

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

« _____ » _____ 201__ г.

**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ
ГАЗООЧИСТКА И ГАЗОЗОЛОУДАЛЕНИЕ**

Б1.В.ДВ.04.02

НАПРАВЛЕНИЕ ПОДГОТОВКИ

13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

ПРОФИЛЬ ПОДГОТОВКИ

Промышленная теплоэнергетика

Программа академического бакалавриата

Квалификация (степень) выпускника: бакалавр

СОДЕРЖАНИЕ ПРОГРАММЫ		Стр.
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		4
3.1 Распределение объёма дисциплины по формам обучения.....		4
3.2 Распределение объёма дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости		5
4. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ		5
4.1 Распределение разделов дисциплины по видам учебных занятий		5
4.2 Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам		7
4.3 Лабораторные работы.....		8
4.4 Практические занятия.....		8
4.5 Контрольные мероприятия: контрольная работа.....		8
5. МАТРИЦА СООТНЕСЕНИЯ РАЗДЕЛОВ УЧЕБНОЙ ДИСЦИПЛИНЫ К ФОРМИРУЕМЫМ В НИХ КОМПЕТЕНЦИЯМ И ОЦЕНКЕ РЕЗУЛЬТАТОВ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		10
6. ПЕРЕЧЕНЬ УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОГО ОБЕСПЕЧЕНИЯ ДЛЯ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ.....		11
7. ПЕРЕЧЕНЬ ОСНОВНОЙ И ДОПОЛНИТЕЛЬНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ.....		11
8. ПЕРЕЧЕНЬ РЕСУРСОВ ИНФОРМАЦИОННО – ТЕЛЕКОММУНИКАЦИОННОЙ СЕТИ «ИНТЕРНЕТ» НЕОБХОДИМЫХ ДЛЯ ОСВОЕНИЯ ДИСЦИПЛИНЫ		12
9. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ.....		12
9.1. Методические указания для обучающихся по выполнению лабораторных работ/практических работ.....		12
9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы		32
10. ПЕРЕЧЕНЬ ИНФОРМАЦИОННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ, ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ПРИ ОСУЩЕСТВЛЕНИИ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		32
11. ОПИСАНИЕ МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЙ БАЗЫ, НЕОБХОДИМОЙ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА ПО ДИСЦИПЛИНЕ		32
Приложение 1. Фонд оценочных средств для проведения промежуточной аттестации обучающихся по дисциплине.....		34
Приложение 2. Аннотация рабочей программы дисциплины		41
Приложение 3. Протокол о дополнениях и изменениях в рабочей программе		42

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

Вид деятельности выпускника

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

Цель дисциплины

Формирование у обучающихся знаний в области определения и снижения загрязнения окружающей среды с помощью новых методов и технологий современной газоочистки на предприятиях тепловых и электрических сетей, перспективных направлений и экологически приемлемых систем золошлакоудаления.

Задачи дисциплины

Приобретение знаний характеристик выбросов промпредприятий и их влияния на окружающую среду, методов очистки газообразных выбросов промышленных предприятий, умение осуществлять выбор и расчет очистных сооружений для улавливания тепловых и технологических выбросов, рассчитывать экономическую эффективность природоохранных мероприятий, а также практических навыков в проведении анализа газообразных выбросов, испытаниях и научных исследованиях очистных сооружений.

Код компетенции	Содержание компетенций	Перечень планируемых результатов обучения по дисциплине
1	2	3
ОПК-1	способностью 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	Знать: – особенности выбора газозолоулавливающих систем, методов подавления образования токсичных загрязнителей, способов очистки дымовых газов при работе теплоэнергетических объектов; Уметь: – проводить оценку экономического ущерба от загрязнения атмосферы и технико-экономическое обоснование природоохранных мероприятий; Владеть: – навыками расчетов вредных выбросов теплоэнергетических систем; – методами и приборами для анализа газового состава атмосферного воздуха.
ПК-9	способностью обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	Знать: – основные принципы экологической безопасности на производстве; – основные принципы планирования экозащитных мероприятий. Уметь: – производить оценку ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; – планировать экозащитные мероприятия; Владеть: – навыками практического применения средств измерения содержания вредных выбросов в атмосфере.

2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Газоочистка и газозолоудаление относится к элективной части.

Дисциплина Газоочистка и газозолоудаление базируется на знаниях, полученных при изучении Б1.Б.07 Физика (общая), Б1.Б.09 Химия (общая), Б1.Б.15 Техническая термодинамика, Б1.Б.16 Тепломассообмен, Б1.Б.21 Гидрогазодинамика.

Основываясь на изучении перечисленных дисциплин, Газоочистка и газозолоудаление представляет основу для Б2.В.04(П) Преддипломной практики и подготовки к Б3.Б.01 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

- для набора 2015 г., 2016 г.

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Контрольная работа	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	180	51	17	17	17	102	кр	Экзамен
Заочная	2	-	180	18	8	10	-	153	кр	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	1	-	180	16	8	8	-	155	кр	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

- для набора 2017 г.

Форма обучения	Курс	Семестр	Трудоёмкость дисциплины в часах						Контрольная работа	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	180	51	17	17	17	102	кр	Экзамен
Заочная	2	-	180	18	8	10	-	153	кр	Экзамен
Заочная (ускоренное обучение)	1	-	180	18	8	10	-	153	кр	Экзамен
Очно-заочная	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

3.2. Распределение объема дисциплины по видам учебных занятий и трудоемкости

Вид учебных занятий	Трудо- емкость (час.)	в т.ч. в ин- терактив- ной, актив- ной, иннова- ционной формах, (час.)	Распреде- ние по семест- рам, час
			5
1	2	3	4
I. Контактная работа обучающихся с преподавателем (всего)	51	12	51
Лекции (Лк)	17	4	17
Практические занятия (ПЗ)	17	-	17
Лабораторные занятия (ЛБ)	17	8	17
Контрольная работа	+	-	+
Групповые (индивидуальные) консультации	+	-	+
II. Самостоятельная работа обучающихся (СР)	102	-	102
Подготовка к практическим занятиям	25	-	25
Подготовка к лабораторным работам	25	-	25
Выполнение контрольной работы	25	-	25
Подготовка к экзамену в течение семестра	27	-	27
III. Промежуточная аттестация экзамен	27	-	27
Общая трудоемкость дисциплины час. зач. ед.	180	-	180
	5	-	5

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	Трудо- ем- кость, (час.)	Виды учебных занятий, включая самостоятельную работу обучаю- щихся и трудоемкость; (час.)			
			учебные занятия			самосто- ятельная работа обучаю- щихся
			лек- ции	лабо- ра- тор- ные рабо- ты	прак- ти- ческие заня- тия	
1	2	3	4	5	6	7
1.	Методические основы подхода к проблеме взаимодействия тепло-энергетических систем и окружающей среды	30,6	2	6,5	-	20
2.	Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	30,6	4	3,5	7	21
3.	Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	30,6	5	7	7	21
4.	Золошлакоудаление энергопредприятий	30,6	3	-	-	20

1	2	3	4	5	6	7
5.	Экономические аспекты природоохранных мероприятий	30,6	3	-	3	20
	ИТОГО	153	17	17	17	102

- 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	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
1.	Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	34	1	4	30
2.	Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	34	2	2	31
1	2	3	4	5	6
3.	Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	34	2	4	31
4.	Золосшлакоудаление энергопредприятий	34	2	-	31
5.	Экономические аспекты природоохранных мероприятий	35	1	-	30
	ИТОГО	171	8	10	153

для заочной формы обучения (ускоренное обучение):

№ 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	лабораторные работы	
1	2	3	4	5	6
1.	Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	34	1	4	31
2.	Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	34	2	2	31
3.	Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	34	2	4	31
4.	Золосшлакоудаление энергопредприятий	34	2	-	31
5.	Экономические аспекты природоохранных мероприятий	35	1	-	31
	ИТОГО	171	8	8	155

4.2. Содержание дисциплины, структурированное по разделам и темам

№	Наименование	Вид
---	--------------	-----

<i>раздела и темы</i>	<i>раздела и темы дисциплины</i>	<i>Содержание лекционных занятий</i>	<i>занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4
1.	Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	Влияние технического прогресса на взаимодействие человека и природы. Применение системного анализа к проблеме взаимодействия энергетических систем и окружающей среды. Структурная схема большой системы "Энергетика и окружающая среда". Структура управления экологической политикой России. Международные соглашения по охране окружающей среды.	-
2.	Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	Виды вредных воздействий энергетических систем на природу. Естественные (фоновые) и антропогенные источники загрязнений. Условия образования и свойства загрязнителей. Воздействие вредных газопылевых выбросов на человека, животных, растения, здания. Тепловое загрязнение окружающей среды. Вторичные загрязнения атмосферы. Санитарные нормы качества воздуха. ПДК и ПДВ вредных веществ в атмосфере. Методика расчета рассеивания в атмосфере выбросов ТЭС и котельных. Выбор высоты дымовых труб. Основные конструкции дымовых труб.	Лекция с текущим контролем (2 часа)
3.	Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	Классификация методов снижения загрязняющих выбросов в атмосферу. Снижение выбросов твердых частиц с продуктами сгорания. Физико-химические свойства летучей золы. Основные показатели работы золоуловителей. Принцип действия и конструкции различных видов золоуловителей. Методы повышения эффективности очистки дымовых газов. Снижение выбросов соединений серы: переработка сернистых топлив перед сжиганием. Сухие и мокрые методы сероочистки дымовых газов. Сравнение и выбор метода сероочистки. Очистка горючих газов от сероводорода. Механизмы образования окислов азота при сжигании органических топлив. Технологические и конструктивные методы снижения выбросов окислов азота. Методы очистки дымовых газов от окислов азота.	Лекция с текущим контролем (2 часа)
4.	Золошлакоудаление энергопредприятий	Виды систем золоудаления ТЭС. Влияние золошлакохранилищ (ЗШХ) на окружающую среду. Экологически приемлемые системы золошлакоудаления ТЭС. Радиоактивность золы. Основные направления рекультивации ЗШХ ТЭС. Оценка технико-экономической эффективности систем ЗШУ. Переработка золошлаков ТЭС.	-
1	2	3	4
5.	Экономические аспек-	Система контроля вредных выбросов и организация	-

	ты природоохранных мероприятий	службы охраны природы, окружающей среды. Государственные органы по охране водных ресурсов и атмосферы. Оценки ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды. Технико-экономическое обоснование природоохранных мероприятий.	
--	---------------------------------------	---	--

4.3. Лабораторные работы

<i>№ п/п</i>	<i>Номер раздела дисциплины</i>	<i>Наименование лабораторной работы</i>	<i>Объем (час.)</i>	<i>Вид занятия в интерактивной, активной, инновационной формах, (час.)</i>
1	2	3	4	5
1	1.	Методы и приборы для анализа газового состава атмосферного воздуха	3	-
2	1.	Измерение концентрации компонента в атмосфере с помощью лабораторных газоанализаторов	3,5	Работа в малых группах (2 часа)
3	2.	Исследование рассеивания в атмосфере вредных выбросов котельных и ТЭС	3,5	Работа в малых группах (2 часа)
4	3.	Исследование эффективности очистки батарейного циклона	3,5	Работа в малых группах (2 часа)
5	3.	Испытания золоулавливающих установок котельных и ТЭС	3,5	Работа в малых группах (2 часа)
ИТОГО			17	8

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 выбросов котельных и ТЭС в атмосферу	5	-
2	2.	Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере	4	-
3	3.	Расчет высоты дымовой трубы. Расчет ПДВ котельных и ТЭС	4	-
4	5.	Оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы	4	-
ИТОГО			17	-

4.5. Контрольные мероприятия: контрольная работа

Цель: закрепление теоретических и практических знаний по дисциплине «Газоочистка и газозолоудаление».

Структура: Каждое индивидуальное задание предполагает выполнение обучающимся:

6. Расчета выбросов загрязнителей в атмосферу;

- 6. Расчета дымовой трубы;
- 6. Расчета ПДВ загрязнителей;
- 6. Оценку экономического ущерба от выбросов загрязнителей в атмосферу.

Основная тематика: Контрольная работа представляет собой задание по разделам дисциплины «Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду», «Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных», «Экономические аспекты природоохранных мероприятий».

Рекомендуемый объем: Контрольная работа выполняется на листах форматом А4, объем 20-25 страниц.

Выдача задания и прием контрольной работы проводится в соответствии с календарным учебным графиком.

Оценка	Критерии оценки контрольной работы
зачтено	Контрольная работа сдана в срок. В контрольной работе все задания выполнены правильно и в полном объеме. Решения задач содержат пояснения к расчетам. Вычисления приведены в развернутом виде, аргументированы, содержат графики.
не зачтено	Контрольная работа не сдана в установленный срок и 50% заданий не выполнено.

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

№, наименование разделов дисциплины	Компетенции	Компетенции		Σ комп.	t_{cp} , час	Вид учебных занятий	Оценка результатов
		ОПК	ПК				
		1	9				
1	2	3	4	5	6	7	8
1. Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	30,6	+	+	2	15,3	ЛК, ЛБ,СР	кр, экзамен
2. Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	30,6	+	+	2	15,3	ЛК, ПЗ, ЛБ, СР	кр, экзамен
3. Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	30,6	+	+	2	15,3	ЛК, ПЗ, ЛБ,СР	кр, экзамен
4. Золошлакоудаление энергопредприятий	30,6	+	+	2	15,3	ЛК, СР	кр, экзамен
5. Экономические аспекты природоохранных мероприятий	30,6	+	+	2	15,3	ЛК, ПЗ, СР	кр, экзамен
всего часов	153	76,5	76,5	2	76,5		

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

1. Семенов, С. А. Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов: лабораторный практикум / С. А. Семенов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск: БрГУ, 2009. - 105 с.

2. Семенов, С. А. Расчет и контроль загрязнения атмосферы при работе котельных и ТЭС [Electronic resource]: учебное пособие / С. А. Семенов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2009. - 156 с.

3. Повышение экологической безопасности ТЭС: учебное пособие для вузов / А. И. Абрамов [и др.]; Под ред. А. С. Седлова. - Москва : МЭИ, 2002. - 376 с.

4. Техника и технология защиты воздушной среды : учеб. пособие для вузов / В. В. Юшин, В. М. Попов, П. П. Кукин и др. - 2-е изд., доп. - Москва : Высшая школа, 2008. - 399 с.

5. Шмиголь, И. Н. Сероочистка дымовых газов тепловых электростанций : учебно-методическое пособие / И.Н.Шмиголь, Ю.П.Ольшанский. - Москва: ИПКгосслужбы, 2006. - 96 с.

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.	Ветошкин, А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды : учебное пособие / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 456 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9729-0124-1 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444182	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
2.	Ветошкин, А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов : учебное пособие : В 2-х частях / А.Г. Ветошкин. - 2-е изд. испр. и доп. - Москва-Вологда : Инфра-Инженерия, 2016. - 416 с. : ил., табл., схем. - Библиогр. в кн.. - ISBN 978-5-9729-0127-2 ; То же [Электронный ресурс]. - URL: http://biblioclub.ru/index.php?page=book&id=444180	Лк, ЛР, ПЗ	1(ЭУ)	1
3.	Ветошкин, А. Г. Теоретические основы защиты окружающей среды : учеб. пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. - Москва : Высшая школа, 2008. - 397 с. - (Охрана окружающей среды).	Лк, ЛР, ПЗ	100	1
4.	Акинин, Н. И. Промышленная экология: принципы, подходы, технические решения : учебное пособие / Н. И. Акинин. - 2-е изд., испр. и доп. - Долгопрудный : Интеллект, 2011. - 312 с.	Лк, ЛР, ПЗ	75	1
5.	Семенов, С. А. Расчет и контроль загрязнения атмосферы при работе котельных и ТЭС: учебное пособие / С. А. Семенов. - 3-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГТУ, 2009. - 156 с.	Лк, ЛР, ПЗ	160	1
Дополнительная литература				
6.	Швыдкий, В. С. Теоретические основы очистки газов: учебник для вузов / В. С. Швыдкий, М. Г. Ладыгичев, Д.	Лк, ЛР, ПЗ	15	0,5

	В. Швыдкий. - москва : москвашиностроение-1, 2001. - 502 с.			
7.	Семенов, С. А. Охрана окружающей среды при работе теплоэнергетических объектов : лабораторный практикум / С. А. Семенов. - 2-е изд., перераб. и доп. - Братск : БрГУ, 2009. - 105 с.	Лк, ЛР, ПЗ	159	1
8.	Голик, В. И. Охрана окружающей среды : учеб. пособие для вузов / В. И. Голик, В. И. Комащенко, К. Дребенштедт. - Москва : Высшая школа, 2007. - 270 с.	Лк, ЛР, ПЗ	10	0,5
9.	Экология энергетики : учебное пособие для вузов / Под ред. В. Я. Путилова. - Москва : МЭИ, 2003. - 716 с.	Лк, ЛР, ПЗ	52	1
10.	Жабо, В. В. Охрана окружающей среды на ТЭС и АЭС: учебник / В. В. Жабо. - Москва: Энергоатомиздат, 1992. - 240 с.: ил.	Лк, ЛР, ПЗ	19	0,5
11.	Техника и технология защиты воздушной среды: учебное пособие для вузов / В. В. Юшин, В. М. Попов, П. П. Кукин и др. - Москва : Высшая школа, 2005. - 399 с.	Лк, ЛР, ПЗ	11	0,5

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 лабораторных работ/практических работ

Лабораторная работа №1 Методы и приборы для анализа газового состава атмосферного воздуха

Цель работы:

Знакомство с основными методами и приборами для определения концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе и уходящих газах котельных и ТЭС.

Задание:

Ознакомиться с основными методами и приборами для определения концентрации вредных примесей в атмосферном воздухе и уходящих газах котельных и ТЭС.

Порядок выполнения:

В данной работе студенты, пользуясь учебно-методической и справочной литературой, знакомятся с основными методами анализа состава дымовых газов и воздуха, принципами действия применяемых газоанализаторов, а также конструкциями лабораторных газоанализаторов.

После усвоения теоретического материала каждым студентом индивидуально оформляется отчет.

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. краткое описание основных методов контроля выбросов котельных и ТЭС;
4. требования, предъявляемые к инструментальным измерениям; формы учета выбросов;
5. систему контроля за состоянием окружающей среды;
6. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.

2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.

3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. По каким признакам классифицируют методы контроля?
2. С какой целью проводят производственный и технологический контроль на котельных и ТЭС?
3. Приведите список нормируемых загрязняющих веществ в выбросах котельных и ТЭС.
4. Каким образом проводят непрерывный, периодический и разовый виды контроля за выбросами на котельных и ТЭС?
5. Перечислите требования, предъявляемые к инструментальным измерениям.
6. Чем определяется погрешность инструментальных и расчетных методов контроля?
7. В каких местах проводится контроль качества воздуха населенных пунктов?
8. Каким образом производят пересчет объемной концентрации загрязняющего вещества в массовую?

Лабораторная работа №2 Измерение концентрации компонента в атмосфере с помощью лабораторных газоанализаторов

Лабораторное занятие проходит в интерактивной форме – работа в малых группах (2 часа).

Цель работы:

1) приобретение навыков работы с лабораторными газоанализаторами УГ-2, ГХП, Kane 400;

2) измерение концентрации вещества в анализируемой газовой смеси.

Задание:

1) приобрести навыков работы с лабораторными газоанализаторами УГ-2, ГХП, Kane 400;

2) измерить концентрации вещества в анализируемой газовой смеси.

Порядок выполнения:

В данной работе студенты знакомятся с конструкциями и порядком работы лабораторных газоанализаторов УГ-2, ГХП, Kane 400 и производят с их помощью замеры концентрации определенного компонента в атмосферном воздухе.

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. схемы лабораторных газоанализаторов и порядок работы с ними;
4. результаты измерения;
5. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Объясните принцип действия и особенности конструкции газоанализаторов ГХП, УГ-2, Kane 400.
2. Укажите достоинства и недостатки газоанализаторов ГХП, УГ-2, Kane 400.
3. Приведите порядок работы с лабораторными газоанализаторами.

Лабораторная работа №3 Исследование рассеивания в атмосфере вредных выбросов котельных и ТЭС.

Лабораторное занятие проходит в интерактивной форме – работа в малых группах (2 часа).

Цель работы:

Освоение методики расчета рассеивания загрязнителей в атмосфере и изучение влияния различных факторов на концентрацию вредных веществ в приземном слое.

Задание:

1. Освоить методики расчета рассеивания загрязнителей в атмосфере;
2. Изучить влияния различных факторов на концентрацию вредных веществ в приземном слое.

Порядок выполнения:

Конечной целью работы является построение изолиний концентраций загрязнителя по оси факела или в координатах X и Y.

Данная работа выполняется на ЭВМ.

Блок-схема алгоритма расчета приведена в прил. 3.

Выполнение работы начинается с задания имени файла, в который будут записаны результаты расчетов.

По заданию используются следующие исходные данные:

- вид загрязнителя;
- массовый расход загрязнителя;
- коэффициент F;
- ПДК загрязнителя, мг/м³;
- высота дымовой трубы h, м;

- диаметр устья дымовой трубы D_0 , м;
- коэффициент стратификации A ;
- объемный расход газов в устье дымовой трубы $VГ$, $\text{м}^3/\text{с}$;
- разность температур уходящих газов и атмосферы ΔT , $^\circ\text{C}$;
- коэффициент рельефа местности η .

В случае ошибки при вводе исходных данных необходимо повторить набор после ответа на соответствующий вопрос.

После подготовки исходных данных в программе предусмотрен расчет следующих величин:

- скорости газов в устье дымовой трубы w_0 , м/с;
- максимальной приземной концентрации загрязнителя C_m , $\text{мг}/\text{м}^3$ (формулы (4.1)–(4.7)) и доли C_m от ПДК;
- расстояние до точки с максимальной концентрацией X_m , м, (формулы (4.8), (4.9));
- критической скорости ветра U_m , м/с (формула (4.10)).

Далее работа может быть выполнена в двух вариантах.

В первом варианте производится расчет концентрации загрязнителя либо относительно расстояния X от дымовой трубы по оси факела, либо по задаваемым координатам X и Y (формулы (4.16), (4.18)–(4.20)). На печать выдается сетка концентраций загрязнителя по оси X или по X и Y , по которым строятся графические зависимости.

Во втором варианте программы решается обратная задача: для задаваемых значений концентрации C_i или отношений $C_i/\text{ПДК}_i$ определяются соответствующие координаты X_i и Y_i . С этой целью, исходя из полученного значения C_m (выводимого на экран), по заданию руководителя задается расчетная сетка концентраций загрязнителя: требуемое количество значений и сами концентрации в долях от ПДК, но не превышающих C_m .

Расчет координат X и Y , соответствующих каждому значению концентрации при критической скорости ветра U_m , производится из формул (4.15), (4.16), (4.18)–(4.20). Результаты расчетов выводятся в виде таблицы и записываются в файл.

Для изучения влияния различных факторов на рассеивание загрязнителя в атмосфере по заданию преподавателя производится изменение исходных данных. Для этого должен быть выбран соответствующий режим работы: 1) с изменением параметров источника загрязнителя и полным изменением исходных данных или 2) заданием скорости ветра, отличной от критической. В последнем случае расчет C_m , X_m и координат X и Y производится по формулам (4.11)–(4.14), (4.17)–(4.20).

После окончания расчетов необходимо распечатать файл с результатами. По полученным данным студенты должны построить графики рассеивания загрязнителя по оси факела или в координатах X и Y .

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. теоретическое введение (краткое);
4. основные расчетные формулы,
5. результаты вычислительного эксперимента (распечатки оформляются на отдельном листе),
6. обработка результатов (построение графиков и их анализ),
7. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по

методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Объясните механизм рассеивания загрязнителей в атмосфере.
2. В чем особенности методики расчета рассеивания?
3. От каких факторов зависит максимальная приземная концентрация загрязнителя?
4. Как влияют климатологические условия на рассеивание загрязнителей в атмосфере?
5. Как влияют размеры дымовой трубы и условия выхода дымовых газов на рассеивание вредных веществ?
6. Укажите основные пути улучшения рассеивания вредных веществ через дымовые трубы.

Лабораторная работа № 4 Исследование эффективности очистки батарейного циклона.

Лабораторное занятие проходит в интерактивной форме – работа в малых группах (2 часа).

Цель работы:

- 1) освоение методики выбора и расчета батарейного циклона;
- 2) получение зависимости степени очистки и гидравлического сопротивления золоуловителя от скорости газов.

Задание:

Определить гранулометрический состав твердого топлива.

Порядок выполнения:

Блок-схема алгоритма расчета батарейного циклона приведена на рис. 5.7.

В качестве исходных данных в ЭВМ вводятся:

- объемный расход дымовых газов при нормальных условиях Q , м³/с;
- массовый расход золы на входе в батарейный циклон M_z , г/с;
- температура газов на входе в золоуловитель t_z , °С;
- плотность газов при нормальных условиях ρ , кг/м³, или объемный состав газов (RO₂, N₂, O₂, H₂O);
- дисперсный состав золы в уносе (см. прил. 4).

Данная работа выполняется в два этапа. На первом этапе производится выбор типоразмера батарейного циклона и рассчитываются степень очистки, гидравлическое сопротивление и запыленность газа на выходе из золоуловителя. Расчеты ведутся по формулам (5.1)–(5.10).

На втором этапе работы исследуется влияние средней скорости газов в циклонных элементах золоуловителей БЦ и БЦУ-М на степень очистки и гидравлическое сопротивление. С этой целью производится варьирование скорости газов U_d от 3,5 до 5,5 м/с с шагом 0,5 м/с. Расчеты проводятся по формулам (5.5)–(5.9). Результаты всех расчетов выводятся в виде таблиц.

После окончания расчетов необходимо распечатать файл с результатами. По полученным данным производится построение графиков зависимости степени очистки и гидравлического сопротивления от средней скорости газов

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. теоретическое введение,
4. расчетные формулы;
5. результаты вычислительного эксперимента (распечатки оформляются на отдельном

- листе),
6. обработка результатов (построение графиков и их анализ)
 7. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Объясните принцип действия батарейного циклона.
2. В чем достоинства и недостатки батарейных циклонов?
3. Какие типы батарейных циклонов используются в энергетике?
4. От чего зависит степень очистки батарейного циклона?
5. Каким образом производится выбор батарейного циклона?
6. Как влияет скорость газов на эффективность очистки и гидравлическое сопротивление золоуловителя?

Лабораторная работа № 5 Испытания золоулавливающих установок котельных и ТЭС.

Лабораторное занятие проходит в интерактивной форме – работа в малых группах (2 часа).

Цель работы:

Освоение методики проведения испытаний золоулавливающих установок.

Задание:

Освоить методики проведения испытаний золоулавливающих установок.

Порядок выполнения:

Лабораторная работа выполняется в два этапа и рассчитана на 3,5 часа аудиторных занятий. На первом этапе студенты, пользуясь учебно-методической и справочной литературой, знакомятся с методикой испытаний золоулавливающих установок различных типов и с методами определения основных параметров дымовых газов.

После усвоения теоретического материала студенты на втором занятии знакомятся с конструкцией пылезаборной трубки и приобретают навыки работы с ней для определения массового расхода золы, содержащейся в дымовых газах.

Самостоятельно студенты производят обработку результатов испытаний золоуловителя.

Форма отчетности:

Отчет набирается на компьютере или в рукописном виде. В отчете должны присутствовать:

1. номер и название лабораторной работы;
2. цель работы;
3. методика испытаний золоулавливающей установки заданного типа,
4. краткое описание конструкции пылезаборной трубки и порядка работы с ней;
5. обработка результатов испытаний золоуловителя;
6. сводная таблица результатов испытаний согласно прил. 6.
7. вывод.

Задания для самостоятельной работы:

1. проработать рекомендуемые источники, основную и дополнительную литературу по изучаемому вопросу с целью углубления, систематизации и расширения полученных знаний.
2. ответить на контрольные вопросы для самопроверки.
3. составить отчет с указанием списка использованных источников.

Рекомендации по выполнению заданий и подготовке к лабораторной работе:

Подготовка к лабораторной работе начинается с проработки материала по методическим указаниям к проведению лабораторных работ и рекомендуемых источников.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Контрольные вопросы для самопроверки:

1. Приведите классификацию испытаний золоулавливающих установок.
2. Какие требования предъявляются к испытаниям золоуловителей?
3. Приведите программу и объем испытаний золоуловителей.
4. В чем заключается организация испытаний?
5. Какие требования предъявляются к мерным участкам и точкам измерений?
6. Какие основные параметры определяются при испытаниях золоуловителей?
7. Объясните схему установки пылезаборного зонда при испытаниях золоуловителей.
8. Какие приборы и приспособления применяются при испытаниях золоуловителей?
9. Укажите основные составляющие погрешности измерений при испытаниях золоулавливающих установок.

Практическое занятие №1 Расчет выбросов котельных и ТЭС в атмосферу

Цель работы: Закрепление знаний по расчету выбросов котельных и ТЭС в атмосферу.

Задание:

По заданному составу топлива и коэффициенту избытка воздуха определить выбросы от котельной.

Таблица 2.3

Величина	В а р и а н т									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
Месторождение *	Данные по последней цифре шифра									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Коэффициент избытка воздуха	Данные по предпоследней цифре шифра									
	1,2	1,25	1,15	1,23	1,21	1,17	1,3	1,35	1,27	1,37

Порядок выполнения

Расчет выбросов твердых частиц

Суммарное количество твердых частиц (летучей золы и несгоревшего топлива) $M_{тв}$, т/год (г/с), поступающих в атмосферу с дымовыми газами котлов, вычисляются по одной из двух формул:

$$M_{тв} = BA^p a_{ун} (1 - \eta_3) / (100 - \Gamma_{ун}),$$
$$M_{тв} = 0,01 \cdot B \left(a_{ун} A^p + q_4 \frac{Q_H^p}{32680} \right) (1 - \eta_3)$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, т/год (г/с); A^p – зольность топлива на рабочую массу, %; $a_{ун}$ – доля золы топлива в уносе; при отсутствии данных замеров используют нормативные значения, приведенные, например, в [12]; $\Gamma_{ун}$ – содержание горючих в уносе, %; q_4 – потери теплоты от механической неполноты сгора-

ния топлива, %, при отсутствии данных замеров используют нормативные значения; Q_i^{δ} – низшая теплота сгорания топлива, кДж/кг; 32680 – теплота сгорания углерода, кДж/кг; $\square z$ – степень улавливания твердых частиц в золоуловителе.

Количество летучей золы, входящее в суммарное количество уносимых в атмосферу твердых частиц, вычисляют по формуле

$$M_z = 0,01 B \text{ аун Ар } (1 - \eta_z).$$

Количество твердых частиц, образующихся в топке в результате механического недожога топлива и выбрасываемых в атмосферу в виде коксовых остатков при сжигании твердого топлива, определяют по формуле

$$M_k = M_{\text{ТВ}} - M_z.$$

Расчет выбросов оксидов серы

Количество оксидов серы (SO₂ и SO₃) в пересчете на SO₂ за любой промежуток времени M_{so_2} , т/год (г/с), определяют по формуле

$$M_{\text{so}_2} = 0,02 B S^p (1 - \eta'_{\text{so}_2}) \cdot (1 - \eta''_{\text{so}_2}) \cdot \left(1 - \eta_{\text{so}_2}^c \frac{n_{\text{оч}}}{n_k} \right),$$

где B – расход натурального топлива за рассматриваемый период, т/год (г/с); S^p – содержание серы в топливе, %; η'_{so_2} – доля оксидов серы, связываемых летучей золой в газоходах котла; η''_{so_2} – доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе вместе с твердыми частицами; $\eta_{\text{so}_2}^c$ – доля оксидов серы, улавливаемых в сероулавливающей установке; поч, пк – длительность работы сероулавливающей установки и котла соответственно, ч/год.

Расчет выбросов оксидов азота

В соответствии с действующими в настоящее время на котельных и ТЭС правилами [3, 4] определение выбросов оксидов азота расчетным путем возможно лишь в исключительных случаях, т.е. при отсутствии возможности измерить концентрацию NO_x в дымовых газах и при условии согласования с местным контролирующим органом.

В зависимости от мощности котлов для данных расчетов применяют соответствующие методики: для паровых котлов паропроизводительностью свыше 75 т/ч и водогрейных котлов теплопроизводительностью более 58 МВт (50 Гкал/ч); для котлов паропроизводительностью 30...75 т/ч и водогрейных котлов теплопроизводительностью 35...58 МВт (30...50 Гкал/ч) [3]; для маломощных котлов (до 30 т/ч или 20 Гкал/ч) [4].

1. Для котлов малой производительностью до 30 т/ч или 20 Гкал/ч).

Слоевое сжигание твердого топлива. Для котлов, оборудованных топками с неподвижной цепной решеткой и пневмомеханическим забрасывателем, и для шахтных топок с наклонной решеткой суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO₂, т/год (г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывают по формуле

$$M_{\text{NO}_x} = B_p Q_n^p K_{\text{NO}_2}^T \beta_p k_n,$$

где B_p – расчетный расход топлива, определяемый по формуле (2.10), т/год (кг/с); Q_n^a – низшая теплота сгорания топлива, МДж/кг;

$K_{\text{NO}_2}^{\delta}$ – удельный выброс оксидов азота при слоевом сжигании твердого топлива, г/МДж, рассчитываемый по формуле

$$K_{\text{NO}_2}^T = 0,35 \cdot 10^{-3} \alpha_T \left(1 + 5,46 \frac{100 - R_6}{100} \right) \sqrt[4]{Q_n^p q_T},$$

где α_{δ} – коэффициент избытка воздуха в топке, определяемый по формуле (2.8), в которой O₂ – концентрация кислорода в дымовых газах за котлом, %, при отсутствии информации об O₂ можно принимать $\alpha_{\delta} = 2,5$;

R_6 – характеристика гранулометрического состава угля – остаток на сите с размером ячеек 6 мм, %; принимается по сертификату на топливо;

q_T – тепловое напряжение зеркала горения, МВт/м², определяемое по формуле

$$q_{\text{а}} = Q_0 / F,$$

где $Q_{\text{т}} = B_0 Q_i^0$ – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт;

F – зеркало горения (определяется по паспортным данным котельной установки), м²; β_{δ} – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов, подаваемых в смеси с дутьевым воздухом под колосниковую решетку, на образование оксидов азота, равный

$$\beta_{\delta} = 1 - 0,075\sqrt{r},$$

где r – степень рециркуляции дымовых газов, %; $k_{\text{п}}$ – коэффициент пересчета; при определении выбросов в г/с $k_{\text{п}} = 1$; при определении выбросов в т/год $k_{\text{п}} = 10-3$.

Сжигание природного газа. Суммарное количество оксидов азота NO_x в пересчете на NO₂, т/год (г/с), выбрасываемых в атмосферу с дымовыми газами, рассчитывают по формуле

$$M_{\text{NO}_x} = B_{\text{р}} Q_{\text{н}}^{\text{р}} K_{\text{NO}_2}^{\text{р}} \beta_{\text{к}} \beta_{\text{т}} \beta_{\alpha} (1 - \beta_r)(1 - \beta_{\delta}) k_{\text{п}},$$

где $B_{\text{р}}$ – расчетный расход топлива, тыс. нм³/год (нм³/с), при работе котла в соответствии с режимной картой с достаточной степенью точности можно принять $B_{\text{р}} = B$, т.е. $B_{\text{р}}$ равен фактическому расходу топлива на котел;

$Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – низшая теплота сгорания топлива, МДж/нм³;

$K_{\text{NO}_2}^{\text{р}}$ – удельный выброс оксидов азота при сжигании газа, г/МДж:

- для паровых котлов

$$K_{\text{NO}_2}^{\text{р}} = 0,01\sqrt{D} + 0,03,$$

где D – фактическая паропроизводительность котла, т/ч;

- для водогрейных котлов

$$K_{\text{NO}_2}^{\text{р}} = 0,013\sqrt{Q_{\text{т}}} + 0,03,$$

где $Q_{\text{т}} = B_{\text{р}} Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ – фактическая тепловая мощность котла по введенному в топку теплу, МВт;

$\beta_{\text{к}}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий принципиальную конструкцию горелки: для всех дутьевых горелок напорного типа (т.е. при наличии дутьевого вентилятора на котле) $\beta_{\text{к}} = 1,0$; для горелок инжекционного типа $\beta_{\text{к}} = 1,6$; для горелок двухступенчатого сжигания (ГДС) $\beta_{\text{к}} = 0,7$;

$\beta_{\text{т}}$ – безразмерный коэффициент, учитывающий температуру воздуха, подаваемого для горения, равный

$$\beta_{\text{т}} = 1 + 0,002(t_{\text{г.в}} - 30)$$

где $t_{\text{г.в}}$ – температура горячего воздуха, оС;

β_{α} – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние избытка воздуха на образование оксидов азота:

- в общем случае значение $\beta_{\alpha} = 1,225$;

- при работе котла в соответствии с режимной картой $\beta_{\alpha} = 1$;

- для котлов с напорными (дутьевыми) горелками или горелками ГДС при наличии результатов испытаний котла с измерением O₂ и CO, с целью более точного учета влияния избытков воздуха, используют формулу

$$\beta_{\alpha} = \beta_{\alpha}^{\text{т}} = 1 - 0,1\left(O_2 - \frac{5}{Q}\right)^2 - 0,3\left(O_2 - \frac{5}{Q}\right),$$

где O₂ – концентрация кислорода в дымовых газах за котлом, %; \bar{Q} – относительная тепловая нагрузка котла, равная отношению $\bar{Q} = Q_{\text{ф}}/Q_{\text{н}}^{\text{р}}$ или $\bar{Q} = D_{\text{ф}}/D_{\text{н}}$, где $Q_{\text{ф}}$, $D_{\text{ф}}$, $Q_{\text{н}}$ и $D_{\text{н}}$ – соответственно фактические и номинальные тепловые нагрузки и паропроизводительность котла, МВт и т/ч;

- для котлов с инжекционными горелками влияние избытка воздуха учитывается коэффициентом β_α^δ :

$$\beta_\alpha = \beta_\alpha^\delta = 0,577\sqrt{S_\delta''},$$

где S_δ'' – разрежение в топке, Па (мм вод. ст.);

β_r – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рециркуляции дымовых газов через горелки на образование оксидов азота; при подаче газов рециркуляции в смеси с воздухом

$$\beta_r = 0,16\sqrt{r},$$

где r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

β_δ – безразмерный коэффициент, учитывающий ступенчатый ввод воздуха в топочную камеру, равный

$$\beta_\delta = 0,022\delta,$$

где δ – доля воздуха, подаваемого в промежуточную зону факела (в процентах от общего количества организованного воздуха);

k_p – коэффициент пересчета; при определении выбросов в г/с $k_p = 1$; при определении выбросов в т/год $k_p = 10-3$.

2. Для паровых котлов паропроизводительностью 30...75 т/ч и водогрейных котлов производительностью 30...50 Гкал/ч.

Количество оксидов азота в пересчете на диоксид азота M_{NO_x} , т/год (г/с), рассчитывают по эмпирической формуле

$$M_{NO_x} = BK_{NO_2} \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \beta_1 (1 - \varepsilon_1 r) \beta_2 \beta_3 \varepsilon_2 \left(1 - \eta_{аз} \frac{n_o}{n_k}\right) k_p,$$

где B – расход условного топлива за рассматриваемый период, т.усл. топл/год, т.усл. топл/ч;

K_{NO_2} – коэффициент, характеризующий выход оксидов азота, кг/т условного топлива;

q_4 – потери тепла от механической неполноты сгорания топлива, %;

β_1 – коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжигаемого топлива;

β_2 – коэффициент, учитывающий конструкцию горелок: для вихревых горелок $\beta_2 = 1$, для прямоточных $\beta_2 = 0,85$;

β_3 – коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления: при твердом шлакоудалении $\beta_3 = 1$; при жидком $\beta_3 = 1,6$, за исключением котлов с жидким шлакоудалением, работающих на канско-ачинских углях, для которых $\beta_3 = 1$, т.к. температура в ядре горения не превышает 1500 °С;

ε_1 – коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов на выход оксидов азота в зависимости от условий подачи их в топку;

ε_2 – коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче части воздуха помимо основных горелок (при двухступенчатом сжигании) при условии сохранения общего избытка воздуха за котлом, определяется по рис. 2.2;

r – степень рециркуляции дымовых газов, %;

$\eta_{аз}$ – доля оксидов азота, улавливаемых в азотоочистной установке;

n_o , n_k – длительность работы азотоочистной установки и котла, ч/год;

k_p – коэффициент пересчета; при расчете валовых выбросов в г/с $k_p = 0,278$; при расчете выбросов в т/год $k_p = 10-3$.

Коэффициент K_{NO_2} вычисляют по эмпирическим формулам:

- для паровых котлов паропроизводительностью от 30 до 75 т/ч

$$K_{NO_2} = 7,5 \frac{D_\phi}{50 + D_\phi},$$

где D_f и D_n – фактическая и номинальная паропроизводительность котла соответственно, т/ч;

- для водогрейных котлов производительностью от 125 до 210 ГДж/ч (30–50 Гкал/ч)

$$K_{NO_2} = 2,5 \frac{Q_\phi}{84 + Q_H} .$$

Расчет выбросов оксида углерода

Расчет количества выбросов СО выполняют на основании данных инструментальных замеров .

При их отсутствии оценка суммарного количества выбросов оксида углерода, т/год или г/с, может быть выполнена по соотношению

$$M_{CO} = 10^{-3} BC_{CO} \left(1 - \frac{q_4}{100} \right),$$

где B – расход топлива, т/год (тыс. нм3/год) или г/с (нм3/с); C_{CO} – выход оксида углерода при сжигании топлива, кг/т (кг/тыс. нм3) или г/кг (г/нм3), рассчитываемый по формуле

$$C_{CO} = q_3 R Q_i^\delta ,$$

где q_3 – потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, %;

R – коэффициент, учитывающий долю потери тепла вследствие химической неполноты сгорания топлива, которая обусловлена наличием в продуктах неполного сгорания оксида углерода; принимается равным: для твердого топлива – 1,0; мазута – 0,65; газа – 0,5;

Q_i^δ – низшая теплота сгорания натурального топлива, МДж/кг, (МДж/нм3);

q_4 – потери тепла вследствие механической неполноты сгорания топлива, %.

Значения q_3 и q_4 принимают по эксплуатационным данным, при их отсутствии – по нормативным данным; для некоторых типов котлов они приведены в табл. П. 2.1–П. 2.3.

Ориентировочная оценка выбросов оксида углерода может быть проведена также по формуле

$$M_{CO} = 10^{-3} B Q_i^\delta K_{CO} \left(\frac{1 - q_4}{100} \right),$$

где K_{CO} – количество оксида углерода на единицу теплоты, выделяющейся при горении топлива (кг/Тдж).

Расчет выбросов бенз(а)пирена

Расчет выбросов бенз(а)пирена производят с учетом мощности котлов по соответствующим методикам для маломощных котлов (до 30 т/ч или 20 Гкал/ч) [4] и для энергетических котлов [13].

1. Расчетное определение выбросов бенз(а)пирена в атмосферу паровыми и водогрейными котлами малой мощности

Выброс бенз(а)пирена, поступающего в атмосферу с дымовыми газами $M_{БП}^{год}$, т/год, и $M_{БП}^p$, г/с, вычисляют по формуле (2.4). Задача расчета сводится к определению концентрации загрязнителя в дымовых газах.

1.1. Расчет концентрации бенз(а)пирена в дымовых газах паровых котлов малой мощности

Концентрацию бенз(а)пирена $C_{БП}^m$, мг/нм3, в сухих продуктах сгорания мазута на выходе из топочной камеры определяют по формулам:

- для $\alpha''_\delta = 1,08 \dots 1,25$

$$C_{БП}^m = 10^{-3} \cdot \frac{R(0,34 + 0,42 \cdot 10^{-3} q_v)}{e^{3,8(\alpha''_\delta - 1)}} K_D K_p K_{ct} ;$$

- для $\alpha''_\delta > 1,25$

$$C_{\text{БП}}^{\text{м}} = 10^{-3} \cdot \frac{R(0,172 + 0,23 \cdot 10^{-3} q_V)}{e^{1,14(\alpha''-1)}} K_D K_p K_{\text{ст}}.$$

Концентрацию бенз(а)пирена $C_{\text{БП}}^{\text{а}}$, мг/м³, в сухих продуктах сгорания природного газа на выходе из топочной зоны промтеплоэнергетических котлов малой мощности определяют по формулам:

- при $\alpha'' = 1,08 \dots 1,25$

$$C_{\text{БП}}^{\text{г}} = 10^{-3} \cdot \frac{0,059 + 0,079 \cdot 10^{-3} q_V}{e^{3,8(\alpha''-1)}} K_D K_p K_{\text{ст}};$$

- при $\alpha'' > 1,25$

$$C_{\text{БП}}^{\text{г}} = 10^{-3} \cdot \frac{0,032 + 0,043 \cdot 10^{-3} q_V}{e^{1,14(\alpha''-1)}} K_D K_p K_{\text{ст}},$$

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по разделу 2.

Основная литература: [1-5].

Дополнительная литература: [6-11].

Практическое занятие №2 Расчет рассеивания вредных веществ в атмосфере

Цель работы: Закрепление знаний по расчету рассеивания вредных веществ в атмосфере.

Задание:

По заданию рассчитать рассеивание вредных веществ в атмосфере.

Порядок выполнения

Определение максимальной приземной концентрации

Максимальную приземную концентрацию вредных веществ для выброса дымовых газов с температурой t из одиночной дымовой трубы с круглым устьем, мг/м³, определяют по формуле

$$C_{\text{т}} = \frac{AMFmn\eta}{h^2 \sqrt[3]{V\Delta T}},$$

где A – коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы и определяющий условия вертикального и горизонтального рассеивания загрязнителей в атмосфере, с²/3мгК^{1/3}/г; M – максимально разовое количество вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу, г/с; F – безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания взвешенных частиц в атмосфере: для газообразных веществ и мелкодисперсных аэрозолей со скоростью оседания наиболее крупных фракций $3 \div 5$ м/с $F = 1$; для золы после золоуловителей при среднем эксплуатационном коэффициенте улавливания $\square_{\text{зу}} \geq \square_{90} \%$ $F = 2$; при $75 \% \leq \square_{\text{зу}} < \square_{90} \%$ $F = 2,5$; при $\square_{\text{зу}} < 75 \%$ и при отсутствии очистки $F = 3$; m, n – безразмерные коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья трубы; h – высота дымовой трубы, м; V – объемный расход выбрасываемых дымовых газов, м³/с; $\square T$ – разность температур выбрасываемых дымовых газов и окружающего атмосферного воздуха $t_{\text{в}}$, °С; \square – безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности; $n = 1$, если в радиусе, равном 50 высотам трубы от источника, перепад отметок местности не превышает 50 м на 1 км; в иных случаях этот коэффициент определяется согласно рекомендациям [16] (для условий г. Братска $\eta = 1,04$).

Приняты следующие значения коэффициента А: Бурятия, Читинская область – 250; районы южнее 50° северной широты, остальные районы Нижнего Поволжья и Кавказа, остальные территории Сибири и дальнего Востока, источники высотой менее 200 м – 200; европейская территория и Урал от 50° до 52° северной широты – 180; европейская территория и Урал севернее 50° северной широты (за исключением центра европейской территории) – 160; Московская, Тульская, Рязанская, Владимирская, Калужская и Ивановская области – 140.

Коэффициент m зависит от параметра f:

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34\sqrt[3]{f}},$$

$$f = \frac{10^3 \varpi_0^2 D_0}{h^2 \Delta T},$$

где ϖ_0 – скорость выхода газов из устья трубы, м/с; D_0 – диаметр устья дымовой трубы, м. Безразмерный коэффициент n зависит от параметра V_m , равного

$$V_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V \Delta T}{h}}.$$

При $V_m \leq 0,5$ $n = 4,4 V_m$;
 $0,3 < V_m \leq 2$ $n = 0,532 \sqrt{2V_m} - 2,13 V_m + 3,13$;
 $V_m > 2$ $n = 1$.

При расчете ΔT температуру окружающего воздуха принимают равной средней за самый холодный месяц для котельных и ТЭЦ, работающих по отопительному графику, и средней температуре самого жаркого месяца в полдень – в остальных случаях.

Объем дымовых газов, выбрасываемых в атмосферу, вычисляют по формуле

$$V = B V_a \frac{t + 273}{273},$$

где V_a – объем дымовых газов от сжигания 1 кг или 1 м³ топлива, м³/кг, м³/м³.

Для определения скорости выхода газов из устья трубы используют выражение

$$\varpi_0 = \frac{4V}{\pi D_0^2}.$$

При неблагоприятных метеоусловиях максимальная концентрация вредных веществ у земной поверхности достигается на оси факела выброса по направлению среднего за рассматриваемый период времени ветра на расстоянии X_m , м, от дымовой трубы, вычисляемого по формуле

$$X_i = (5 - F) d h / 4,$$

где d – безразмерный коэффициент; если $f < 100$ может быть определен по одному из следующих выражений:

при $V_m \leq 0,5$ $d = 2,48 (1,0 + 0,28 \sqrt[3]{f})$,

$0,5 < V_m \leq 2,0$ $d = 4,95 V_m (1,0 + 0,28 \sqrt[3]{f})$, (3.12)

$V_m > 2,0$ $d = 7,0 \sqrt{V_m} (1,0 + 0,28 \sqrt[3]{f})$.

Значение опасной скорости ветра U_m , м/с, на уровне флюгера (обычно 10 метров от уровня земли), при котором имеет место наибольшее значение приземной концентрации вредных веществ в атмосферном воздухе, равно:

при $V_m \leq 0,5$ $U_m = 0,5$;

$0,5 < V_m \leq 2,0$ $U_m = V_m$;

$V_m > 2$ $U_m = V_m (1,0 + 0,12 f^{1/2})$.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества C_{mi} , мг/м³, при неблагоприятных метеоусловиях и скорости ветра U , м/с, отличающейся от опасной скорости ветра U_m , м/с, вычисляют по формуле

$$C_{mi} = r C_m,$$

где r – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от величины $U_0 = U/U_m$:

$$\text{при } U_0 > 1 \quad r = 3U_0 / (2U_0^2 - U_0 + 2);$$

$$\text{при } U_0 \leq 1 \quad r = 0,67U_0 + 1,67U_0^2 - 1,34U_0^3.$$

Примечание. При проведении расчетов не используют значения скорости ветра $U < 0,5$ м/с и $U > U^*$ (U^* – значение скорости ветра, превышаемое в данной местности в среднем многолетнем режиме в 5 % случаев).

Расстояние от источника выброса X_{mi} , м, на котором при скорости ветра U , м/с, и неблагоприятных метеоусловиях приземная концентрация вредных веществ достигает максимального значения C_{mi} , мг/м³, рассчитывают по выражению

$$X_{mi} = pX_m,$$

где p – безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от величины U_0 :

$$\text{при } U_0 \leq 0,25 \quad p = 3;$$

$$0,25 \leq U_0 \leq 1,0 \quad p = 8,43(1 - U_0)^5 + 1$$

$$U_0 > 1. \quad p = 0,32 U_0 + 0,68 .$$

Приземные концентрации вредных веществ C , мг/м³, в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях X , м, от дымовой трубы при опасной скорости ветра U_m , м/с, вычисляют по формуле

$$C = C_m S_1,$$

где S_1 – безмерный коэффициент, определяемый из следующих соотношений:

$$\text{при } \bar{X} = \frac{X}{X_m} \leq 1 \quad S_1 = 3\bar{X}^4 - 8\bar{X}^3 + 6\bar{X}^2 ;$$

$$\text{при } 1 < \bar{X} \leq 8,0 \quad S_1 = \frac{1,13}{0,13\bar{X}^2 + 1,0} ;$$

$$\text{при } \bar{X} > 8,0 \text{ и } F \leq 1,5 \quad S_1 = \frac{\bar{X}}{3,58\bar{X}^2 + 35,2\bar{X} + 12,0} ;$$

$$\text{при } \bar{X} > 8 \text{ и } F > 1,5 \quad S_1 = \frac{1}{0,1\bar{X}^2 + 2,47\bar{X} - 17,8} .$$

При других значениях скорости ветра приземные концентрации рассчитывают по формуле

$$C_u = C_{mi} S_1.$$

Значения приземных концентраций вредных веществ в атмосфере C_y , мг/м³, на расстоянии y , м, по перпендикуляру к оси выброса находят по соотношению

$$C_y = C S_2,$$

где S_2 – безразмерная величина, определяемая в зависимости от скорости ветра u , м/с, и соотношения y/x по значению аргумента ty :

$$\left. \begin{aligned} ty = u y^2 / x^2 & \quad \text{при } u \leq 5, \\ ty = 5 y^2 / x^2 & \quad \text{при } u > 5, \end{aligned} \right\}$$

$$S_2 = \frac{1}{(1 + 5ty + 12,8ty^2 + 17ty^3 + 45,1ty^4)^2} .$$

Для источников холодных выбросов (например, АЭС) при температурах выбрасываемых газов, близких к температуре окружающего воздуха, и параметре $f \geq 100$ максимальную приземную концентрацию загрязняющего вещества вычисляют по формуле

$$C_m = \frac{AMFnD_0}{8h^{3/4}V} .$$

Коэффициенты A , F и n определяют аналогично.

Параметр V_m рассчитывают по выражению

$$V_m = 1,3 \frac{\omega_0 D_0}{h} .$$

Опасную скорость ветра U_m при $V_m \leq 2$ находят по формулам (3.13), а при $V_m > 2$ – из соотношения

$$U_m = 2,2 V_m .$$

Безразмерный коэффициент d в формуле (3.12) для определения места расположения максимума концентраций в данном случае равен

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } V_m \leq 2 \quad d = 11,4 V_m , \\ \text{при } V_m > 2 \quad d = 16,1 \sqrt{V_m} . \end{array} \right\}$$

Для котельных и ТЭС расчеты максимальной приземной концентрации ведут по каждому вредному веществу в отдельности: золе или саже, оксидам азота, оксидам серы, монооксиду углерода, пентаоксиду ванадия (для мазутных котельных) и др. Полученные значения C_m должны сопоставляться с нормативными, в качестве которых служат предельно допустимые концентрации вредных веществ (ПДК).

Нормирование предельно допустимых концентраций

Допустимые уровни загрязнения атмосферного воздуха определяют исходя из условия недопущения вредного влияния на человека и окружающую среду.

В качестве норматива, ограничивающего содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, принята предельно допустимая концентрация. Согласно СН 3086-84 ПДК это такая концентрация загрязняющего вещества, при воздействии которой на организм человека периодически или в течение всей жизни, прямо или опосредованно не возникает заболеваний или изменений состояния здоровья и наследственных изменений у потомства.

В настоящее время для санитарной оценки степени загрязнения воздушной среды определены следующие виды ПДК:

предельно допустимая концентрация вредного вещества в воздухе рабочей зоны (ПДКр.з, мг/м³) – это концентрация, не вызывающая у работающих людей при ежедневном вдыхании в пределах 8 ч в течение всего рабочего стажа заболеваний или отклонений в состоянии здоровья (согласно санитарным нормам СН 245-71 рабочей зоной считается пространство высотой до 2 м над уровнем пола или площадки, на которой находятся места постоянного или временного пребывания рабочих);

предельно допустимая среднесуточная концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДКс.с., мг/м³) – это концентрация, не оказывающая на человека прямого или косвенного вредного воздействия в условиях неопределенно долгого круглосуточного вдыхания;

предельно допустимая максимально разовая концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест (ПДКм.р., мг/м³) – это концентрация, не вызывающая рефлекторных реакций в организме человека.

Основными нормами являются среднесуточные ПДК, максимально разовые ПДК устанавливаются в дополнение к среднесуточным для веществ, обладающих запахом или раздражающим воздействием.

Максимально разовую концентрацию определяют при отборе проб воздуха в течение 20 мин, среднесуточную – в течение суток.

Для веществ, у которых установлены только среднесуточные ПДК, используют приближенное соотношение:

$$ПДКм.р = 10 ПДКс.с$$

Для зон санитарной охраны курортов, мест размещения крупных санаториев и домов отдыха, зон отдыха городов, а также других территорий с повышенными требованиями к охране окружающего воздуха действуют более жесткие ограничения и устанавливаются ПДК на 20 % ниже.

В прил. 7 (табл. П.7.1) приведены значения ПДК вредных веществ, типичных для котельных и ТЭС.

По степени опасности (токсичности) различают четыре класса веществ: 1 – чрезвычайно опасные, 2 – опасные, 3 – умеренно опасные, 4 – относительно безопасные.

Для каждого из выбрасываемых вредных веществ должно соблюдаться главное условие: его концентрация C_{mi} не должна превышать допустимого значения (ПДК):

$$\frac{C_{mi}}{\text{ПДК}_i} \leq 1,$$

а при наличии фонового загрязнения атмосферного воздуха (загрязнения, вызванного без учета выбросов данного объекта):

$$\frac{C_{mi}}{\text{ПДК}_i - C_{\phi i}} \leq 1,$$

где $C_{\phi i}$ – концентрация i -го загрязняющего вещества в фоновом загрязнении, мг/м³.

Под фоновыми концентрациями загрязнителей понимается статистически достоверная, максимально разовая, осредненная за 20 мин суммарная концентрация, создаваемая всеми другими источниками, исключая рассматриваемый. Фоновую концентрацию определяют для территории, в пределах которой обусловленная рассматриваемым источником концентрация превышает 0,05 ПДК. Её необходимо пересматривать не реже, чем через 5 лет или при вводе на данной территории новых крупных объектов.

Как уже отмечалось, совместное присутствие ряда вредных веществ в атмосферном воздухе может усиливать их токсичность. Такие вещества называются веществами однонаправленного действия. Для них введено дополнительное требование – учет их суммарного воздействия, которое выражается условием

$$\frac{C_1}{\text{ПДК}_1} + \frac{C_2}{\text{ПДК}_2} + \dots + \frac{C_n}{\text{ПДК}_n} < 1,$$

где C_1, C_2, C_n – концентрации вредных веществ однонаправленного действия в атмосферном воздухе, мг/м³; $\text{ПДК}_1, \text{ПДК}_2, \text{ПДК}_n$ – соответствующие значения ПДК этих веществ, мг/м³.

К настоящему времени установлены следующие сочетания загрязнителей, обладающих однонаправленным действием:

- 1) диоксид серы + диоксид азота;
- 2) диоксид серы + аэрозоль серной кислоты;
- 3) диоксид серы + фтористый водород;
- 4) диоксид серы + сероводород;
- 5) диоксид серы + оксид серы + аммиак + оксиды азота;
- 6) диоксид серы + фенол;
- 7) диоксид серы + диоксид азота + фенол + монооксид углерода.

Применительно к котельным и ТЭС наиболее значимым является сочетание оксидов серы и азота, т.к. эти вещества практически всегда одновременно присутствуют в продуктах сгорания. Поэтому для объектов теплоэнергетики наряду с условиями (3.26) или (3.27) необходимо учитывать и требования, ограничивающие приземные концентрации оксидов серы и азота:

$$\frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2}} \leq 1,$$

а с учетом фонового загрязнения атмосферы –

$$\frac{C_{\text{SO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{SO}_2} - C_{\phi \text{SO}_2}} + \frac{C_{\text{NO}_2}}{\text{ПДК}_{\text{NO}_2} - C_{\phi \text{NO}_x}} \leq 1,$$

где $C_{\phi \text{SO}_2}$ и $C_{\phi \text{NO}_x}$ – концентрации оксидов серы и азота в фоновом загрязнении, мг/м³.

Нормирование предельно допустимых выбросов

Использование ПДК в качестве норматива, ограничивающего содержание загрязняющих веществ в атмосферном воздухе, не позволяет определить, какие именно предприятия являются источниками поступления загрязнителей и какова доля каждого из них в достижении предельных концентраций. Кроме того, отсутствие постоянного учета вы-

бросов вредных веществ не стимулирует предприятие к проведению воздухоохраных мероприятий.

В связи с этим в 1984 году был введен еще один норматив – предельно допустимые выбросы (ПДВ).

ПДВ вредного вещества в атмосферу – это максимальный разовый (контрольный, г/с) или годовой (т/год) выброс, устанавливаемый для каждого источника выбросов и предприятия в целом, за соблюдением которого организуется контроль.

ПДВ для котельных и ТЭС определяется исходя из основного требования: при заданных геометрических характеристиках дымовой трубы, условиях выхода газов, особенностях местности, неблагоприятных метеоусловиях для рассеивания максимальные приземные концентрации каждого вредного вещества с учетом фонового загрязнения не должны превышать ПДК.

Значения ПДВ, г/с, для выброса загрязняющего вещества из дымовой трубы котельной или ТЭС рассчитывают по формуле

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) h^{2.3} \sqrt{V \Delta T}}{A F m n},$$

а для выброса холодных газов (например, на АЭС) –

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - C_{\phi}) h^{3/4} \cdot V}{A F n D_0}.$$

Нормативы ПДВ определяют по отдельным источникам для каждого загрязняющего вещества, содержащегося в выбросах.

Для действующих или проектируемых котельных и ТЭС при невыполнении условий (3.26)–(3.30) должны предусматриваться реально возможные технологические мероприятия, направленные на сокращение вредных выбросов, в том числе путем повышения эффективности работы газоочистных установок. При этом требуемую степень очистки $\eta_{\text{тр}}$, %, рассчитывают по формуле

$$\eta_{\text{тр}} \geq \left(\frac{M_i - \text{ПДВ}_i}{M_i} \right) \cdot 100,$$

где M_i – количество образующегося загрязнителя без учета улавливания в газоочистных устройствах.

В случае, когда в воздухе населенных пунктов концентрация вредных веществ превышает ПДК, а требуемые значения ПДВ по объективным причинам не могут быть достигнуты, осуществляют поэтапное снижение выбросов вредных веществ действующими объектами до значений, обеспечивающих соблюдение ПДК. С этой целью для каждого источника устанавливают временно согласованные выбросы загрязняющих веществ (ВСВ) и намечают мероприятия по их снижению.

В котельных и ТЭС нормированию подлежат только организованные выбросы вредных веществ через дымовые трубы. Не рассматривают прочие выбросы: вентиляционные, транспортные, пыление золоотвалов, топливных складов, а также залповые выбросы при очистке конвективных поверхностей котлов. При разработке ПДВ и ВСВ не учитывают суммарное токсичное воздействие различных сочетаний вредных веществ, т.к. допустимое загрязнение отдельными источниками устанавливают по каждому веществу отдельно.

Порядок и правила установления ПДВ определены ГОСТ 17.2.5.02-78. Работы по установлению ПДВ для всех источников загрязнения населенного пункта проводят одновременно под руководством головной организации, назначаемой для каждого населенного пункта. Головная организация определяет перечень предприятий и объектов, выбросы которых необходимо учитывать при установлении ПДВ; рассчитывает загрязнения атмосферы от всех действующих и строящихся (проектируемых) предприятий и объектов; утверждает ПДВ и ВСВ для каждого источника выбросов загрязняющих веществ, а также разрабатывает комплексный план мероприятий по снижению выбросов и оздоровлению атмосферы

в целом по населенному пункту. ПДВ (ВСВ) должны быть согласованы с органами, осуществляющими контроль за охраной атмосферного воздуха от загрязнения.

В последнее время наряду с нормированием приземных концентраций и связанных с ними допустимых уровней выбросов разрабатывают правила, регламентирующие предельно допустимые значения удельных массовых выбросов (г/МДж) и концентраций (мг/м³) вредных веществ в дымовых газах энергетических котлов (табл. 3.1). 93

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по разделу 2.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Практическое занятие №3 Расчет высоты дымовой трубы. Расчет ПДВ котельных и ТЭС.

Цель работы: Закрепление знаний по расчету высоты дымовой трубы и расчету ПДВ котельных и ТЭС.

Задание:

Рассчитать высоту дымовой трубы и определить ПДВ.

Порядок выполнения:

Выбор высоты дымовой трубы производят исходя из требования обеспечения приземной концентрации каждого загрязняющего вещества ниже ПДК даже при неблагоприятных для рассеивания метеоусловиях.

Расчет минимально допустимой высоты дымовой трубы h , м, при наличии фоновой загазованности C_{ϕ} от других источников такой же вредности, производят в несколько итераций.

Предварительное значение h определяют по каждому веществу, лимитирующему чистоту воздушного бассейна:

– по твердым частицам и оксиду углерода:

$$h_i = \sqrt{\frac{AM_i F \eta}{(ПДК_i - C_{\phi i})^3 \sqrt{V \Delta T}}};$$

– по оксидам серы и азота с учетом их суммарного воздействия

$$h_i = \sqrt{\frac{AF \eta \left(M_{SO_2} + \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}} M_{NO_2} \right)}{\left(ПДК_{SO_2} - C_{\phi SO_2} - \frac{ПДК_{SO_2}}{ПДК_{NO_2}} C_{\phi NO_2} \right)^3 \sqrt{V \Delta T}}}$$

За начальное значение высоты дымовой трубы принимают наибольшее из рассчитанных по формулам значений. По найденному $h = h_1$ из табл. выбирают экономически оптимальную скорость выхода газов w_0 , а из табл. предварительное значение диаметра устья D_0 . Затем по формулам) определяют значения f и V_m и устанавливают в первом приближении коэффициенты $m = m_1$ и $n = n_1$. Если $m_1 n_1 \neq 1$, то по m_1 и n_1 определяют второе приближение $h = h_2$ по формуле

$$h_2 = h_1 \sqrt{m_1 n_1}.$$

При необходимости производят еще несколько итераций со сходимостью в пределах 0,1...0,5 м, при этом используют формулу

$$h_{i+1} = h_i \sqrt{m_i n_i / (m_{i-1} n_{i-1})},$$

где m_i, n_i соответствуют высоте h_i , а m_{i-1}, n_{i-1} – величине h_{i-1} .

Таблица

Экономически оптимальные скорости выхода газов для одноствольных дымовых труб

Высота трубы, м	Экономическая скорость,
-----------------	-------------------------

	м/с
20...120	5...15
120	15...25
150	20...30
180	25...35
250	30...40
320	35...45

Если необходимо, то производят корректировку скорости выхода газов.

Полученное в результате расчетов значение h по табл. сравнивают с существующим типоразмером и выбирают большее рекомендуемое значение.

Дымовые трубы являются довольно дорогостоящим элементом котельных и ТЭС, поэтому следует добиваться снижения их высоты и предусматривать максимально эффективное использование для рассеивания вредных выбросов. Этой цели служат следующие мероприятия: снижение абсолютных количеств выбросов токсичных веществ, увеличение скорости выхода дымовых газов из устья дымовой трубы, повышение температуры уходящих газов.

Таблица

Унифицированный ряд типоразмеров дымовых труб

а)

Высота труб, м	Диаметр устья, м																						
	0,75	0,90	1,05	1,20	1,50	1,80	2,10	2,40	3,00	3,60	4,20	4,80	5,40	6,00	6,60	7,20	7,80	8,40	9,60	10,80	12,00	13,80	
20	■	■	■	■																			
25		■	■	■	■																		
30			■	■	■	■																	
35				■	■	■	■																
40					■	■	■	■															
45						■	■	■	■														
50							■	■	■	■													
60								■	■	■	■												
70									■	■	■	■											
75										■	■	■	■										
80											■	■	■	■									
90												■	■	■	■								
100													■	■	■	■							
120														■	■	■	■						
150															■	■	■	■					
180																■	■	■	■				
200																	■	■	■	■			
210																		■	■	■	■		
240																			■	■	■	■	
250																				■	■	■	■
300																					■	■	■
320																						■	■
330																							■
360																							
390																							
420																							
450																							

б)

Высота труб, м	Диаметр устья, м													
	1,00					■		■						
	0,80								■					
	0,63													
	0,50													
0,40														
		21,4		21,6		23,3		31,8		32,0		33,8		44,2

Примечание. а – кирпичные и железобетонные; б – металлические; 1 – кирпичные или монолитные железобетонные; 2 – монолитные железобетонные

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по разделу 3.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

Практическое занятие №4 Оценка экономического ущерба от загрязнения атмосферы

Цель работы: Закрепление знаний по оценке экономического ущерба от загрязнения атмосферы

Задание:

Оценить экономический ущерб от загрязнения атмосферы

Порядок выполнения:

Укрупненная оценка величины предотвращенного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух может проводиться как для одного крупного источника или группы оцениваемых источников, так и для региона в целом.

При укрупненной оценке предотвращенного ущерба (либо оценке прогнозируемой величины предотвращенного ущерба) для территории в целом в качестве оцениваемой группы источников могут рассматриваться все источники в данном городе (регионе) как единый «приведенный» источник. В этом случае для определения величины предотвращенного ущерба используют усредненные расчетные значения экономической оценки ущерба на единицу приведенной массы атмосферных загрязнений (удельные ущербы) для основных экономических районов РФ.

Величину экономической оценки предотвращенного ущерба от выбросов загрязняющих веществ рассчитывают по формуле

$$Y_{\text{пр}}^a = Y_{\text{удр}}^a (M_1^a - M_2^a) K_3^a J_d,$$

где $Y_{\text{удр}}^a$ – величина экономической оценки удельного ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух (показатель удельного ущерба) для г-го экономического района РФ, руб/усл.т; M_1^a , M_2^a – приведенная масса выбросов загрязняющих веществ на начало и конец расчетного периода в рассматриваемом регионе, усл.т; K_3^a – коэффициент экологической ситуации и экологической значимости состояния атмосферного воздуха территорий экономических районов России, определяемый в соответствии с нормативами (для г. Братска $K_3^a = 1,4$); J_d – индекс-дефлятор по отраслям промышленности, устанавливаемый Минэкономки России на рассматриваемый период и доводимый Госкомэкологии России до территориальных природоохранных органов (в 1999 г. $J_d = 50$).

Показатель удельного ущерба от выброса одной условной тонны загрязняющих веществ в атмосферный воздух $Y_{\text{удр}}^a$ определяют соотношением суммарной оценки величины нанесенного ущерба от выбросов за определенный период времени к приведенной массе выбросов, имевших место в тот же период времени в рассматриваемом г-м регионе (с учетом массы трансграничного переноса):

$$Y_{\text{удр}}^a = \frac{\sum_{i=1}^N Y_i^a}{M_r^a},$$

где Y_i^a – экономическая оценка нанесенного ущерба по i-му фактору от выброса загрязняющих веществ в атмосферный воздух в г-м регионе, тыс.усл.т/год; M_r^a – приведенная масса фактических выбросов загрязняющих веществ за отчетный период времени в г-м регионе, тыс.усл.т/год.

Приведенную массу загрязняющих веществ рассчитывают по формуле для k-го конкретного объекта или направления атмосфероохранной деятельности в регионе:

$$M_k^a = \sum_{i=1}^N m_i^a K_{3i}^a;$$

для г-го региона (района) в целом

$$M_r^a = \sum_{k=1}^k M_k^a,$$

где m_i^a – масса выброса в атмосферный воздух i -го загрязняющего вещества или группы веществ с одинаковым коэффициентом относительной эколого-экономической опасности, т/год; K_{zi}^a – коэффициент относительной эколого-экономической опасности i -го загрязняющего вещества или группы веществ; i – индекс загрязняющего вещества или группы загрязняющих веществ; N – количество учитываемых групп загрязняющих веществ.

Форма отчетности:

Отчет оформляется в рукописную в тетради и должен содержать название раздела, номер задачи, условие задачи, формулу(ы) для расчетов, решение, ответ.

Задания для самостоятельной работы:

Изучить теоретический материал по разделу 5.

Основная литература: [1-5]

Дополнительная литература: [6-11]

9.2. Методические указания по выполнению контрольной работы

В процессе изучения курса студент выполняет контрольную работу.

Целью выполнения контрольной работы является закрепление знаний, полученных после изучения программы дисциплины и приобретения практических навыков расчета выбросов загрязняющих веществ и рассеивания вредных выбросов в атмосфере.

Номер варианта контрольной работы состоит из двух цифр.

При выполнении контрольных работ необходимо выполнять следующие требования:

1. исходные данные к контрольным заданиям следует выбирать в соответствии со своим вариантом;
2. полностью приводить условия задач и контрольных вопросов, на каждой странице предусмотреть поля для замечаний рецензента;
3. решение задач должно сопровождаться кратким пояснительным текстом;
4. все вычисления должны быть выполнены в СИ;

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

1. Microsoft Imagine Premium
2. ОС Windows 7 Professional
3. Microsoft Office 2007 Russian Academic OPEN No Level
4. Антивирусное программное обеспечение Kaspersky Security.
5. ИСС "Кодекс". Информационно-справочная система
6. справочно-правовая система «Консультант Плюс»
7. Архиватор 7-Zip
8. Adobe Reader
9. doPDF
10. Ай-Логос Система дистанционного обучения
11. КОМПАС-3D V13

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>№ ЛР, ЛЗ</i>
1	3	4	5
Лк	лекционная аудитория	-	-
ЛР	Лаборатория гидрогазодинамики	Лабораторные газоанализаторы: УГ-2; ГХП; Kane 400	ЛР 4-5

	Лаборатория тепло-снабжения	Действующая установка «Лабораторный стенд БЖС-7». Набор химических средств НХС-воздух	ЛР 1-3
ПЗ	лекционная аудитория	-	ПЗ 1-4
кр	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-
СР	ЧЗЗ	Оборудование 15 ПК- CPU 5000/RAM 2Gb/HDD (Монитор TFT 19 LG 1953S-SF);принтер HP LaserJet P3005	-

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ
ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ**

1. Описание фонда оценочных средств (паспорт)

№ компетенции	Элемент компетенции	Раздел	Тема	ФОС
1	2	3	4	6
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. Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	Влияние технического прогресса на взаимодействие человека и природы. Применение системного анализа к проблеме взаимодействия энергетических систем и окружающей среды. Структурная схема большой системы "Энергетика и окружающая среда". Структура управления экологической политикой России. Международные соглашения по охране окружающей среды.	Экз. вопросы 1
		2. Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	Виды вредных воздействий энергетических систем на природу. Естественные (фоновые) и антропогенные источники загрязнений. Условия образования и свойства загрязнителей. Воздействие вредных газопылевых выбросов на человека, животных, растения, здания. Тепловое загрязнение окружающей среды. Вторичные загрязнения атмосферы. Санитарные нормы качества воздуха. ПДК и ПДВ вредных веществ в атмосфере. Методика расчета рассеивания в атмосфере выбросов ТЭС и котельных. Выбор высоты дымовых труб. Основные конструкции дымовых труб.	Экз. вопросы 2-9
		3. Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	Классификация методов снижения загрязняющих выбросов в атмосферу. Снижение выбросов твердых частиц с продуктами сгорания. Физико-химические свойства летучей золы. Основные показатели работы золоуловителей. Принцип действия и конструкции различных видов золоуловителей. Методы повышения эффективности очистки дымовых газов. Снижение выбросов соединений серы: переработка сернистых топлив перед сжиганием. Сухие и мокрые методы сероочистки дымовых газов. Сравнение и выбор метода сероочистки. Очистка го-	Экз. вопросы 10-11

			<p>рючих газов от сероводорода. Механизмы образования окислов азота при сжигании органических топлив. Технологические и конструктивные методы снижения выбросов окислов азота. Методы очистки дымовых газов от окислов азота.</p>	
		4. Золошлакоудаление энергопредприятий	<p>Виды систем золоудаления ТЭС. Влияние золошлакоохранилищ(ЗШХ) на окружающую среду. Экологически приемлемые системы золошлакоудаления ТЭС. Радиоактивность золы. Основные направления рекультивации ЗШХ ТЭС. Оценка технико-экономической эффективности систем ЗШУ. Переработка золошлаков ТЭС.</p>	Экз. вопросы 12-16
		5. Экономические аспекты природоохранных мероприятий	<p>Система контроля вредных выбросов и организация службы охраны природы, окружающей среды. Государственные органы по охране водных ресурсов и атмосферы. Оценки ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды. Техничко-экономическое обоснование природоохранных мероприятий.</p>	Экз. вопросы 17-18
ПК-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбережению на производстве	1. Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды	<p>Влияние технического прогресса на взаимодействие человека и природы. Применение системного анализа к проблеме взаимодействия энергетических систем и окружающей среды. Структурная схема большой системы "Энергетика и окружающая среда". Структура управления экологической политикой России. Международные соглашения по охране окружающей среды.</p>	Экз. вопросы 1-2
		2. Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду	<p>Виды вредных воздействий энергетических систем на природу. Естественные (фоновые) и антропогенные источники загрязнений. Условия образования и свойства загрязнителей. Воздействие вредных газопылевых выбросов на человека, животных, растения, здания. Тепловое загрязнение окружающей среды. Вторичные загрязнения атмосферы. Санитарные нормы качества воздуха. ПДК и ПДВ вредных веществ в атмосфере. Методика расчета рассеивания в атмосфере</p>	Экз. вопросы 3-7

			выбросов ТЭС и котельных. Выбор высоты дымовых труб. Основные конструкции дымовых труб.	
		3. Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных	<p>Классификация методов снижения загрязняющих выбросов в атмосферу. Снижение выбросов твердых частиц с продуктами сгорания. Физико-химические свойства летучей золы. Основные показатели работы золоуловителей. Принцип действия и конструкции различных видов золоуловителей. Методы повышения эффективности очистки дымовых газов.</p> <p>Снижение выбросов соединений серы: переработка сернистых топлив перед сжиганием. Сухие и мокрые методы сероочистки дымовых газов. Сравнение и выбор метода сероочистки. Очистка горючих газов от сероводорода.</p> <p>Механизмы образования окислов азота при сжигании органических топлив. Технологические и конструктивные методы снижения выбросов окислов азота. Методы очистки дымовых газов от окислов азота.</p>	Экз. вопросы 8-10
		4. Золошлакоудаление энергопредприятий	<p>Виды систем золоудаления ТЭС. Влияние золошлакохранилищ (ЗШХ) на окружающую среду. Экологически приемлемые системы золошлакоудаления ТЭС. Радиоактивность золы. Основные направления рекультивации ЗШХ ТЭС. Оценка технико-экономической эффективности систем ЗШУ. Переработка золошлаков ТЭС.</p>	Экз. вопросы 11-12
		5. Экономические аспекты природоохранных мероприятий	<p>Система контроля вредных выбросов и организация службы охраны природы, окружающей среды. Государственные органы по охране водных ресурсов и атмосферы.</p> <p>Оценки ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды. Технико-экономическое обоснование природоохранных мероприятий.</p>	Экз. вопросы 13

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	1. Влияние технического прогресса на взаимодействие человека и природы.	1. Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды 2. Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду
			2. Виды вредных воздействий теплоэнергетических систем на природу.	
			3. Модель взаимодействия ТЭС и окружающей среды.	
			4. Условия образования и свойства загрязнителей.	
			5. Вредные воздействия вредных газопылевых выбросов на окружающую среду.	
			6. Парниковый эффект.	
			7. Санитарные нормы качества воздуха.	
			8. ПДК вредных веществ в атмосфере.	
			9. ПДВ вредных веществ ТЭС.	
			10. Механизмы образования окислов азота при сжигании органических топлив.	
			11. Снижение выбросов соединений серы: переработка сернистых топлив перед сжиганием.	
			12. Снижение загрязнений летучей золой из золоотвалов.	4. Золошлакоудаление энергопредприятий
			13. Принцип действия электрофилтра.	
			14. Принцип действия и конструкции мокрых золоуловителей, их достоинства и недостатки.	
			15. Тканевые (рукавные) фильтры.	
			16. Принцип действия и конструкции инерционных золоуловителей.	5. Экономические аспекты природоохранных мероприятий
			17. Техничко-экономическое обоснование природоохранных мероприятий.	
			18. Система контроля вредных выбросов и организация службы охраны окружающей среды.	
2.	ПК-9	Способность обеспечивать соблюдение экологической безопасности на производстве и планировать экозащитные мероприятия и мероприятия по энерго- и ресурсосбереже-	1. Структура управления экологической политикой России.	1. Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды 2. Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду
			2. Международные соглашения по охране окружающей среды.	
			3. Классификация методов снижения загрязняющих выбросов в атмосферу.	
			4. Вторичные загрязнители атмосферы.	

	нию на производстве	5. Методика расчета рассеивания в атмосфере выбросов ТЭС и котельных.	среду
		6. Выбор высоты дымовых труб.	
		7. Основные конструкции дымовых труб.	
		8. Методы очистки дымовых газов от окислов азота.	3. Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных
		9. Технологические и конструктивные методы снижения выбросов окислов азота.	
		10. Сухие и мокрые методы сероочистки дымовых газов.	
		11. Основные показатели работы золоуловителя.	4. Золошлакоудаление энергопредприятий
		12. Снижение выбросов твердых частиц с продуктами сгорания	
13. Оценки ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды.	5. Экономические аспекты природоохранных мероприятий		

3. Описание показателей и критериев оценивания компетенций

Показатели	Оценка	Критерии
<p>Знать (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – особенности выбора газозолоулавливающих систем, методов подавления образования токсичных загрязнителей, способов очистки дымовых газов при работе теплоэнергетических объектов; <p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – основные принципы экологической безопасности на производстве; – основные принципы планирования экозащитных мероприятий. <p>Уметь (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – проводить оценку экономического ущерба от загрязнения атмосферы и технико-экономическое обоснование природо- 	отлично	Обучающийся глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении вопроса, владеет специальной терминологией, демонстрирует общую эрудицию в предметной области.
	хорошо	Обучающийся твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, владеет специальной терминологией на достаточном уровне; могут возникнуть затруднения при ответе на уточняющие вопросы по вопросам экзаменационного билета; в целом демонстрирует общую эрудицию в предметной области.

<p>охранных мероприятий; (ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – производить оценку ущерба от выбросов загрязняющих веществ в атмосферу; – планировать экозащитные мероприятия; <p>Владеть (ОПК-1):</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками расчетов вредных выбросов теплоэнергетических систем; – методами и приборами для анализа газового состава атмосферного воздуха. 	<p>удовлетворительно</p>	<p>Обучающийся имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, плохо владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, недостаточно ориентируется в источниках специализированных знаний.</p>
<p>(ПК-9):</p> <ul style="list-style-type: none"> – навыками практического применения средств измерения содержания вредных выбросов в атмосфере. 	<p>неудовлетворительно</p>	<p>Обучающийся не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, не владеет специальной терминологией, допускает существенные ошибки при ответе, не ориентируется в источниках специализированных знаний.</p> <p>Нет ответа на вопросы экзаменационного билета.</p>

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

Дисциплина Б1.В.ДВ.04.02 Газоочистка и газозолоудаление направлена на приобретение знания характеристик выбросов промпредприятий и их влияния на окружающую среду, методов очистки газообразных выбросов промпредприятий, умения осуществлять выбор и расчет очистных сооружений для улавливания тепловых и технологических выбросов, рассчитывать экономическую эффективность природоохранных мероприятий.

Изучение дисциплины Газоочистка и газозолоудаление предусматривает:

- лекции,
- лабораторные работы,
- практические занятия,
- контрольную работу,
- самостоятельную работу,
- экзамен.

В ходе освоения *раздела 1* «Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды» студенты должны уяснить: влияние технического прогресса на взаимодействие человека и природы; структуру экологической политики в России; международные соглашения по охране окружающей среды.

В ходе освоения *раздела 2* «Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду» студенты должны уяснить: существующие виды вредных воздействий теплоэнергетических систем на природу и условия их образования; условия образования парникового эффекта и вторичных загрязнителей атмосферы; санитарные нормы качества воздуха ПДК и ПДВ; методику расчета рассеивания в атмосфере выбросов ТЭС и котельных; методику выбора высоты дымовых труб, основные конструкции дымовых труб.

В ходе освоения *раздела 3* «Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных» студенты должны уяснить: способы снижения выбросов твердых частиц с продуктами сгорания топлива; основные виды золоуловителей; методы очистки дымовых газов от соединений серы и азота.

В ходе освоения *раздела 4* «Золошлакоудаление энергопредприятий» студенты долж-

ны уяснить: снижение загрязнений летучей из золоотвалов.

В ходе освоения *раздела 5 «Экономические аспекты природоохранных мероприятий»* студенты должны уяснить: систему контроля вредных выбросов и организаций службы охраны окружающей среды; оценку ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды; принципы технико-экономического обоснования природоохранных мероприятий .

В процессе проведения *лабораторных работ* происходит закрепление знаний, формирование умений и навыков реализации представления по содержанию основных способов и средств определения содержания в атмосферном воздухе загрязнителей от теплоэнергетических источников, определения рассеивания в атмосфере вредных выбросов а также принципов работы золоуловителей

В процессе проведения *практических занятий* происходит закрепление знаний в освоении методик расчета концентраций вредных выбросов в атмосферу от ТЭС, расчета высты дымовой трубы, расчета ПДВ, а также ущерба от загрязнения воздуха.

Самостоятельную работу необходимо начинать с ознакомления с рекомендованной учебной и методической литературой.

При подготовке к *экзамену* рекомендуется особое внимание уделить следующим вопросам: видам вредных воздействий теплоэнергетических систем на природу и условия их образования, методике расчета рассеивания в атмосфере выбросов ТЭС и котельных, способам снижения выбросов твердых частиц с продуктами сгорания топлива; основным видам золоуловителей; методам очистки дымовых газов от соединений серы и азота, оценке ущерба наносимого народному хозяйству из-за загрязнения окружающей среды

Работа с *литературой* является важнейшим элементом в получении знаний по дисциплине. Прежде всего, необходимо воспользоваться списком рекомендуемой по данной дисциплине литературой. Дополнительные сведения по изучаемым темам можно найти в периодической печати и Интернете.

Предусмотрено проведение аудиторных занятий (в виде лекций с текущим контролем и лабораторных занятий – работа в малых группах) в сочетании с внеаудиторной работой.

АННОТАЦИЯ рабочей программы дисциплины

Газоочистка и газозолоудаление

1. Цель и задачи дисциплины

Целью изучения дисциплины является: формирование у обучающихся знаний в области определения и снижения загрязнения окружающей среды с помощью новых методов и технологий современной газоочистки на предприятиях тепловых и электрических сетей, перспективных направлений и экологически приемлемых систем золошлакоудаления.

Задачей изучения дисциплины является: приобретение знаний характеристик выбросов промпредприятий и их влияния на окружающую среду, методов очистки газообразных выбросов промышленных предприятий, умение осуществлять выбор и расчет очистных сооружений для улавливания тепловых и технологических выбросов, рассчитывать экономическую эффективность природоохранных мероприятий, а также практических навыков в проведении анализа газообразных выбросов, испытаниях и научных исследованиях очистных сооружений.

2. Структура дисциплины

2.1 Распределение трудоемкости по отдельным видам учебных занятий, включая самостоятельную работу: Лк – 17 час., ЛР– 17 час., ПЗ - 17 часов, СР– 102 час.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 180 часов, 5 зачетных единиц

2.2 Основные разделы дисциплины:

- 1 – Методические основы подхода к проблеме взаимодействия теплоэнергетических систем и окружающей среды;
- 2 - Выбросы теплоэнергетических систем и их влияние на окружающую среду;
- 3 - Снижение загрязняющих выбросов на ТЭС и в котельных;
- 4 - Золошлакоудаление энергопредприятий;
- 5 - Экономические аспекты природоохранных мероприятий.

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

*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 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

Программу составил:

Латушкина С.В., старший преподаватель кафедры ПТЭ _____

Рабочая программа рассмотрена и утверждена на заседании кафедры ПТЭ

от «13» декабря 2018 г., протокол № 4

Заведующий кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

СОГЛАСОВАНО:

Заведующий выпускающей кафедрой ПТЭ _____ Федяев А.А.

Директор библиотеки _____ Т.Ф. Сотник

Рабочая программа одобрена методической комиссией факультета ЭиА

от «28» декабря 2018 г., протокол № 5

Председатель методической комиссии факультета ЭиА _____ А.Д.Ульянов

СОГЛАСОВАНО:

Начальник
учебно-методического управления _____ Г.П. Нежевец

Регистрационный № _____