

рассчитанное значение $t'_{ж}$.

18. Определяют количество утилизируемой теплоты (теплопроизводительность КТУ) по формуле (2.6).

19. Рассчитывают количество нагретой воды, выходящей из теплоутилизатора, W_k , кг/с, по формуле

$$W_k = W_n + (d_n - d_k)G_{скр}. \quad (3.16)$$

Конструктивный расчет

Задачами конструктивного расчета являются:

выбор типоразмера теплоутилизатора;

определение количества аппаратов;

определение высоты засыпки насадки в КТУ.

Расчет конструктивных характеристик теплоутилизатора производится для всех размеров заданного типа насадки (см. табл. 2.1).

Порядок конструктивного расчета следующий.

1. Выбирают тип теплоутилизатора. В качестве КТУ принимается стандартный контактный экономайзер ЭК-БМ1 (см. раздел 1.3.4 и табл.1.1), выпускаемый двух типоразмеров: ЭК-БМ1-1 с диаметром скруббера 1 м и ЭК-БМ1-2 – диаметром 2 м.

2. Рассчитывают количество устанавливаемых аппаратов по формуле

$$n = \frac{4V_{скр}}{\pi D^2 w_{рек}}, \quad (3.17)$$

где D – диаметр выбранного типа теплоутилизатора, м; $w_{рек}$ – рекомендуемая скорость газов в свободном сечении скруббера, м/с, $w_{рек} = 1-3$ м/с.

Полученное значение округляют до целого числа. Дальнейший расчет проводят для одного аппарата.

3. Определяют действительную скорость газов в свободном сечении теплоутилизатора:

$$w_o = \frac{4V_{СКР}}{\pi D^2 n}. \quad (3.18)$$

4. По формуле (2.9) рассчитывают среднюю разность температур между теплоносителями.

5. Определяют плотность орошения u , м³/(м²·ч),

$$u = \frac{3600W_n w_o}{V_{скр} \rho_{ж} v}, \quad (3.19)$$

где $\rho_{ж}$ – плотность воды при $t_{ж} = (t'_{ж} + t''_{ж})/2$, кг/м³; v – свободный объём насадки (см. табл. 2.1).

6. По формуле (2.11) рассчитывают поверхностный коэффициент теплообмена K_F , Вт/(м²·К).

7. Определяют расчетную поверхность насадки F_n , м², [формула (2.14)].

8. По формуле (2.15) рассчитывают объём насадки V_n , м³.

9. Определяют полную высоту насадки H , м, по формуле (2.16) и удельное тепловое напряжение q_v , кВт/м³, по формуле (2.18).

По полученным данным строят графические зависимости поверхностного коэффициента теплообмена и полной высоты насадки КТУ от удельной поверхности насадки $K_F = f(f)$ и $H = f(f)$.

Гидравлический расчет

В гидравлическом расчете следует, используя формулы (2.19)–(2.25), произвести анализ влияния размеров насадки на потребляемую мощность, необходимую для продувки газа через КТУ и построить графическую зависимость $N = f(f)$.

Экономический расчет

Экономический расчет КТУ производится для всех видов насадки по формулам (2.26)–(2.36). По результатам расчетов строятся графики зависимости годового экономического эффекта и срока окупаемости от удельной поверхности насадки $\mathcal{E}_e = f(f)$ и $T_{ок} = f(f)$ и производится выбор наиболее экономически целесообразного варианта насадки.

В заключении курсового проекта приводятся основные результаты, полученные в результате расчетов. Делаются выводы.

В списке использованной литературы приводятся источники, использованные при выполнении

курсового проекта.

10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Пакет прикладных программ Microsoft Imagine Premium;
2. ОС Windows 7 Professional;
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level;
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security;
5. Adobe reader;
6. Система дистанционного обучения iLogos.

11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ

<i>Вид занятия</i>	<i>Наименование аудитории</i>	<i>Перечень основного оборудования</i>	<i>№ ПЗ</i>
1	2	3	4
Лк	Лаборатория теплоэнергетических систем	-	-
ПЗ	Лаборатория теплоэнергетических систем	-	№№1,2,3,4,5,6
КП	Лаборатория теплоэнергетических систем	-	-
СР	Читальный зал №3	Оборудование 15- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF); принтер HP LaserJet P3005	-

Приложение 1

ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	1. Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)	1.1. Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ	Экзаменационный билет
			1.2. Основные положения энергетической стратегии	Экзаменационный билет
			1.3. Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения	Экзаменационный билет
			1.4. Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов. Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения	Экзаменационный билет
			1.5. Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное	Экзаменационный билет
ПК-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве		1.6. Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения	Экзаменационный билет
			1.7. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения	Экзаменационный билет
			1.8. Основные способы технологического энергосбережения в промышленности, системах теплоснабжения: энергосбережение в промышленности	Экзаменационный билет
			1.9. Совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов	Экзаменационный билет
			2. Вторичные энергетические ресурсы	2.1. Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация
		2.2. Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов		Экзаменационный билет
		2.3. Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования,		Экзаменационный билет

			предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов	
			2.4. Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности	Экзаменационный билет
			2.5. Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок	Экзаменационный билет
		3. Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР	3.1. Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования	Экзаменационный билет
			3.2. Методы использования тепловых отходов	Экзаменационный билет
		4. Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ	4.1. Котлы-утилизаторы	Экзаменационный билет
			4.2. Охладитель конвертерных газов	Экзаменационный билет
			4.3. Энерготехнологические агрегаты.	Экзаменационный билет
			4.4. Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты	Экзаменационный билет
			4.5. Регенеративные подогреватели (регенераторы)	Экзаменационный билет
			4.6. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры)	Экзаменационный билет
			4.7. Смесительные теплообменные аппараты	Экзаменационный билет
			4.8. Контактные теплообменники с активной насадкой	Экзаменационный билет
			4.9. Системы испарительного охлаждения	Экзаменационный билет
			4.10. Установки сухого тушения кокса	Экзаменационный билет
			4.11. Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях	Экзаменационный билет
			4.12. Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях	Экзаменационный билет
			4.13. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора	Экзаменационный билет
			4.14. Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях	Экзаменационный билет
			4.15. Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях	Экзаменационный билет
			4.16. Применение теплопоглощающего и	Экзаменационный билет

			теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях	
			4.17. Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях	Экзаменационный билет
			4.18. Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений	Экзаменационный билет
			4.19. Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений	Экзаменационный билет
			4.20. Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.	Экзаменационный билет
			4.21. Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения	Экзаменационный билет
			4.22. Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения	Экзаменационный билет
			4.23. Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований	Экзаменационный билет
			4.24. Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий	Экзаменационный билет
			4.25. Учет энергетических ресурсов	Экзаменационный билет

2. Экзаменационные вопросы

№ п/п	Компетенции		ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ	№ и наименование раздела
	Код	Определение		
1	2	3	4	5
1.	ОПК-1	Способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий	<p>1. Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ.</p> <p>2. Понятие энергосбережения. Основные положения энергетической стратегии.</p> <p>3. Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения.</p> <p>4. Производство и потребление первичных топливно-энергетических ресурсов. Динамика расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения.</p> <p>5. Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное.</p> <p>6. Энергоемкость валового внутреннего продукта. Потенциал энергосбережения.</p> <p>7. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения.</p> <p>8. Технологическое энергосбережение: энергосбережение в промышленности.</p>	1. Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)

			9. Технологическое энергосбережение: энергосбережение в системах теплоснабжения.	
			10. Технологическое энергосбережение: совершенствование структуры энергосбережения и приоритетное использование первичных энергоресурсов.	
2.	ПК-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	11. Понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация.	2. Вторичные энергетические ресурсы
			12. Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов.	
			13. Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов.	
			14. Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Использование тепловых вторичных энергетических ресурсов. Характеристика тепловых вторичных энергетических ресурсов промышленности.	
			15. Характеристика отходящих газов теплотехнологических установок.	
			16. Энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования.	
			17. Методы использования тепловых отходов: внутреннее теплоиспользование.	3. Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР
			18. Методы использования тепловых отходов: внешнее теплоиспользование.	
			19. Методы использования тепловых отходов: комбинированное теплоиспользование.	
			20. Назначение котлов-утилизаторов. Тепловая схема парогазовой установки с котлом-утилизатором.	
			21. Классификация котлов-утилизаторов.	4. Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ
			22. Газотрубные котлы-утилизаторы. Общее обозначение котлов-утилизаторов.	
			23. Водотрубные котлы-утилизаторы. Общее обозначение котлов-утилизаторов.	
			24. Туннельный котел-утилизатор. Общее обозначение для котлов-утилизаторов.	
			25. Охладитель конвертерных газов.	
			26. Энерготехнологические агрегаты. Принципиальная схема энерготехнологического использования (для плавильного процесса). Область применения.	
			27. Энерготехнологические агрегаты. Основные формулы теплоиспользования. Область применения.	
			28. Энерготехнологические содорегенерационные агрегаты.	
			29. Общая классификация теплообменных аппаратов.	
			30. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с неподвижной насадкой.	
			31. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с передвижной насыпной насадкой.	
			32. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с вращающейся подвижной насадкой.	
			33. Регенеративные подогреватели исходных	

			технологических материалов.	
			34. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Металлические и керамические рекуператоры.	
			35. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Пластинчатые рекуператоры. Пример использования.	
			36. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Кожухотрубные одноходовой и четырёхходовой теплообменные аппараты.	
			37. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Каталитические реакторы.	
			38. Сравнительная характеристика регенеративных и рекуперативных теплообменных аппаратов.	
			39. Смесительные теплообменные аппараты.	
			40. Контактные теплообменники с активной насадкой.	
			41. Системы испарительного охлаждения.	
			42. Установки сухого тушения кокса.	
			43. Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях.	
			44. Устройство вентилируемых наружных стен в зданиях и сооружениях.	
			45. Тепловая защита наружной стены в месте установки отопительного прибора.	
			46. Устройство вентилируемых окон в зданиях и сооружениях.	
			47. Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях.	
			48. Применение теплопоглощающего и теплоотражающего остекления в зданиях и сооружениях.	
			49. Устройство застекленных лоджий в зданиях и сооружениях.	
			50. Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений.	
			51. Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений.	
			52. Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.	
			53. Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения.	
			54. Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения.	
			55. Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований.	
			56. Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий.	
			57. Учет энергетических ресурсов.	

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
------------	--------	----------

<p>Знать (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные способы поиска и обработки информации о теплотехнологиях; – основные методы обработки и анализа информации об энергосберегающих мероприятиях; <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы экологической безопасности на производстве; – основные принципы планирования экозащитных мероприятий; – основные принципы в области энерго- и ресурсосбережения; <p>Уметь (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – работать применять анализируемые данные к энергосберегающим технологиям; <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – производить оценку энергосберегающих мероприятий в разрезе вопроса ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; – планировать экозащитные мероприятия; – планировать энерго- и ресурсосберегающие мероприятия на производстве; <p>Владеть (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками хранения и использования полученных данных для повышения эффективности энергосберегающих технологий. <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками внедрения энерго- и ресурсосберегающих технологий на производстве. 	отлично	<p>Оценка «отлично» выставляется в случае, если обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал и демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - всестороннее знание программного материала в области энергосбережения; - умение правильного применения расчетных методик по определению тепловых, конструкционных, гидравлических и экономических характеристик теплоутилизирующих установок; - владеет всеми навыками, полученными в ходе изучения программного материала.
	хорошо	<p>Оценка «хорошо» выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует:</p> <ul style="list-style-type: none"> - недостаточно полное знание программного материала в области энергосбережения; - применение с несущественными ошибками основных расчетных методик по определению тепловых, конструкционных, гидравлических и экономических характеристик теплоутилизирующих установок; - владеет большей частью навыков, полученными в ходе изучения программного материала.
	удовлетворительно	<p>Оценка «удовлетворительно» выставляется в случае, если обучающийся демонстрирует частичное знание программного материала в области энергосбережения; неоднократно допускал ошибки в ответе</p>
	неудовлетворительно	<p>Оценка «неудовлетворительно» выставляется в случае, если уровень владения программным материалом в области энергосбережения не отвечает требованиям; все вышеуказанные разделы не усвоены.</p>

4. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и опыта деятельности

Дисциплина Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии направлена на приобретение знания вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и способов их утилизации: знакомство с конструкциями утилизационных установок ВЭР и основных энерготехнологических агрегатов; умения осуществлять расчет показателей утилизационных установок ВЭР; выбирать схемы энергоснабжения, обеспечивающие максимальную экономию энергоресурсов; рассчитывать экономическую эффективность энергосберегающих мероприятий.

Изучение дисциплины Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии предусматривает:

- лекции,
- практические занятия,
- курсовой проект,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения раздела 1 «Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения)» обучающиеся должны уяснить:

- в чем заключается сущность энергосберегающей политики, а также факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ;
- основные положения энергетической стратегии;
- какие существуют виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения;
- характер динамики расчетной потребности топливно-энергетических ресурсов с учетом энергосбережения;
- какие существуют основные направления энергосбережения;
- что из себя представляет энергоёмкость валового внутреннего продукта, потенциал энергосбережения;
- нормативно-правовую и нормативно-техническую базу энергосбережения;

В ходе освоения раздела 2 «Вторичные энергетические ресурсы» студенты должны уяснить:

- понятие вторичных энергетических ресурсов и их классификация;
- как происходит определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов;
- какое существует основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов;
- требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов;
- характеристику отходящих газов теплотехнологических установок.

В ходе освоения раздела 3 «Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР» студенты должны уяснить:

- энергетические и эксэргетические характеристики энергоиспользования;
- какие существуют методы использования тепловых отходов.

В ходе освоения раздела 4 «Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ» студенты должны уяснить:

- принципы действия, области применения, характеристики, достоинства и недостатки основного теплоэнергетического оборудования для использования вторичных энергетических ресурсов;
- способы сокращения тепловых и электрических потерь на объектах жилого комплекса;
- способы учета энергии, а также основы энергетического аудита и составления энергетического паспорта здания/предприятия.

Необходимо овладеть навыками и умениями по оценке потенциала энергосбережения на объекте деятельности; научиться планировать мероприятия по энергосбережению и оценивать их экологическую и экономическую эффективность; научиться проводить энергоаудит объекта; составлять энергетический паспорт объекта; проблематикой энергосбережения, методиками оценки потенциала энергосбережения на предприятиях энергетики, промышленности и ЖКХ, методами оценки экологических преимуществ и эффективности внедрения типовых мероприятий и энергосберегающих технологий.

В процессе изучения дисциплины рекомендуется на первом этапе обратить внимание на основные способы энергосбережения на объектах теплоэнергетики.

При подготовке к экзамену рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам:

1. Понятие энергосбережения. Сущность энергосберегающей политики. Факторы, обуславливающие кризис в энергетике РФ.
2. Виды топливно-энергетических ресурсов, их классификация и единицы измерения.
3. Основные направления энергосбережения: технологическое и организационное.
4. Нормативно-правовая и нормативно-техническая база энергосбережения.
5. Определение выхода и использования вторичных энергетических ресурсов.
6. Основное оборудование для использования вторичных энергетических ресурсов. Требования, предъявляемые к системам использования вторичных энергетических ресурсов.
7. Методы использования тепловых отходов;
8. Назначение котлов-утилизаторов. Тепловая схема парогазовой установки с котлом-утилизатором.
9. Охладитель конвертерных газов
10. Энерготехнологические агрегаты. Принципиальная схема энерготехнологического использования.
11. Энерготехнологические сорорегенерационные агрегаты.
12. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с неподвижной насадкой.
13. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с передвижной насыпной насадкой.
14. Регенеративные подогреватели (регенераторы). Регенератор с вращающейся подвижной насадкой.
15. Регенеративные подогреватели исходных технологических материалов.
16. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Металлические и керамические рекуператоры.
17. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Пластинчатые рекуператоры. Пример использования.
18. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Кожухотрубные одноходовой и четырёхходовой теплообменные аппараты.
19. Рекуперативные подогреватели (рекуператоры). Каталитические реакторы.
20. Смесительные теплообменные аппараты.
21. Контактные теплообменники с активной насадкой.
22. Системы испарительного охлаждения.
23. Установки сухого тушения кокса.
24. Дополнительное утепление стен в зданиях и сооружениях.
25. Установка дополнительного остекления в зданиях и сооружениях.
26. Энергосбережение в системах отопления зданий и сооружений.
27. Энергосбережение в системах горячего водоснабжения зданий и сооружений.
28. Энергосбережение в системах вентиляции зданий и сооружений.
29. Способы рационального использования электроэнергии в системах электроснабжения.
30. Способы рационального использования электроэнергии в системах освещения.
31. Основы энергетического аудита: определение и классификация энергетических обследований.
32. Основы энергетического аудита: энергетический паспорт зданий.
33. Учет энергетических ресурсов.

В процессе выполнения практических работ происходит закрепление знаний в освоении методик по расчету характеристик контактного теплоутилизатора, методики по расчету выхода вторичных энергетических ресурсов, а также методики составления энергетического баланса предприятия.

В процессе выполнения курсового проекта закрепляются знания, полученные на практических занятиях в области расчета тепловых, конструкционных, гидравлических и экономических характеристик.

Самостоятельную работу необходимо начинать с изучения теоретического материала.

В процессе консультации с преподавателем необходимо выяснить все непонятные моменты.

Работа с литературой является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературы.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий в интерактивной форме (в виде проблемных лекций, тренингов в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ **рабочей программы дисциплины**

Энергосбережение в теплоэнергетике и теплотехнологии

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: подготовка бакалавров к проведению работ по рациональному использованию энергетических ресурсов на объектах своей профессиональной деятельности.

Задачей изучения дисциплины является: приобретение знания характеристик вторичных энергетических ресурсов (ВЭР) и способов их утилизации: знакомство с конструкциями утилизационных установок ВЭР и основных энерготехнологических агрегатов; умения осуществлять расчет показателей утилизационных установок ВЭР; выбирать схемы энергоснабжения, обеспечивающие максимальную экономию энергоресурсов; рассчитывать экономическую эффективность энергосберегающих мероприятий.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 34 час., ПЗ – 17 час., СР – 129 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 216 часов, 6 зачетных единиц.

2.2 Основные разделы дисциплины:

1. Правовые, технические, экономические, экологические основы энергосбережения (ресурсосбережения);
2. Вторичные энергетические ресурсы;
3. Методы энерго- и теплоиспользования тепловых ВЭР;
4. Типовые энергосберегающие мероприятия в энергетике, промышленности и объектах ЖКХ.

3. Планируемые результаты обучения (перечень компетенций)

Процесс изучения дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

ОПК-1 – способность осуществлять поиск, хранение, обработку и анализ информации из различных источников и баз данных, представлять ее в требуемом формате с использованием информационных, компьютерных и сетевых технологий;

ПК-9 – способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве.

4. Вид промежуточной аттестации: экзамен, КП

*Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе
на 20__-20__ учебный год*

1. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие дополнения:

2. В рабочую программу по дисциплине вносятся следующие изменения:

Протокол заседания кафедры № _____ от «___» _____ 20__ г.,
(разработчик)

Заведующий кафедрой _____
(подпись)

(Ф.И.О.)

Программа составлена в соответствии с федеральным государственным образовательным стандартом высшего образования по направлению подготовки 13.13.01 Теплоэнергетика и теплотехника от «01» октября 2015г. № 1081.

для набора 2014 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для заочной формы обучения от «03» июля 2018 г. № 413

для набора 2015 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771 , заочной формы обучения от «04» декабря 2015 г. №771

для набора 2016 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 , заочной формы обучения от «06» июня 2016 г. №429 для заочной формы (ускоренного обучения) от «06» июня 2016 г. № 429

для набора 2017 года: и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 , заочной формы обучения от «06» марта 2017 г. №125 для заочной формы (ускоренного обучения) от «04» апреля 2017 г. №203

для набора 2018 года и учебным планом ФГБОУ ВО «БрГУ» для очной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130 , заочной формы обучения от «12» марта 2018 г. №130

Программу составил:

П.С. Панкратьев, доцент, к.т.н. _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ

от «13» декабря 2018 г., протокол №4

Заведующий кафедрой ПТЭ _____ А.А. Федяев

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____ А.А. Федяев

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией ЭиА факультета

от «28» декабря 2018 г., протокол №5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____ А.Д. Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____

(методический отдел)