



**Оборотная сторона титульного листа РПД**

**I. Рабочая программа пересмотрена на заседании Департамента энергетических систем:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**II. Рабочая программа пересмотрена на заседании \_\_\_\_\_:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**III. Рабочая программа пересмотрена на заседании \_\_\_\_\_:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

**IV. Рабочая программа пересмотрена на заседании \_\_\_\_\_:**

Протокол от « \_\_\_\_ » \_\_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_\_

Директор Департамента энергетических систем \_\_\_\_\_  
(подпись) (И.О. Фамилия)

## АННОТАЦИЯ

к рабочей программе учебной дисциплины  
«Экологическая безопасность на электростанциях»

Рабочая программа учебной дисциплины «Экологическая безопасность на электростанциях» разработана для студентов 1 курса магистратуры, обучающихся по направлению подготовки 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», программа «Организация и управление инжинирингом теплоэнергетических систем».

Дисциплина «Экологическая безопасность на электростанциях» (Б1.В.ДВ.03.01) входит в блок дисциплин выбора вариативной части профессионального цикла.

Общая трудоемкость дисциплины составляет 3 зачётные единицы / 108 академических часа. Является дисциплиной обязательной части ОП, изучается на 1 курсе и завершается зачетом. Учебным планом предусмотрено лекционных занятий в объёме 18 часов (в том числе интерактивных 2 часа), практических / лабораторных 36/0 часов (в том числе интерактивных 10 часов), а так же выделены часы на самостоятельную работу студента – 54 часа и контроль – 0 часов.

Язык реализации: русский

**Целью** освоения дисциплины является формирования у магистров, понятий о экологическом законодательстве, экологической безопасности и принципов ее повышения, нормировании и снижении вредных выбросов от электрических станций.

**Задачей** изучения дисциплины является формирование у студентов следующих навыков:

*Иметь представление:*

о нормировании вредных выбросов. А также наилучших доступных технологиях, оценки возможности их внедрения;

об основных научно-технических подходах применяемых при расчетах вредных выбросов;

о методиках оценки расчетов воздействия электростанций на окружающую среду, содержания справочников по НДТ;

*Знать:*

основные источники возникновения вредных выбросов от электростанций;

методы снижения вредных выбросов;

содержание справочников по НДТ;

классификацию станций по степени воздействия на окружающую среду и их особенности;

технологические схемы электростанций с минимальным воздействием на окружающую среду;

экологическое законодательство РФ в части производства тепловой и электрической энергии;

конструкции и принцип действия оборудования по снижению вредных выбросов.

*Уметь:*

работать с нормативными документами, справочной литературой и другими информационными источниками;

производить расчеты вредных выбросов, проектировать технологические элементы электростанций, связанные со снижением выбросов загрязняющих веществ;

работать со справочниками НДТ, производить расчеты технико-экономических показателей внедрения НДТ;

производить расчеты платы за выбросы, производить расчеты по нормированию вредных выбросов;

*Владеть:*

принципами проектирования электростанций с наименьшим воздействием на окружающую среду.

Для успешного изучения дисциплины у обучающихся должны быть сформированы следующие предварительные компетенции:

*Общекультурные компетенции (ОК):*

умение быстро осваивать новые предметные области, выявлять противоречия, проблемы и выработать альтернативные варианты их решения (ОК-4);

способность генерировать идеи в научной и профессиональной деятельности (ОК-5);

способность вести научную дискуссию, владение нормами научного стиля современного русского языка (ОК-6);

способность к свободной научной и профессиональной коммуникации в иноязычной среде (ОК-7);

способность к абстрактному мышлению, обобщению, анализу, систематизации и прогнозированию (ОК-8);

способность к саморазвитию, самореализации, использованию творческого потенциала (ОК-10);

*Общепрофессиональные компетенции (ОПК):*

способность использовать иностранный язык в профессиональной сфере (ОПК-3);

*Профессиональные компетенции (ПК):*

способность к разработке мероприятий по совершенствованию технологии производства (ПК-3);

готовность к обеспечению бесперебойной работы, правильной эксплуатации, ремонта и модернизации энергетического, теплотехнического и теплотехнологического оборудования, средств автоматизации и защиты, электрических и тепловых сетей, воздухопроводов и газопроводов (ПК-4);

способность к определению потребности производства в топливно-энергетических ресурсах, обоснованию мероприятий по экономии энергоресурсов, разработке норм их расхода, расчету потребностей производства в энергоресурсах (ПК-5);

готовность применять методы и средства автоматизированных систем управления технологическими процессами в теплоэнергетике, теплотехнике и теплотехнологиях (ПК-6).

В результате изучения данной дисциплины у обучающихся формируются следующие профессиональные компетенции.

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен к организации мероприятий по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	ПК-1	ПК-1.1 Организует мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
Способен к осуществлению производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте	ПК-3	ПК-3.1 Осуществляет производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Организует мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	Знает как организовывать мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
	Умеет организовывать мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
	Владеет методами организации мероприятий по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
ПК-3.1 Осуществляет производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте	Знает как осуществить производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном
	Умеет осуществить производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном
	Владеет методами осуществления производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном

Для формирования вышеуказанных компетенций в рамках дисциплины «Экологическая безопасность на электростанциях» применяются следующие методы активного/ интерактивного обучения:

Метод интерактивного обучения "**Мастер-класс**" при проведении следующих **практических занятий**:

Занятие 4. Выбор типа и числа дымовых труб. Расчет высоты дымовых труб (4 час.).

Занятие 7. Построение диаграмм рассеивания вредных выбросов (8час.).

Занятие 8. Расчет платы за выбросы (2час.).

## **1. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ**

**54 часа аудиторных занятий на 1-м курсе 2-ой семестр**

**Раздел I. Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике (4 час.)**

**Тема 1. Нормативная база экологической безопасности электроэнергетики в РФ (2 час.)**

Экологическая безопасность в законе от 26 марта 2003 года №35-ФЗ «Об электроэнергетике». Экологические требования к объектам энергетике по Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды». Экологическая безопасность, связанная с энергетикой в других нормативных документах РФ

**Тема 2. Нормативы вредных выбросов от котельных установок ТЭС (2 час.)**

Действующие нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в России и за рубежом. Перспективные нормативы выбросов загрязняющих

веществ. Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ. Условия расчета удельных выбросов. Определение максимальных выбросов загрязняющих веществ.

## **Раздел II. Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях (9 час.)**

### **Тема 1. Экологически чистые ПУ ТЭС (2час.)**

Технологическая схема 5го блока станции Альбах Дейцизау (Германия). Установки селективно каталитического восстановления (СКВ). Установки селективно некаталитического восстановления (СНКВ). Режимы эксплуатации СКВ установки. Система золоудаления. Особенности очистки дымовых газов с помощью тканевых фильтров. Десульфуризация дымовых газов. Схема включения установки мокрой известковой сероочистки (МИС) в газоход котельной установки. Система получения товарного гипса. Особенности системы золо-шлакоудаления. Особенности системы оборотного водоснабжения. Особенности котлов с ЦКС.

### **Тема 2. Технологические схемы экологически чистых ТЭС (7 час.)**

Требования к экологически чистым ТЭС. Технологическая схема экологически чистой ТЭС ЭНИН. Сжигание угля в расплаве шлака. ТЭС с сжиганием угля в кипящем слое под давлением. Технологическая схема ЭС Карита (Япония). Особенности оборудования ТЭС Карита. Улавливание углекислоты с последующим секвестированием. Технологическая схема ТЭС с внутрицикловой газификацией угля. Технологическая ТЭС с внутрицикловой газификацией угля. ПГУ с внутрицикловой газификацией и секвестированием. Технологическая схема ТЭС Пуэртоллано (Италия). Схема переработки минеральных сточных вод. Повышение КПД ТЭС и снижение выброса углекислоты. Утилизация шламов из сточных вод. Системы ВПУ с утилизацией сточных вод. Полусухая градирня. Принципы снижения выбросов водяных паров.

## **Раздел III. Атомные электростанции и окружающая среда (5 час.)**

### **Тема 1. Ядерный топливный цикл и его воздействие на окружающую среду (1 час.)**

Ядерное топливо. Радиоактивные вещества, образующиеся при работе АЭС. Нормы радиационной безопасности.

### **Тема 2. Обеспечение радиационной безопасности на АЭС (2 час.)**

Основные источники радиационной опасности на АЭС. Потенциальные аварийные ситуации на АЭС. Последствия радиационной опасности на АЭС. Средства локализации аварий.

### **Тема 3. Снижение вредных выбросов АЭС (3час.)**

Очистка вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей. Очистка сточных вод. Обработка и удаление радиоактивных отходов. Оценка риска обращения с радиоактивными отходами.

## **2. СТРУКТУРА И СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОЙ ЧАСТИ ДИСЦИПЛИНЫ Практические занятия на 1-м курсе 2-ой семестр (36час.)**

Занятие 1. Определение избытков и объемов воздуха, продуктов сгорания, расчет КПД и расхода топлива котлами (6час.).

Занятие 2. Выбор золоулавливающего оборудования (2час.).

Занятие 3. Расчет валовых выбросов загрязняющих веществ (3час.).

Занятие 4. Выбор типа и числа дымовых труб. Расчет высоты дымовых труб (4 час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс» (4час.)

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор средств достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков.

**Вступление** Преподавателем объясняются назначение и области применения основных типов дымовых труб, а также необходимость установки двух и более дымовых труб на электростанциях с использованием (или рабочего планшета, или учебной доски) или электронного аналога,

объясняются особенности расчета и последовательность расчета количества и высоты дымовых труб.

**Основная часть** Преподаватель последовательно выполняет заполнение исходных данных в таблице (или рабочего планшета, учебной доски) и в электронном виде на компьютере, акцентируя внимание на возможные сложности и спорные ситуации при выборе, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняется аналогичное заполнение. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся данных на основании расчетов проведенных на занятии.

**Выводы** проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Занятие 5. Расчет максимальных предельных концентраций (3час.).

Занятие 6. Определение шумовых характеристик оборудования (6час.).

Занятие 7. Построение диаграмм рассеивания вредных выбросов (8час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс» (8час.)

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор средств достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков.

**Вступление** Преподавателем показывается топографическая основа карт рассеивания. Перечисляются особенности расчета рассеивания с использованием (или рабочего планшета, или учебной доски) или

электронного аналога, объясняются особенности построения и последовательность построения.

**Основная часть** Преподаватель последовательно выполняет заполнение исходных данных в таблице (или рабочего планшета, учебной доски) и в электронном виде на компьютере, акцентируя внимание на возможные сложности и спорные ситуации при выборе, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняется аналогичное заполнение. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся конструкций топок по результатам проведенного занятия.

**Выводы** проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Занятие 8. Расчет платы за выбросы (2час.) с использованием метода интерактивного обучения «Мастер-класс» (2час.)

Мастер–класс – это главное средство передачи концептуальной новой идеи своей (авторской) педагогической системы. Преподаватель как профессионал на протяжении ряда лет вырабатывает индивидуальную (авторскую) методическую систему, включающую целеполагание, проектирование, использование последовательности ряда известных дидактических и воспитательных методик, занятий, мероприятий, собственные «ноу-хау», учитывает реальные условия работы с различными категориями учащихся и т.п.

Мастер-класс как локальная технология трансляции педагогического опыта демонстрирует конкретный методический прием или метод, методику преподавания, технологию обучения и воспитания. Он состоит из заданий, которые направляют деятельности участников для решения поставленной педагогической проблемы, но внутри каждого задания участники абсолютно свободны: им необходимо осуществить выбор пути исследования, выбор средств достижения цели, выбор темпа работы. Мастер-класс должен всегда начинаться с актуализации знаний каждого по предлагаемой проблеме, что позволит расширить свои представления знаниями других участников.

Основные преимущества мастер-класса — это уникальное сочетание короткой теоретической части и индивидуальной работы, направленной на приобретение и закрепление практических знаний и навыков.

**Вступление** Преподавателем объясняются основные методы расчета платы за выбросы а также действующие нормативы с использованием (или рабочего планшета, или учебной доски) или электронного аналога, объясняются особенности расчета и требования по оформлению.

**Основная часть** Преподаватель последовательно выполняет заполнение исходных данных в таблице (или рабочего планшета, учебной доски) и в электронном виде на компьютере, акцентируя внимание на возможные сложности и спорные ситуации при выборе, где возможно совершение ошибок. После этого студентами индивидуально выполняется аналогичное заполнение. Преподаватель выполняет роль консультанта, организует самостоятельную работу студентов и управляет ею. Преподаватель совместно со студентами проводит обсуждение получившихся конструкций топков по результатам проведенного занятия.

**Выводы** проводится дискуссия по результатам совместной деятельности преподавателя и студентов.

Занятие 9. Работа со сборниками НДТ (2час.).

### **3. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

Учебно-методическое обеспечение самостоятельной работы обучающихся по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях» представлено в Приложении 1 и включает в себя:

- план-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине, в том числе примерные нормы времени на выполнение по каждому заданию;
- характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению;
- требования к представлению и оформлению результатов самостоятельной работы;
- критерии оценки выполнения самостоятельной работы.

### **4. КОНТРОЛЬ ДОСТИЖЕНИЯ ЦЕЛЕЙ ДИСЦИПЛИНЫ**

«Экологическая безопасность на электростанциях»

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций	Оценочные средства - наименование		
			текущий контроль	промежуточная аттестация	
1	Раздел I. Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-2.1	1,2
			Умеет	УО-2.2	3
			Владеет	УО-2.3	4

2	Раздел II. Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-1.1	5
			Умеет	УО-1.3- УО-1.5	7-9
			Владеет	ПР-1	
3	Раздел III. Атомные электростанции и окружающая среда	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-1.7	32,34
			Умеет	УО-1.8	
			Владеет		

Типовые контрольные задания, методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений и навыков и (или) опыта деятельности, а также критерии и показатели, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и характеризующие этапы формирования компетенций в процессе освоения образовательной программы, представлены в Приложении 2.

## **5. СПИСОК УЧЕБНОЙ ЛИТЕРАТУРЫ И ИНФОРМАЦИОННО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

### **Основная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Факторы физического воздействия ТЭС на окружающую среду Учебное пособие / В. Б. Тупов. М.: МЭИ, 2012. - 284 с.: <http://www.nelbook.ru/?book=182>

2. Дмитренко, В.П. Управление экологической безопасностью в техносфере [Электронный ресурс] : учеб. пособие / В.П. Дмитренко, Е.М. Мессинева, А.Г. Фетисов. — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2016. — 428 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/72578>. — Загл. с экрана.

3. Широков, Ю.А. Экологическая безопасность на предприятии [Электронный ресурс] — Электрон. дан. — Санкт-Петербург : Лань, 2017. — 360 с. — Режим доступа: <https://e.lanbook.com/book/94751>. — Загл. с экрана.

### **Дополнительная литература**

*(печатные и электронные издания)*

1. Сборник задач по экологии энергетики/ В. Б. Тупов, М. Г. Лысков. – М.: МЭИ, 2011. - 136 с. <http://www.nelbook.ru/?book=74>.

2. Мархоцкий, Я.Л. Радиационная и экологическая безопасность атомной энергетики [Электронный ресурс] / Я.Л. Мархоцкий. - Минск: Выш. шк., 2009. - 112 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=Znanium:Znanium-506760&theme=FEFU>.

3. Большаков В.Н. Экология [Электронный ресурс] : учебник / В.Н. Большаков, В.В. Качак, В.Г. Коберниченко. — Электрон. текстовые данные. — М. : Логос, 2013. — 504 с. <http://lib.dvfu.ru:8080/lib/item?id=IPRbooks:IPRbooks-14327&theme=FEFU>.

**в) перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1. Научная библиотека ДВФУ. Публичный онлайн каталог <https://lib.dvfu.ru:8443/search/query?theme=FEFU>

2. Электронно-библиотечная система Лань <https://e.lanbook.com/>

3. Информация о библиотеке НЭЛБУК <http://www.nelbook.ru/>

4. Электронная библиотека для инженеров - теплотехников и теплоэнергетиков <http://03-ts.ru/>

5. Каталог научно-технической литературы <http://techlibrary.ru/>

6. Расчетный сервер НИУ МЭИ. Интерактивный интернет-справочник МЭИ [http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/VPU\\_Book\\_New/mas/index.html](http://tw.t.mpei.ac.ru/ochkov/VPU_Book_New/mas/index.html)

**г) нормативно-правовые материалы:**

1. "Методическое пособие по расчету, нормированию и контролю выбросов загрязняющих веществ в атмосферный воздух" (введено письмом Ростехнадзора от 24.12.2004 N 14-01-333)

[http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=146580;dst=0;rnd=180312.5196075688581914;NOQUERYLOG=1;SRDSMODE=QSP\\_GENERAL;SEARCHPLUS=%EF%F0%EE%E5%EA%F2%E8%F0%EE%E2%E0%ED%E8%E5%20%EA%EE%F2%E5%EB%FC%ED%FB%F5;EXCL=PBUN%2CQSB0%2CKRBO%2CPKBO;SRD=true;ts=19947630081803126993499959353358](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=LAW;n=146580;dst=0;rnd=180312.5196075688581914;NOQUERYLOG=1;SRDSMODE=QSP_GENERAL;SEARCHPLUS=%EF%F0%EE%E5%EA%F2%E8%F0%EE%E2%E0%ED%E8%E5%20%EA%EE%F2%E5%EB%FC%ED%FB%F5;EXCL=PBUN%2CQSB0%2CKRBO%2CPKBO;SRD=true;ts=19947630081803126993499959353358).

2. "СП 89.13330.2012. Свод правил. Котельные установки. Актуализированная редакция СНиП II-35-76" (утв. Приказом Минрегиона России от 30.06.2012 N 281) из информационного банка "Строительство"

[http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=16271;dst=0;rnd=180312.8512318897992373;NOQUERYLOG=1;SRDSMODE=QSP\\_GENERAL;SEARCHPLUS=%EF%F0%EE%E5%EA%F2%E8%F0%EE%E2%E0%ED%E8%E5%20%EA%EE%F2%E5%EB%FC%ED%FB%F5;EXCL=PBUN%2CQSB0%2CKRBO%2CPKBO;SRD=true;ts=1994763008180312684015036560595](http://base.consultant.ru/cons/cgi/online.cgi?req=doc;base=STR;n=16271;dst=0;rnd=180312.8512318897992373;NOQUERYLOG=1;SRDSMODE=QSP_GENERAL;SEARCHPLUS=%EF%F0%EE%E5%EA%F2%E8%F0%EE%E2%E0%ED%E8%E5%20%EA%EE%F2%E5%EB%FC%ED%FB%F5;EXCL=PBUN%2CQSB0%2CKRBO%2CPKBO;SRD=true;ts=1994763008180312684015036560595).

**д) перечень информационных технологий, используемых при проведении практики, включая перечень программного обеспечения и информационных справочных систем:**

Программное обеспечение, доступное студентам для выполнения индивидуальных заданий, а также для организации самостоятельной работы:

Место расположения компьютерной техники, на котором установлено программное обеспечение, количество рабочих мест	Перечень программного обеспечения
Компьютерный класс Департамента энергетических систем, Ауд. Е559а, Ауд. Е559г, 24	<ul style="list-style-type: none"><li>– Microsoft Office Professional Plus 2016 – офисный пакет, включающий программное обеспечение для работы с различными типами документов (текстами, электронными таблицами, базами данных и др.);</li><li>– 7Zip 9.20 - свободный файловый архиватор с высокой степенью сжатия данных;</li><li>– Adobe Acrobat XI Pro – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате PDF;</li><li>– AutoCAD 2017 - трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения;</li><li>– WaterSteamPro – свойства воды и водяного пара;</li><li>– WinDjView 2 – пакет программ для создания и просмотра электронных публикаций в формате DJVU;</li><li>– КОМПАС-3D V16 x64 трёхмерная система автоматизированного проектирования и черчения;</li><li>– ПК «Консультант Плюс» - офисный пакет нормативных документов;</li><li>– ПК «ИС Техэксперт 6.0» - офисный пакет нормативных технических документов;</li><li>– «BoilerDesigner 9.8.2.0» - пакет прикладных программ для решения задач теплоэнергетики.</li></ul>

## **6. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ**

Успешное усвоение курса предполагает активное, творческое участие студента на всех этапах ее освоения путем планомерной, повседневной работы. *Общие рекомендации:* изучение дисциплины следует начинать с проработки настоящей рабочей программы и разработок, указанных в программе, особое внимание уделяется целям, задачам, структуре и содержанию курса. *Работа с конспектом лекций.* Просмотрите конспект сразу после занятий. Пометьте материал конспекта лекций, который вызывает затруднения для понимания. Попытайтесь найти ответы на затруднительные вопросы, используя предлагаемую литературу. Если

самостоятельно не удалось разобраться в материале, сформулируйте вопросы и обратитесь на текущей консультации или на ближайшей лекции за помощью к преподавателю. Каждую неделю рекомендуется отводить время для повторения пройденного материала, проверяя свои знания, умения и навыки по контрольным вопросам.

Важно проводить дополнительную работу с текстом конспекта: внимательно прочитать его; дополнить записи материалами из других источников, рекомендованных преподавателем; выделить все незнакомые понятия и термины и в дальнейшем поместить их в словарь. Наличие словаря определяет степень готовности студента к экзамену и работает как допуск к заключительному этапу аттестации. Необходимо систематически готовиться к практическим занятиям, изучать рекомендованные к прочтению статьи и другие материалы. Методический материал, обеспечивает рациональную организацию самостоятельной работы студентов на основе систематизированной информации по темам занятий курса. Практика – один из наиболее сложных и в то же время плодотворных видов (форм) вузовского обучения и воспитания. В условиях высшей школы практика – один из видов практических занятий, проводимых под руководством преподавателя, ведущего научные исследования по тематике практики и являющегося знатком данной проблемы или отрасли научного знания. Практика предназначается для углубленного изучения той или иной дисциплины и овладения методологией применительно к особенностям изучаемой отрасли науки. Можно отметить, однако, что при изучении дисциплины в вузе практика является не просто видом практических занятий, а, наряду с лекцией, основной формой учебного процесса. Ведущей дидактической целью практических занятий является систематизация и обобщение знаний по изучаемой теме, разделу, формирование умений работать с дополнительными источниками информации, сопоставлять и сравнивать точки зрения, конспектировать прочитанное, высказывать свою точку зрения и т.п. В соответствии с ведущей дидактической целью содержанием практических занятий являются узловые, наиболее трудные для понимания и усвоения темы, разделы дисциплины. Спецификой данной формы ведения занятия является совместная работа преподавателя и студентов над решением практических задач, а сам поиск верного ответа строится на основе чередования индивидуальной и коллективной деятельности. Оценка производится через механизм совместного обсуждения, сопоставления предложенных вариантов ответов с теоретическими и эмпирическими научными знаниями, относящимися к данной предметной области. Это ведет к возрастанию возможностей осуществления самооценки собственных

знаний, умений и навыков, выявлению студентами «белых пятен» в системе своих знаний, повышению познавательной активности.

Университет обеспечивает учебно-методическую и материально-техническую базу для организации самостоятельной работы студентов.

Библиотека университета обеспечивает:

- учебный процесс необходимой литературой и информацией (комплекует библиотечный фонд учебной, методической, научной, периодической, справочной и художественной литературой в соответствии с учебными планами и программами, в том числе на электронных носителях);
- доступ к основным информационным образовательным ресурсам, информационной базе данных, в том числе библиографической, возможность выхода в Интернет.

Департамент:

- обеспечивает доступность всего необходимого учебно-методического и справочного материала;
- разрабатывает: учебно-методические комплексы, программы, пособия, материалы по учебным дисциплинам в соответствии с Федеральными государственными образовательными стандартами;
- методические рекомендации, пособия по организации самостоятельной работы студентов;
- задания для самостоятельной работы;
- темы рефератов и докладов;
- вопросы к экзаменам и зачетам.

Изучение каждой дисциплины заканчивается определенными методами контроля, к которым относятся: текущая аттестация, зачеты и экзамены. Требования к организации подготовки к экзаменам те же, что и при занятиях в течение семестра, но соблюдаться они должны более строго. При подготовке к экзаменам у студента должен быть хороший учебник или конспект литературы, прочитанной по указанию преподавателя в течение семестра. Первоначально следует просмотреть весь материал по сдаваемой дисциплине, отметить для себя трудные вопросы. Обязательно в них разобраться. В заключение еще раз целесообразно повторить основные положения, используя при этом опорные конспекты лекций. Систематическая подготовка к занятиям в течение семестра позволит использовать время экзаменационной сессии для систематизации знаний. Если в процессе самостоятельной работы над изучением теоретического материала или при решении задач у студента возникают вопросы, разрешить которые самостоятельно не удастся, необходимо обратиться к преподавателю для получения у него разъяснений или указаний. В своих вопросах студент

должен четко выразить, в чем он испытывает затруднения, характер этого затруднения. За консультацией следует обращаться и в случае, если возникнут сомнения в правильности ответов на вопросы самопроверки.

## **7. МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ**

Для проведения исследований, связанных с выполнением задания по практике, а также для организации самостоятельной работы студентам доступно следующее лабораторное оборудование и специализированные кабинеты, соответствующие действующим санитарным и противопожарным нормам, а также требованиям техники безопасности при проведении учебных и научно-производственных работ:

<b>Наименование оборудованных помещений и помещений для самостоятельной работы</b>	<b>Перечень основного оборудования</b>
Компьютерный класс, ауд. Е559г	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty
Компьютерный класс, ауд. Е559а	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty
Читальные залы Научной библиотеки ДВФУ с открытым доступом к фонду (корпус А - уровень 10)	Моноблок HP ProOne 400 All-in-One 19,5 (1600x900), Core i3-4150T, 4GB DDR3-1600 (1x4GB), 1TB HDD 7200 SATA, DVD+/-RW, GigEth, Wi-Fi, BT, usb kbd/mse, Win7Pro (64-bit)+Win8.1Pro(64-bit), 1-1-1 Wty Скорость доступа в Интернет 500 Мбит/сек. Рабочие места для людей с ограниченными возможностями здоровья оснащены дисплеями и принтерами Брайля; оборудованы: портативными устройствами для чтения плоскочечатных текстов, сканирующими и читающими машинами видеоувеличителем с возможностью регуляции цветовых спектров; увеличивающими электронными лупами и ультразвуковыми маркировщиками
Мультимедийная аудитория Е933, Е934, Е433	проектор 3-chip DLP, 10 600 ANSI-лм, WUXGA 1 920x1 200 (16:10) PT-DZ110XE Panasonic; экран 316x500 см, 16:10 с эл. приводом; крепление настенно-потолочное Elpro Large Electrol Projecta; профессиональная ЖК-панель 47", 500 Кд/м2, Full HD M4716CCBA LG; подсистема видеоисточников документ-камера CP355AF Avervision; подсистема видеокоммутации; подсистема аудиокоммутации и звукоусиления; подсистема интерактивного управления; беспроводные ЛВС обеспечены системой на базе точек доступа 802.11a/b/g/n 2x2 MIMO(2SS)

В целях обеспечения специальных условий обучения инвалидов и лиц с ограниченными возможностями здоровья в ДВФУ все здания оборудованы пандусами, лифтами, подъемниками, специализированными местами, оснащенными туалетными комнатами, табличками информационно-навигационной поддержки.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДФУ)

---

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ САМОСТОЯТЕЛЬНОЙ  
РАБОТЫ ОБУЧАЮЩИХСЯ**

**по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях»**  
Направление подготовки: 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
программа «Организация и управление инжинирингом теплоэнергетических  
систем»

Форма подготовки: очная

**Владивосток**  
**2022**

**План-график выполнения самостоятельной работы по дисциплине  
«Экологическая безопасность на электростанциях»**

<b>№ п/п</b>	<b>Дата/сроки выполнения</b>	<b>Вид самостоятельной работы</b>	<b>Примерные нормы времени на выполнение</b>	<b>Форма контроля</b>
1	1 курс 2 семестр	Изучение основной, дополнительной литературы и нормативных документов, по теме «Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике»	6	УО-1.1- УО-1.8
2	1 курс 2 семестр	Изучение основной, дополнительной литературы и нормативных документов, по теме «Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях»	6	УО-1.9- УО-1.27,
3	1 курс 2 семестр	Изучение основной, дополнительной литературы и нормативных документов, по теме «Атомные электростанции и окружающая среда»	6	УО-1.28- УО-1.38
4	1 курс 2 семестр	Выполнение расчетно-графической работы «Воздействие ТЭС на окружающую среду»	30	ПР-1
5	1 курс 2 семестр	Подготовка к зачету	6	Зачет Вопросы 1-46

## Характеристика заданий для самостоятельной работы обучающихся и методические рекомендации по их выполнению.

Задание №1-3 (п.1-3). Изучение учебников, методических пособий и нормативной литературы, приведенных в списке основной и вспомогательной литературы [на тему «Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике», «Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях», «Атомные электростанции и окружающая среда»].

Студенты самостоятельно изучают электронное учебное пособие по заданным тематикам. В ходе организации самостоятельного изучения учебного пособия студентами решаются следующие задачи:

- углублять и расширять профессиональные знания студентов;
- сформировать интерес к учебно-познавательной деятельности;
- научить студентов овладевать приемами процесса познания;
- развивать у них самостоятельность, активность, ответственность;
- развивать познавательные способности будущих специалистов.

Задание №4. Выполнение Расчетно-графической работы №1. Расчет воздействия ТЭС на окружающую среду. Ниже приведены методические рекомендации по выполнению данного задания.

Ниже рассмотрен пример расчетно-графического задания по расчету воздействия ТЭС на окружающую среду

### Исходные данные:

1. Котел паровой БКЗ-500-140 (3 шт.), КПД=91,3%, расход топлива 17,46 кг/с;
2. Котел водогрейный КВ-Т-100 (4 шт.), КПД=90,04%, расход топлива 5,6 кг/с;
3. Топливо каменный уголь Нерюнгринского месторождения;
4. Топка с твердым шлакоудалением;
5. Температура уходящих газов  $140^{\circ}\text{C}$ ,  $\alpha=1,2$ .

Таблица 1

Табличные характеристики топлива Нерюнгринского месторождения

Наименование	Обозначение	Размерность	Содержание по весу
Углерод	$C_m^p$	%	57,6
Водород	$H_m^p$	%	3,1
Кислород	$O_m^p$	%	4,7
Азот	$N_m^p$	%	0,5
Сера	$S_m^p$	%	0,3

Зольность	$A_m^p$	%	25,8
Влажность	$W_m^p$	%	8
Низшая теплота сгорания	$(Q_H^p)_m$	кДж/кг	21860
Вход летучих	$Y^{daf}$	%	21

Таблица 2

Объемы воздуха и продуктов сгорания

№	Наименование	Единицы	Значение
1	Теор объем воздуха	м <sup>3</sup> /кг	5,795631
2	Теор объем продуктов сгорания	м <sup>3</sup> /кг	7,494568
3	Объем 2х-атомных газов	м <sup>3</sup> /кг	4,582549
4	Объем 3х-атомных газов	м <sup>3</sup> /кг	1,076915
5	Объем водяных паров	м <sup>3</sup> /кг	0,53661

Таблица 3

Присосы воздуха по участкам при номинальной нагрузке  
на котле БКЗ-500-140

№	Наименование участка	Присосы воздуха $\Delta\alpha$	Коэф избытка на выходе $\alpha''=\alpha'+\Delta\alpha$	Ср значение коэф изб возд по поверхности
1	Топка	0,10	1,23	1,18
2	Ширма 1,2	0	1,23	1,23
3	КПП-1	0,03	1,26	1,25
4	КПП-2	0,03	1,29	1,28
5	КПП-3	0,03	1,32	1,31
6	ВЭК-2	0,02	1,34	1,33
7	ВЗП-2	0,03	1,37	1,36
8	ВЭК-1	0,02	1,39	1,38
9	ВЗП-1	0,03	1,42	1,41

Таблица 4

Присосы воздуха по участкам при номинальной нагрузке  
на котле КВ-ТК-100

№	Наименование участка	Присосы воздуха $\Delta\alpha$	Коэф избытка на выходе $\alpha''=\alpha'+\Delta\alpha$	Ср значение коэф изб возд по поверхности
1	Топка	0,10	1,23	1,18
2	ВЭК-1	0,02	0,02	1,27
3	ВЗП-1	0,03	0,03	1,30

## Оборудование ТЭЦ мощностью 340 МВт

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
1	Котел паровой	БКЗ-500-140-1	3	D=500т/ч; P=140 атм
2	Турбина	ПТ-80/100-12,8/1,28	1	N(макс)=100МВт; P=130 атм; T=555 С; P(п.отб)=12,8 атм; P(т.отб)=1,28 атм
3	Турбина	T-110/120-130	2	N(макс)=120 МВт; P=130 атм; T=555 С; P(отоп.отб)=0,059 МПа
4	ПВД №7	ПВ-450-230-50	2	P(п)=3,36МПа; t(п)=387 С
5	ПВД №6	ПВ-450-230-35	2	P(п)=2.175МПа; t(п)=338 С
6	ПВД №5	ПВ-450-230-25	2	P(п)=1.13МПа; t(п)=263 С
7	Деаэратор 0,6 МПа	ДП-500/120	2	D=500т/ч;P=6 атм;T=164 С
8	ПНД №4	ПН-250-16-7-IV	2	P(п)=0.542МПа; t(п)=190 С
9	ПНД №3	ПН-250-16-7-IV	2	P(п)=0.278МПа; t(п)=130 С
10	ПНД №2	ПН-250-16-7-IV	2	P(п)=0.08МПа
11	ПНД №1	ПН-250-16-7-III	2	P(п)=0.02МПа
12	Питательный насос	ПЭ-500-180	4	G=500 м3/ч; H=180 м;
13	Конденсатный насос	КсВ 320-160-2	6	G=320 м3/ч; H=160 м;
14	Конденсатор	КГ2-6200-III	4	F=6200м2; W=16000 м3/ч
15	Конденсатор	80 КЦСТ-1	1	F=3000 м2; W=8000 м3/ч
16	Подогреватель С.В.	ПСГ-2300-2-8-I	1	P(воды)=0,8 МПа; P(пара)=0,2 МПа;
17	Подогреватель С.В.	ПСГ-2300-2-8-II	1	P(воды)=0,8 МПа; P(пара)=0,2 МПа;
18	ПВД №7	ПВ-500-230-50	1	P(п)=4,2 МПа; h(п)=777,6ккал/кг
19	ПВД №6	ПВ-425-230-35-1	1	P(п)=2,4 МПа; h(п)=746,9ккал/кг
20	ПВД №5	ПВ-425-230-23-1	1	P(п)=1,17 МПа; h(п)=709,5 ккал/кг
21	Деаэратор 0,6 МПа	ДП-225/65	1	D=225 т/ч;P=6 атм;T=158,08 С

Продолжение таблицы 5

Поз.	Обозначение	Наименование	Кол.	Примечание
22	ПНД №4	ПН-200-16-7-1	1	$P(p)=3,48$ атм; $h(p)=665,5$ ккал/кг
23	ПНД №3	ПН-200-16-7-1	1	$P(p)=0,84$ атм; $h(p)=614,5$ ккал/кг
24	ПНД №2	ПН-130-16-7-11	1	$P(p)=0,32$ атм; $h(p)=586,9$ ккал/кг
25	ПНД №1	Встроен в конденсатор	1	$P(p)=0,032$ атм; $Th(p)=553,9$ ккал/кг
26	Подогреватель С.В.	ПСГ-1300-3-8-10	2	$P(\text{воды})=0,8$ МПа; $P(\text{пара})=0,3$ МПа;
27	ПВК	КВТК-100	4	$T(\text{вх})=400$ С; $D(\text{в})=230$ т/ч; $T(\text{вых})=179$ С
28	Сетевой насос	СЭ-2500-180	6	$G=2500$ м <sup>3</sup> /ч; $H=180$ м
29	Деаэратор 0,12 МПа	ДА-25/8	1	$P=0,12$ МПа; $T(\text{воды})=104,25$ С
30	Деаэратор 0,12 МПа	ДА-100-25	1	$P=0,12$ МПа; $T(\text{воды})=104,25$ С
31	Деаэратор вакуумный	ДВ-400М	1	$P=0,05$ МПа; $T(\text{воды})=40-80$ С
32	Подпиточный насос	К-200-150-315	2	$G=315$ м <sup>3</sup> /ч; $H=32$ м;

## Расчет выбросов вредных веществ в окружающую среду

### Выбор типа золоуловителей

Проблема охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов является одной из наиболее острых проблем современности. Развитие энергетики и промышленности неизбежно сопровождается увеличением потребления органического топлива, обрабатываемых материалов и соответствующим ростом количества образующихся токсичных веществ.

Требования к полноте улавливания золы могут определяться санитарно-гигиеническими условиями обеспечения чистоты атмосферного воздуха, необходимостью защиты технологического оборудования, а также стоимостью уловленного продукта. К основным требованиям, предъявляемым к системам пыле- и золоулавливания, относятся высокая эффективность и эксплуатационная надёжность.

Практически все угольные котлоагрегаты Минэнерго СССР оснащены золоуловителями трех основных типов – электрофильтрами, мокрыми инерционными и сухими инерционными.

Выбор типа золоуловителя производится после изучения условий их применения, конструктивных и эксплуатационных особенностей на основании требований к системам золоулавливания.

Мной был выбран мокрый инерционный золоуловитель, так как этот аппарат достаточно экономичен, широко используется на котлах и соответствует условию его применения  $(CaO)2A_{пр} < 200$ , что в моем случае составляет  $83,96 < 200$ .

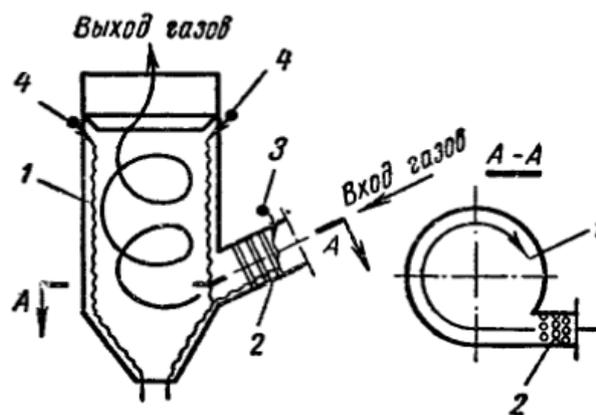


Рисунок 3.1 – Мокрый инерционный золоуловитель

1 – корпус; 2 – прутковая решетка; 3 и 4 – форсунки.

Число однотипных котлоагрегатов принято равным 4.

### Расчеты по паровым котлам типа БКЗ-500-140

Таблица 6 – Расчет мокрого инерционного золоуловителя

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Количество очищаемого газа	$V_z$	м <sup>3</sup> /с	$V_z = B \left[ V_z^0 + V^0 (\alpha_{yx} - 1) \right] \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \frac{273 + t_{yx}}{273}$	579,497
Расход топлива при полной загрузке оборудования	$B$	кг/с	$B = 3b_p$	52,38
Теоретический объем продуктов сгорания	$V_z^0$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	7,495
Теоретически необходимое количество воздуха	$V^0$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	5,796
Избыток воздуха в уходящих газах	$\alpha_{yx}$	-	Таблица 3	1,41
Температура уходящих газов	$t_{yx}$	°С	Задана	140
Запыленность газа	$c_{ex}$	г/м <sup>3</sup>	$c_{ex} = \frac{0,01B \left( a_{yh} A^p - q_4^{yh} \frac{Q_n^p}{7800} \right)}{V_z}$	18,41
Зольность топлива на рабочую массу	$A_p$	%	Таблица 1	25,8
Низшая теплота сгорания топлива	$Q_{нр}$	ккал/кг	Таблица 1	5222,169
Плотность газов в рабочих условиях	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	$\rho = \rho_0 \frac{273}{273 + t}$	0,879
Плотность дымовых газов при нормальных условиях	$\rho_0$	кг/м <sup>3</sup>	Принимается	1,33
Сечение каплеуловителя	$\omega$	м <sup>2</sup>	$\omega = \frac{V_z}{U_{Kz}}$	14,49

Окончание таблицы 6

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Число каплеуловителей на один котел	$z$	-	Принимается с последующим уточнением	8
Скорость газа в сечении каплеуловителя	$U_K$	м/с	Принимается	5
Подбирается сечение по типоразмеру золоуловителя, $\omega = 14,487 \text{ м}^2$				
Степень проскока	$\varepsilon$	-	Принимается в диапазоне 0,1-0,18	0,061
Параметр золоулавливания	$\Pi$	-	Принимается в зависимости от степени проскока	2,8
Удельный расход протекающей жидкости	$Q_x$	кг/м <sup>3</sup>	Принимается в диапазоне 0,12 – 0,2 так, чтобы соблюдалось условие $\Pi = \sqrt{Q_x U_2}$	0,14
Скорость воды в горловине Вентури	$U_\Gamma$	м/с	Принимается в диапазоне 50 – 70 так, чтобы соблюдалось условие $\Pi = \sqrt{Q_x U_2}$	56
Сечение горловины трубы Вентури	$\omega_2$	м <sup>2</sup>	$\omega_2 = \frac{V_2}{z_1 u_2}$	1,29
Число труб Вентури на один каплеуловитель	$z_1$	-	Принимается с последующим уточнением	8
Общее гидравлическое сопротивление коагулятора Вентури и каплеуловителя	$\Delta p$	Па	$\Delta p = (0,25 + 0,01 Q_x U_2) \frac{\rho U_2^2}{2} + 2,7 \frac{\rho U_{вх}^2}{2}$	922,4
Скорость газа на входе в каплеуловитель	$U_{вх}$	м/с	Принимается	20

По результатам расчетов был выбран следующий типоразмер золоуловителя

Каплеуловитель				Горловина трубы Вентури	
Диаметр, м	Высота, м	Активное сечение, м <sup>2</sup>	Активное сечение входного патрубка, м <sup>2</sup>	Размеры, м	Сечение, м <sup>2</sup>
4,5	15,25	15,2	3,88	0,57 x 2,28	1,3

### Расчет валовых выбросов вредных веществ

При сжигании топлива в атмосферу выбрасывается SO<sub>2</sub>, который потом окисляется до SO<sub>3</sub>. Соединяясь с водой, оксиды серы образуют серную и сернистую кислоты, которые, взаимодействуя с пылевыми частицами, образуют сульфаты и сульфиды. Накопление кислот и сульфатов в атмосфере приводит к выпадению кислотных осадков.

Оксиды азота также участвуют в образовании кислотных дождей. Азотная кислота, образуемая из оксидов азота, составляет около 35% от всех кислот, содержащихся в дождевой воде. Оксиды азота принимают участие в образовании фотохимического смога, что приводит к вторичному загрязнению атмосферы городов. Высокие уровни оксидов азота приводят к учащению случаев катара верхних дыхательных путей, бронхита и воспаления легких у населения.

Бенз(а)пирен имеет свойство накапливаться. Накопление его преимущественно в почве, меньше в воде. Из почвы он попадает в ткани растений и дальше распространяется по трофическим цепям. Будучи химически стойким соединением, может длительное время переходить от одного к другому объекту (организму). Бенз(а)пирен оказывает мутагенное воздействие, вызывает злокачественные опухоли (рак).

В зонах интенсивных пылевых загрязнений возникает ряд специфических заболеваний. К ним, среди прочих, относятся силикоз и асбестоз, приводящие к изменению тканей легких. Гигроскопические пыли могут обезвоживать поверхности листьев растений, образуя на них корку, что нарушает естественные процессы обмена.

Таблица 7 – Валовые выбросы вредных веществ

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Расчет выбросов твердых частиц				
Количество выбрасываемых твердых частиц	$M_{mg}$	г/с	$M_{mg} = 0,01B \left( a_{yn} A^p + q_4^{yn} \frac{Q_n^p}{7800} \right) (1 - \eta_3)$	438,06
Доля золы в уносе	$a_{yn}$	-	по таблице XIX [3]	0,8
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$\eta_3$	-	Принимается	0,96
Расчет выбросов оксидов серы				
Количество оксидов серы SO2 и SO3 в перерасчете на SO2	$M_{SO_2}$	г/с	$M_{SO_2} = 0,02BS^p (1 - \eta'_{SO_2}) (1 - \eta''_{SO_2})$	268,71
Содержание серы в топливе на рабочую массу	$S_p$	%	По таблице 1	0,3
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$\eta_{SO_2}'$	-	Принимается	0,5
Доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц	$\eta_{SO_2}''$	-	Принимается	0,1
Выбросы оксида углерода равны 0, так как потеря тепла от механического недожога равна 0				
Расчет выбросов оксида азота				
Массовый выброс оксидов азота	$M_{NO_x}$	г/с	$M_{NO_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} KBQ_H^p \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \beta_1 (1 - \varepsilon_1 r) \beta_2 \beta_3 \varepsilon_2$	138,505

Продолжение таблицы 7

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжи-гаемого топлива	$\beta_1$	-	$\beta_1 = 0,178 + 0,47 N_a$	0,413
Коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок)	$\beta_2$	-	Принимается	1
Коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления	$\beta_3$	-	Принимается	1
Коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку	$\varepsilon_1$	-	Принимается	1
Коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче воздуха помимо основных горелок	$\varepsilon_2$	-	Принимается	1
Содержание азота в сухой массе топлива	K	-	$K = \frac{12D_\phi}{200 + D}$	8,571

Продолжение таблицы 7

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Расчет концентрации бенз(а)пирена				
Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов	$C_T$	мкг/м <sup>3</sup>	$C_T = \frac{AQ_i^r}{e^{1.5\alpha_m}} K_D K_{zy}$	1,363
Коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки	A	-	Принимается	0,521
Низшая теплота сгорания топлива	$Q_i^r$	МДж/кг	Таблица 1	21,86
Коэффициент, учитывающий нагрузку котла	$K_D$	-	$K_D = (D_\phi / D_n)^{1,1}$	1
Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями	$K_{zy}$	-	$K_{zy} = 1 - h_{zy} \cdot Z / 100$	0,99
Коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями	Z	-	Принимается	0,8
Масса выброса бенз(а)пирена	$M_{\text{бп}}$	г/с	$M_{\text{бп}} = B V_{cr} C_{\text{бп}} \cdot 10^6$	0,00066
Объем сухих дымовых газов при $\alpha = 1,4$	$V_{cr}$	м <sup>3</sup> /кг	$V_{cr} = V_z + 0,984(a-1) \cdot V^o - V_{H_2O}^o$	9,24
Объем водяных паров	$V_{H_2O}^o$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	0,54

## **Выбор типа и числа дымовых труб**

Число и тип дымовых труб необходимо выбирать, ориентируясь на прогрессивные конструкции, исходя из условий надежной работы станции и с учетом технико-экономических соображений.

С точки зрения создания мощного дымового факела и снижения капитальных затрат на сооружение труб было бы желательным выполнение на ТЭС одной трубы.

В то же время уменьшение числа труб приводит к увеличению длины газоходов от котла до дымовой трубы. Этот фактор противодействует уменьшению числа дымовых труб, поэтому должен учитываться при технико-экономическом сравнении вариантов с разным числом дымовых труб.

В нашем случае оптимальным вариантом будет подключение блоков к одной дымовой трубе по схеме, изображенной на рисунке 1.

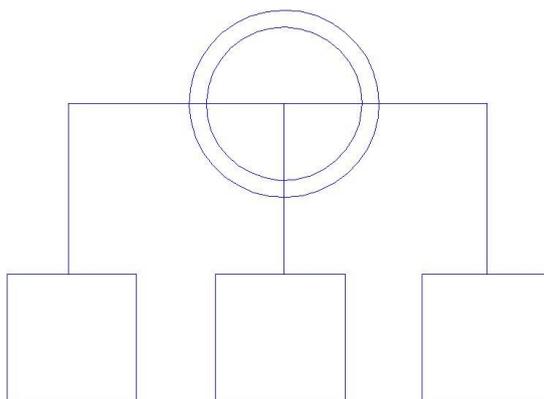


Рисунок 1 – Схема подключения блоков к дымовой трубе

## **Расчет высоты дымовой трубы.**

Расчет рассеивания вредных примесей ведется для неблагоприятных метеорологических условий, когда скорость ветра достигает опасного значения и имеет место интенсивный вертикальный турбулентный обмен в атмосфере.

Под опасной понимается такая скорость ветра, когда для заданного состояния атмосферы концентрации вредных примесей на уровне дыхания людей достигают своей максимальной величины.

Таблица 8 – Расчет высоты дымовой трубы

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Параметр	$v_m$	-	$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_z \Delta T}{h}}$	4,96
Разность между температурой выбрасываемых газов и средней температурой воздуха	$\Delta T$	°C	$\Delta T = T_{yx} - T_B$	115,2
Параметр	$f$	-	$f = \frac{10^3 \omega_0^2 D_0}{h^2 \Delta T}$	0,973
Скорость выхода газов из устья трубы	$\omega_0$	м/с	$\omega_0 = \frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot D_0^2}$	20,5
Геометрическая высота трубы	$h$	м	Принимается с дальнейшим уточнением	150
Диаметр устья дымовой трубы	$D_0$	м	Принимается с дальнейшим уточнением	6
Опасная скорость ветра на уровне флюгера	$U_m$	м/с	$U_m = v_m (1 + 0,12 \sqrt{f})$	5,55
Коэффициент	$m$	-	$m = \frac{1}{0,67 + 0,1 \sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}}$	0,904
Коэффициент	$n$	-	Принимается	1
ПДК диоксида серы	$ПДК_{SO_2}$	мг/м <sup>3</sup>		0,5
ПДК диоксида азота	$ПДК_{NO_2}$	мг/м <sup>3</sup>		0,085

Окончание таблицы 8

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
ПДК твердых частиц	$ПДК_{тв}$	мг/м <sup>3</sup>		0,035
Коэффициент, определяющий условие вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе	A	$c^{2/3} \text{ м}^2 / \text{К}^{1/3}$	Принимается для Дальнего Востока	200
Безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе	F	-	Принимается для газообразных веществ	1
Высота дымовой трубы уточненная по выбросам серы и азота	h'	м	$h = \sqrt[3]{AFmn \left( \frac{M_{SO_2} + \frac{ПДК_{SO_2} * M_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}}}{ПДК_{SO_2}} \right) \times \sqrt[3]{\frac{z}{V_2 \Delta T}}}$	98,3
Число дымовых труб	Z	-	Принимается	1

По результатам расчетов высота дымовой трубы для паровых котлов принимается равной 150 м.

## Расчет максимальных приземных концентраций

Максимальная приземная концентрация вредных веществ для выброса из одиночного точечного источника с круглым устьем определяется по формуле:

$$C_M = \frac{AMFmn}{h^2 \sqrt[3]{V_d \Delta T}}$$

по выбросам серы  $C_M=0,053$ ,

по выбросам азота  $C_M=0,027$ .

Удовлетворительные санитарно-гигиенические результаты обеспечивается при выполнении неравенства

$$\frac{C_M^i}{ПДК_i} + \Phi_i \leq 0.45$$

по выбросам серы  $0,107 < 0,45$ ,

по выбросам азота  $0,322 < 0,45$ .

Следовательно, условия выполнены.

## Расчеты по водогрейным котлам типа КВ-ТК-100

Таблица 9 – Расчет мокрого инерционного золоуловителя

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Количество очищаемого газа	$V_z$	м <sup>3</sup> /с	$V_z = B[V_z^0 + V^0(\alpha_{yx} - 1)] \left(1 - \frac{q_4}{100}\right) \frac{273 + t_{yx}}{273}$	247,82
Расход топлива при полной загрузке оборудования	$B$	кг/с	$B = 4b_p$	22,4
Теоретический объем продуктов сгорания	$V_z^0$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	7,495
Теоретически необходимое количество воздуха	$V^0$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	5,796
Избыток воздуха в уходящих газах	$\alpha_{yx}$	-	Таблица 4	1,3
Температура уходящих газов	$t_{yx}$	°С	Принимается	140
Запыленность газа	$c_{ex}$	г/м <sup>3</sup>	$c_{ex} = \frac{0,01B \left( a_{yn} A^p - q_4^{yn} \frac{Q_n^p}{7800} \right)}{V_z}$	18,41
Зольность топлива на рабочую массу	$A_p$	%	Таблица 1	25,8
Низшая теплота сгорания топлива	$Q_{np}$	ккал/кг	Таблица 1	5222,169
Плотность газов в рабочих условиях	$\rho$	кг/м <sup>3</sup>	$\rho = \rho_0 \frac{273}{273 + t}$	0,879
Плотность дымовых газов при нормальных условиях	$\rho_0$	кг/м <sup>3</sup>	Принимается	1,33
Сечение каплеуловителя	$\omega$	м <sup>2</sup>	$\omega = \frac{V_z}{U_k z}$	6,195

Окончание таблицы 9

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Число каплеуловителей на один котел	$z$	-	Принимается с последующим уточнением	8
Скорость газа в сечении каплеуловителя	$U_K$	м/с	Принимается	5
Подбирается сечение по типоразмеру золоуловителя, $\omega = 14,487 \text{ м}^2$				
Степень проскока	$\varepsilon$	-	Принимается в диапазоне 0,1-0,18	0,068
Параметр золоулавливания	$\Pi$	-	Принимается в зависимости от степени проскока	2,9
Удельный расход протекающей жидкости	$Q_x$	кг/м <sup>3</sup>	Принимается в диапазоне 0,12 – 0,2 так, чтобы соблюдалось условие $\Pi = \sqrt{Q_x U_2}$	0,14
Скорость воды в горловине Вентури	$U_\Gamma$	м/с	Принимается в диапазоне 50 – 70 так, чтобы соблюдалось условие $\Pi = \sqrt{Q_x U_2}$	60
Сечение горловины трубы Вентури	$\omega_2$	м <sup>2</sup>	$\omega_2 = \frac{V_2}{z_1 u_2}$	0,516
Число труб Вентури на один каплеуловитель	$z_1$	-	Принимается с последующим уточнением	8
Общее гидравлическое сопротивление коагулятора Вентури и каплеуловителя	$\Delta p$	Па	$\Delta p = (0,25 + 0,01 Q_x U_2) \frac{\rho U_2^2}{2} + 2,7 \frac{\rho U_{вх}^2}{2}$	973,03
Скорость газа на входе в каплеуловитель	$U_{вх}$	м/с	Принимается	20

По результатам расчетов был выбран следующий типоразмер золоуловителя

Каплеуловитель				Горловина трубы Вентури	
Диаметр, м	Высота, м	Активное сечение, м <sup>2</sup>	Активное сечение входного патрубка, м <sup>2</sup>	Размеры, м	Сечение, м <sup>2</sup>
3,0	10,32	6,6	1,67	0,43 x 1,23	0,530

## Расчет валовых выбросов вредных веществ

Таблица 10 – Валовые выбросы вредных веществ

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
<b>Расчет выбросов твердых частиц</b>				
Количество выбрасываемых твердых частиц	$M_{me}$	г/с	$M_{me} = 0,01B \left( a_{yn} A^p + q_4^{yn} \frac{Q_n^p}{7800} \right) (1 - \eta_3)$	187,3
Доля золы в уносе	$a_{yn}$	-	по таблице XIX [3]	0,8
Доля твердых частиц, улавливаемых в золоуловителях	$\eta_3$	-	Принимается	0,96
<b>Расчет выбросов оксидов серы</b>				
Количество оксидов серы SO2 и SO3 в перерасчете на SO2	$M_{SO_2}$	г/с	$M_{SO_2} = 0,02BS^p (1 - \eta'_{SO_2}) (1 - \eta''_{SO_2})$	114,9
Содержание серы в топливе на рабочую массу	$S_p$	%	По таблице 1	0,3
Доля оксидов серы, связываемых летучей золой в котле	$\eta_{SO_2}'$	-	Принимается	0,5
Доля оксидов серы, улавливаемых в золоуловителе попутно с улавливанием твердых частиц	$\eta_{SO_2}''$	-	Принимается	0,1
Выбросы оксида углерода равны 0, так как потеря тепла от механического недожога равна 0				
<b>Расчет выбросов оксида азота</b>				
Массовый выброс оксидов азота	$M_{NO_x}$	г/с	$M_{NO_2} = 0.34 \cdot 10^{-7} KBQ_H^p \left( 1 - \frac{q_4}{100} \right) \beta_1 (1 - \varepsilon_1 r) \beta_2 \beta_3 \varepsilon_2$	9,39

Продолжение таблицы 10

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Коэффициент, учитывающий влияние на выход оксидов азота качества сжи-гаемого топлива	$\beta_1$	-	$\beta_1 = 0,178 + 0,47 N_a$	0,413
Коэффициент, учитывающий конструкцию горелок (для вихревых горелок)	$\beta_2$	-	Принимается	1
Коэффициент, учитывающий вид шлакоудаления	$\beta_3$	-	Принимается	1
Коэффициент, характеризующий эффективность воздействия рециркулирующих газов в зависимости от условий подачи их в топку	$\varepsilon_1$	-	Принимается	1
Коэффициент, характеризующий снижение выброса оксидов азота при подаче воздуха помимо основных горелок	$\varepsilon_2$	-	Принимается	1
Содержание азота в сухой массе топлива	K	-	$K = \frac{2,5Q_\phi}{84 + Q}$	1,36

Продолжение таблицы 10

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Расчет концентрации бенз(а)пирена				
Концентрация бенз(а)пирена в сухих дымовых газах котлов	$C_T$	мкг/м <sup>3</sup>	$C_T = \frac{AQ_i^r}{e^{1.5\alpha_m}} K_d K_{zy}$	1,363
Коэффициент, характеризующий конструкцию нижней части топки	A	-	Принимается	0,521
Низшая теплота сгорания топлива	$Q_i^r$	МДж/кг	Таблица 7	21,86
Коэффициент, учитывающий нагрузку котла	$K_d$	-	$K_d = (D_\phi / D_n)^{1,1}$	1
Коэффициент, учитывающий степень улавливания бенз(а)пирена золоуловителями	$K_{zy}$	-	$K_{zy} = 1 - h_{zy} \cdot Z / 100$	0,99
Коэффициент, учитывающий снижение улавливающей способности бенз(а)пирена золоуловителями	Z	-	Принимается	0,8
Масса выброса бенз(а)пирена	$M_{\text{бп}}$	г/с	$M_{\text{бп}} = B V_{cr} C_{\text{бп}} \cdot 10^6$	0,00028
Объем сухих дымовых газов при $\alpha = 1,4$	$V_{cr}$	м <sup>3</sup> /кг	$V_{cr} = V_z + 0,984(a-1) \cdot V^o - V_{H_2O}^o$	9,24
Объем водяных паров	$V_{H_2O}^o$	м <sup>3</sup> /кг	Таблица 2	0,54

## Выбор типа и числа дымовых труб

Число и тип дымовых труб необходимо выбирать, ориентируясь на прогрессивные конструкции, исходя из условий надежной работы станции и с учетом технико-экономических соображений.

С точки зрения создания мощного дымового факела и снижения капитальных затрат на сооружение труб было бы желательным выполнение на ТЭС одной трубы.

В то же время уменьшение числа труб приводит к увеличению длины газоходов от котла до дымовой трубы. Этот фактор противодействует уменьшению числа дымовых труб, поэтому должен учитываться при технико-экономическом сравнении вариантов с разным числом дымовых труб.

В нашем случае оптимальным вариантом будет подключение блоков к одной дымовой трубе по схеме, изображенной на рисунке 2.

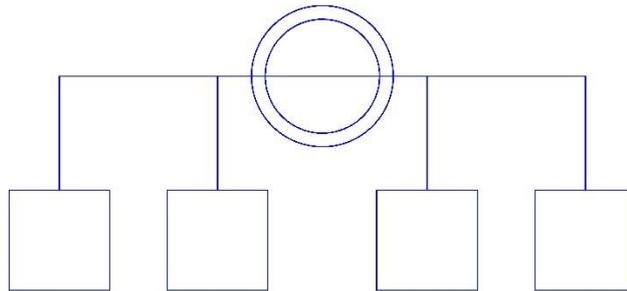


Рисунок 2 – Схема подключения блоков к дымовой трубе

### Расчет высоты дымовой трубы.

Таблица 11 – Расчет высоты дымовой трубы

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
Параметр	$v_m$	-	$v_m = 0,65^3 \sqrt{\frac{V_z \Delta T}{h}}$	5,074
Разность между температурой выбрасываемых газов и средней температурой воздуха	$\Delta T$	°C	$\Delta T = T_{yx} - T_B$	115,2
Параметр	$f$	-	$f = \frac{10^3 \omega_0^2 D_0}{h^2 \Delta T}$	2,172
Скорость выхода газов из устья трубы	$\omega_0$	м/с	$\omega_0 = \frac{4 \cdot V_z}{\pi \cdot D_0^2}$	13,7
Геометрическая высота трубы	$h$	м	Принимается с дальнейшим уточнением	60
Диаметр устья дымовой трубы	$D_0$	м	Принимается с дальнейшим уточнением	4,8
Опасная скорость ветра на уровне флюгера	$U_m$	м/с	$U_m = v_m (1 + 0,12\sqrt{f})$	5,97
Коэффициент	$m$	-	$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34^3\sqrt{f}}$	0,795
Коэффициент	$n$	-	Принимается	1
ПДК диоксида серы	$ПДК_{SO_2}$	мг/м <sup>3</sup>		0,5
ПДК диоксида азота	$ПДК_{NO_2}$	мг/м <sup>3</sup>		0,085

Окончание таблицы 11

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение
ПДК твердых частиц	$ПДК_{тв}$	мг/м <sup>3</sup>		0,035
Коэффициент, определяющий условие вертикального и горизонтального рассеивания вредных веществ в атмосферном воздухе	A	$c^{2/3} \text{ м}^2 / \text{К}^{1/3}$	Принимается для Дальнего Востока	200
Безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе	F	-	Принимается для газообразных веществ	1
Высота дымовой трубы уточненная по выбросам серы и азота	h'	м	$h = \sqrt[3]{AFmn \left( \frac{M_{SO_2} + \frac{ПДК_{SO_2} * M_{NO_2}}{ПДК_{NO_2}}}{ПДК_{SO_2}} \right) \times \sqrt[3]{\frac{z}{V_2 \Delta T}}}$	42,08
Число дымовых труб	Z	-	Принимается	1

По результатам расчетов высота дымовой трубы для водогрейных котлов принимается равной 60м.

## Расчет максимальных приземных концентраций

Максимальная приземная концентрация вредных веществ для выброса из одиночного точечного источника с круглым устьем определяется по формуле:

$$C_M = \frac{AMFmn}{h^2 \sqrt[3]{V_a \Delta T}}$$

по выбросам серы  $C_M=0,166$ ,

по выбросам азота  $C_M=0,014$ .

Удовлетворительные санитарно-гигиенические результаты обеспечиваются при выполнении неравенства

$$\frac{C_M^i}{ПДК_i} + \Phi_i \leq 0.45$$

по выбросам серы  $0,332 < 0,45$ ,

по выбросам азота  $0,159 < 0,45$ .

Следовательно, условия выполнены.

Ориентировочные шумовые характеристики оборудования ТЭС  
для предварительных расчетов внутри помещений

Оборудование	Уровни звуковой мощности, дБ, в октавных полосах со среднегеометрическими частотами, Гц									Характер шума
	31,5	63	125	250	500	1000	2000	4000	8000	
1. Турбина:										
1.1. паровая ПТ-80/100 №1	125-130	125-130	120-125	120-125	120-125	115-120	115-120	110-115	100-105	Широкополосный, с тональными составляющими
1.2. паровая Т-110/120 №2	125-130	125-130	120-125	120-125	120-125	115-120	115-120	110-115	100-105	Широкополосный, с тональными составляющими
1.3. паровая Т-110/120 №3	125-130	125-130	120-125	120-125	120-125	115-120	115-120	110-115	100-105	Широкополосный, с тональными составляющими
2.1. Редукционно-охлаждающая установка (РОУ-14/0,12) №1	100-105	100-105	95-100	95-100	95-105	110-115	110-120	110-120	110-120	Широкополосный, постоянный
2.2. Редукционно-охлаждающая установка (РОУ-14/0,12) №2	100-105	100-105	95-100	95-100	95-105	110-115	110-120	110-120	110-120	Широкополосный, постоянный
2.3. Редукционно-охлаждающая установка (РОУ-14/0,12) №3	100-105	100-105	95-100	95-100	95-105	110-115	110-120	110-120	110-120	Широкополосный, постоянный
3. Углеразмольное оборудование	110-120	110-120	115-125	115-125	115-125	110-120	105-115	105-110	100-110	Широкополосный, постоянный
4. Котлы:										
4.1. паровые БКЗ-500-140-1 №1	120-125	115-125	115-125	115-125	115-125	110-120	105-115	105-115	95-105	Широкополосный, постоянный

4.2. паровые БКЗ-500-140-1 №2	120- 125	115- 125	115- 125	115- 125	115- 125	110- 120	105- 115	105- 115	95- 105	Широкополосный, постоянный
4.3. паровые БКЗ-500-140-1 №3	120- 125	115- 125	115- 125	115- 125	115- 125	110- 120	105- 115	105- 115	95- 105	Широкополосный, постоянный
5. Насосы:										
5.1.1 питательный ПЭ- 500-180 №1	95- 105	95- 105	95- 105	115- 125	110- 120	110- 120	105- 115	90- 100	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.1.2 питательный ПЭ- 500-180 №2	95- 105	95- 105	95- 105	115- 125	110- 120	110- 120	105- 115	90- 100	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.1.3 питательный ПЭ- 500-180 №3	95- 105	95- 105	95- 105	115- 125	110- 120	110- 120	105- 115	90- 100	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.1.4 питательный ПЭ- 500-180 №4	95- 105	95- 105	95- 105	115- 125	110- 120	110- 120	105- 115	90- 100	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.2.1 конденсатный КсВ 320-160-2 №1	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими
5.2.2 конденсатный КсВ 320-160-2 №2	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими
5.2.3 конденсатный КсВ 320-160-2 №3	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими
5.2.4 конденсатный КсВ 320-160-2 №4	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими
5.2.5 конденсатный КсВ 320-160-2 №5	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими

5.2.6 конденсатный КсВ 320-160-2 №6	95- 105	90- 100	90- 100	90- 100	95- 105	90- 100	90- 100	90- 95	90- 95	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.1 сетевой СЭ- 2500-180 №1	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.2 сетевой СЭ- 2500-180 №2	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.3 сетевой СЭ- 2500-180 №3	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.4 сетевой СЭ- 2500-180 №4	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.5 сетевой СЭ- 2500-180 №5	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.3.6 сетевой СЭ- 2500-180 №6	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	100- 110	105- 115	100- 110	95- 105	90- 100	Широкополосный, с тональными составляющими
5.4.1 циркуляционный ОП-2-87 №1	80- 90	80- 90	85- 95	95- 105	100- 105	90- 100	90- 100	85- 95	75- 85	Широкополосный, с тональными составляющими
5.4.2 циркуляционный ОП-2-87 №2	80- 90	80- 90	85- 95	95- 105	100- 105	90- 100	90- 100	85- 95	75- 85	Широкополосный, с тональными составляющими
5.4.3 циркуляционный О6-55 №3	80- 90	80- 90	85- 95	95- 105	100- 105	90- 100	90- 100	85- 95	75- 85	Широкополосный, с тональными составляющими
5.4.4 циркуляционный О6-55 №4	80- 90	80- 90	85- 95	95- 105	100- 105	90- 100	90- 100	85- 95	75- 85	Широкополосный, с тональными составляющими
6.1 Деаэрационная установка 0,6 Мпа ДП-500/120 №1	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный

6.2 Деаэрационная установка 0,6 Мпа ДП-500/120 №2	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный
6.3 Деаэрационная установка 0,6 Мпа ДП-225/65 №3	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный
6.4 Деаэрационная установка 0,12 МПа Мпа ДА- 25/8 №4	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный
6.5 Деаэрационная установка 0,12 МПа ДА-25/8 №5	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный
6.6 Деаэрационная установка вакуумный ДВ- 400М №6	80- 85	80- 85	85- 90	90- 95	95- 100	100- 105	105- 110	100- 105	95- 100	Широкополосный, постоянный
7. Паропроводы	80- 85	85- 90	90- 95	90- 95	100- 105	105- 110	110- 115	105- 110	100- 105	Широкополосный, постоянный
8.1 Синхронный компенсатор №1	110- 115	100- 105	105- 115	90- 95	85- 95	85- 95	85- 95	80- 90	80- 90	Широкополосный, постоянный
8.2 Синхронный компенсатор №2	110- 115	100- 105	105- 115	90- 95	85- 95	85- 95	85- 95	80- 90	80- 90	Широкополосный, постоянный
8.3 Синхронный компенсатор №3	110- 115	100- 105	105- 115	90- 95	85- 95	85- 95	85- 95	80- 90	80- 90	Широкополосный, постоянный
9.1 Вентилятор приточно- вытяжной вентиляции №1	100- 105	100- 105	100- 105	100- 110	100- 110	95- 105	95- 105	90- 100	80- 90	Широкополосный, с тональными составляющими, постоянный
9.2 Вентилятор приточно- вытяжной	100- 105	100- 105	100- 105	100- 110	100- 110	95- 105	95- 105	90- 100	80- 90	Широкополосный, с тональными составляющими,

вентиляции №2										постоянный
Примечание - Диапазон значений дан: - для парового оборудования электрической мощностью от 100 МВт до 800 МВт; - для газового оборудования электрической мощностью от 15 МВт до 300 МВт.										

Таблица 14

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ котлов БКЗ-500-140

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение	Норма выбросов
Максимальный удельный выброс загрязняющего веществ на 1 кг сжигаемого натурального топлива:	n(NO <sub>x</sub> ) n(SO <sub>2</sub> ) n(тв. частицы )	г/МДж	$n = \frac{M}{B_i Q_i}$	0,121 0,235 0,383	0,13 0,3 0,16
Максимальный удельный выброс веществ на 1 кг сжигаемого натурального топлива:	m(NO <sub>x</sub> ) m(SO <sub>2</sub> ) m(тв. частицы )	кг/тут	$m = n Q_{усл.м}$	3,544 6,876 11,21	5,86 38 4,7
Конденсация загрязняющих частиц	μ(NO <sub>x</sub> ) μ (SO <sub>2</sub> ) μ (тв. частицы )	мг/м3	$\mu = \frac{M}{V_{сз} B_i}$	459,6 891,6 1453,5	540 3000 400
Выброс загрязняющих веществ в год	M(NO <sub>x</sub> ) M (SO <sub>2</sub> ) M (тв. частицы ) M(бензапирен)	т/год	$M = M_i \cdot 31536000$	4367,9 8474,02 13814,7 0,000021	- - - -
Плата за выбросы в пределах нормы	C(NO <sub>x</sub> ) C (SO <sub>2</sub> ) C (тв. частицы ) C(бензапирен)	руб/год	$C = M_i \tau_i$	606261 384720 57817,6 113,922	- - - -
Плата за выбросы сверх нормы	C(NO <sub>x</sub> )'	руб/год	$C = M_i \tau_i 1,4 \cdot 5$	1055487	-
Общие затраты по вредным выбросам	C	млн руб/год	$C = C_{NOx} + C_{NOx}' + C_{SO2} + C_{тв. ч} + C_{бенз}$	2,104	-
Если штраф за превышение нормы выброса вырастет в 100раз					
Плата за выбросы сверх нормы	C(NO <sub>x</sub> )''	млн руб/год	$C = M_i \tau_i 1,4 \cdot 5$	105,55	-
Общие затраты по вредным выбросам	C	млн руб/год	$C = C_{NOx} + C_{NOx}'' + C_{SO2} + C_{тв. ч} + C_{бенз}$	106,6	-

Расчет платы за выбросы загрязняющих веществ котлов КВ-ТК-100

Наименование величины	Обозначение	Размерность	Формула или обоснование	Значение	Норма выбросов
Максимальный удельный выброс загрязняющего веществ на 1 кг сжигаемого натурального топлива:	$n(\text{NO}_x)$ $n(\text{SO}_2)$ $n(\text{тв. частицы})$	г/МДж	$n = \frac{M}{B_i Q_i}$	0,019 0,235 0,383	0,13 0,3 0,16
Максимальный удельный выброс веществ на 1 кг сжигаемого натурального топлива:	$m(\text{NO}_x)$ $m(\text{SO}_2)$ $m(\text{тв. частицы})$	кг/тут	$m = n Q_{\text{усл.т}}$	0,562 6,876 11,21	5,86 38 4,7
Конденсация загрязняющих частиц	$\mu(\text{NO}_x)$ $\mu(\text{SO}_2)$ $\mu(\text{тв. частицы})$	мг/м <sup>3</sup>	$\mu = \frac{M}{V_{\text{сз}} B_i}$	186,5 2282,7 3721,3	540 3000 400
Выброс загрязняющих веществ в год	$M(\text{NO}_x)$ $M(\text{SO}_2)$ $M(\text{тв. частицы})$ $M(\text{бензапирен})$	т/год	$M = M_i \cdot 31536000$	296,1 3623,9 5907,8 0,0000009	- - - -
Плата за выбросы в пределах нормы	$C(\text{NO}_x)$ $C(\text{SO}_2)$ $C(\text{тв. частицы})$ $C(\text{бензапирен})$	руб/год	$C = M_i \tau_i$	41097 164523 9657,4 48,33	- - - -
Плата за выбросы сверх нормы	$C(\text{NO}_x)'$	руб/год	$C = M_i \tau_i 1,4 \cdot 5$	556848	-
Общие затраты по вредным выбросам	$C$	млн руб/год	$C = C_{\text{NO}_x} + C_{\text{NO}_x}' + C_{\text{SO}_2} + C_{\text{тв. ч}} + C_{\text{бенз}}$	0,772	-
Если штраф за превышение нормы выброса вырастет в 100раз					
Плата за выбросы сверх нормы	$C(\text{NO}_x)''$	млн руб/год	$C = M_i \tau_i 1,4 \cdot 5$	55,68	-
Общие затраты по вредным выбросам	$C$	млн руб/год	$C = C_{\text{NO}_x} + C_{\text{NO}_x}'' + C_{\text{SO}_2} + C_{\text{тв. ч}} + C_{\text{бенз}}$	55,9	-

## Методы снижения выбросов твердых частиц при сжигании твердого топлива.

Для снижения выбросов твердых частиц при сжигании твердого топлива возможно применение одной или нескольких из перечисленных технологий:

- 1) Батарейные циклоны.
- 2) Мокрые скрубберы с трубой Вентури.
- 3) Электрофилтры.
- 4) Эмульгаторы.

Для снижения выбросов оксидов азота  $N_xO_y$  при сжигании твердого топлива возможно применение одной или нескольких из перечисленных технологий:

- 1) Режимно-наладочные методы:
- 2) Нестехиометрическое сжигание.
- 3) Двухступенчатое сжигание без реконструкции котла.
- 4) Технологические методы, требующие изменения конструкции котла:
- 5) Рециркуляция дымовых газов.
- 6) Малотоксичная горелка.
- 7) Двухступенчатое сжигание с реконструкцией котла.
- 8) Трехступенчатое сжигание.
- 9) Концентрическое сжигание.
- 10) Перевод топки котла с ЖШУ на ТШУ.
- 11) Сжигание пыли высокой концентрации.
- 12) Сжигание пыли различного фракционного состава с применением мельниц-активаторов.
- 13) Ребернинговые мельницы и динамические сепараторы.
- 14) Горелочные устройства с применением пристенного дутья.
- 15) Плазмотроны.

Уменьшение выбросов сернистых соединений в атмосферу может идти по следующим направлениям:

- 1) Ограничение использования высокосернистых топлив;
- 2) Выбор процесса сжигания (сжигание в слое размолотого известняка);
- 3) Предварительное извлечение серы из топлива. Обессеренное топливо стоит в 2-3 раза дороже;
- 4) Удаление серы из дымовых газов.

### 2.3.2 Определение НДТ снижения выбросов твердых частиц при сжигании твердого топлива

Таблица 2.6 — Технологии снижения выбросов твердых частиц при сжигании углей, подлежащие рассмотрению

Технология	Потенциальное сокращение выбросов, %	Применимость		Промышленное внедрение на действующих объектах	Перекрестные эффекты, ограничения применимости
		Новые установки	Существующие установки		
Электро-фильтр (ЭФ)	98-99,9	Возможно	Возможно	Да	Нет
Рукавный фильтр (РФ)	≥99,99	Возможно	Возможно	Небольшой	Увеличение затрат на собственные нужды за счет увеличения сопротивления газового тракта и затрат на замену рукавов. Тканевые фильтры преимущественно используют для удаления твердых частиц размером до 2,5 мкм и опасных веществ в виде твердых частиц, например, металлов (за исключением ртути), а также за установками сухой и полусухой сероочистки.
Батарейные циклоны	85-92	Возможно	Возможно	Да	Ограниченное улавливание тонкодисперсных фракций Циклоны могут использоваться как пылеуловители для предварительной очистки дымовых газов
Скруббер с трубой Вентури	95-97	Возможно	Возможно	Да	Дополнительный эффект снижения выбросов SO <sub>2</sub> до 10-12 % Не рекомендуется для углей с содержанием CaO больше 15 % и приведенной сернистости 0,3 %× кг/МДж. Жесткость оросительной воды должна быть менее 15 мг-экв/л.
Эмульгатор	96-98	Возможно	Возможно	Да	Дополнительный эффект снижения 3В SO <sub>2</sub> до 18-22 % Не рекомендуется для углей с содержанием CaO больше 15 % и приведенной сернистости 0,3 %× кг/МДж. Жесткость оросительной воды должна быть менее 15 мг-экв/л.

### Технология двухступенчатой сухой комбинированной очистки.

В России на сегодняшний день отсутствуют технические решения по золоулавливающей установке для мощных энергоблоков, позволяющей очищать до уровня перспективных требований (30-50 мг/м<sup>3</sup>) продукты сгорания высокозольных углей и углей с неблагоприятными электрофизическими свойствами золы (таких как Экибастузский, Кузнецкий, Нерюнгринский) от твердых частиц. Особенно сложно улавливание наиболее вредных тонко-дисперсных частиц размером менее 10 мкм.

К современным золоуловителям предъявляются следующие основные требования:

- возможность очистки больших объемов газов;
- компактность;
- умеренное гидравлическое сопротивление.
- обеспечение высокой эффективности очистки дымовых газов после котельной установки при изменениях объемного расхода, состава и параметров этих газов.

Для выполнения этих требований перспективной и коммерчески целесообразной является технология двухступенчатой сухой комбинированной очистки методом электростатического осаждения с последующей фильтрацией. Она позволяет не только обеспечить очистку дымовых газов мощных угольных энергоблоков от летучей золы (включая частицы субмикронных размеров) до остаточной запыленности на уровне 30 мг/м<sup>3</sup>, но и дает возможность улавливания соединений тяжелых металлов, в первую очередь ртути.

Принципиальная схема комбинированного золоуловителя представлена на рисунке 2.20. Аппарат состоит из трех ступеней. В первой ступени используется электрический фильтр, который одновременно служит для зарядки частиц золы и предочистки. Вторая ступень – промежуточная, необходима для улавливания ртути и других тяжелых металлов. Третья ступень – это рукавный фильтр, для окончательной очистки дымовых газов.

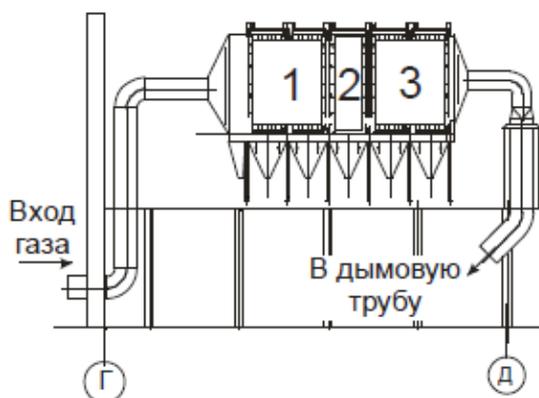


Рисунок 2.20 — Принципиальная схема комбинированного золоуловителя

По сравнению с электрофильтрами, аппараты с комбинированной очисткой позволяют значительно снизить выбросы тонких частиц, исключают проскок частиц и вторичный унос, эффективно улавливают золы с высоким удельным электрическим сопротивлением и имеют меньшие

габаритные размеры. Их головные образцы целесообразно установить на российских ТЭС для отработки.

В основу технологии заложена идея объединения двух различных золоуловителей (электрофилтра и рукавного филтра) в одно устройство, с целью сочетания в нем достоинств этих аппаратов. Такое сочетание позволяет интенсифицировать процессы очистки в обеих ступенях и сократить габариты оборудования. Эффект достигается при увеличении скорости движения газов и, соответственно, скорости филтрации в ступени окончательной очистки из-за формирования на филтрующем материале более рыхлого слоя за счет зарядки частиц в предварительной ступени очистки.

Аппараты с комбинированной очисткой (по сравнению с электрофилтрами) позволят значительно снизить выбросы тонких частиц, исключат проскок частиц и вторичный унос, эффективно будут улавливать золы с высоким УЭС и иметь меньшие габаритные размеры. Эффективность улавливания частиц размером 0,01–50 мкм составит 99,99%.

Стоимость аппарата с комбинированной очисткой дымовых газов от летучей золы до остаточной запыленности 30 мг/м<sup>3</sup> будет примерно на 30 % ниже стоимости электрофилтра с такой же степенью очистки. Разработка технологии сухой комбинированной очистки методом электростатического осаждения с последующей филтрацией позволит создать современный высокоэффективный золоуловитель с характеристиками мирового уровня (см. таблицу 2.15).

Таблица 2.15 — Характеристики комбинированного золоуловителя

Показатели	Комбинированный золоуловитель	Электрофилтр
Очистка больших объемов дымовых газов	да	да
Максимальная входная запыленность, г/м <sup>3</sup>	до 100	до 60
Выходная запыленность, мг/м <sup>3</sup>	20	100
Степень очистки, %	99,95	99,8
Зависимость степени очистки от УЭС золы	нет	да
Габаритные размеры по отношению к электрофилтру	0,7	1
Капитальные затраты по отношению к электрофилтру	0,7	1
Эффективное улавливание субмикронных частиц	да	нет
Возможность улавливание соединений ртути и др. тяжелых металлов	да (до 90%)	нет

Технология очитки дымовых газов от твердых частиц методом филтрации с их предварительной зарядкой.

Технология очитки дымовых газов от твердых частиц методом филтрации с их предварительной зарядкой особенно востребована при реконструкции действующих российских ТЭС ввиду отсутствия необходимой площади для размещения электрофилтров требуемых размеров, а также в случае, когда неблагоприятные электрофизические свойства золы вынуждают устанавливать электрофилтры из 7 и более электрополей. На рисунках ниже приведены диаграммы рассеивания.

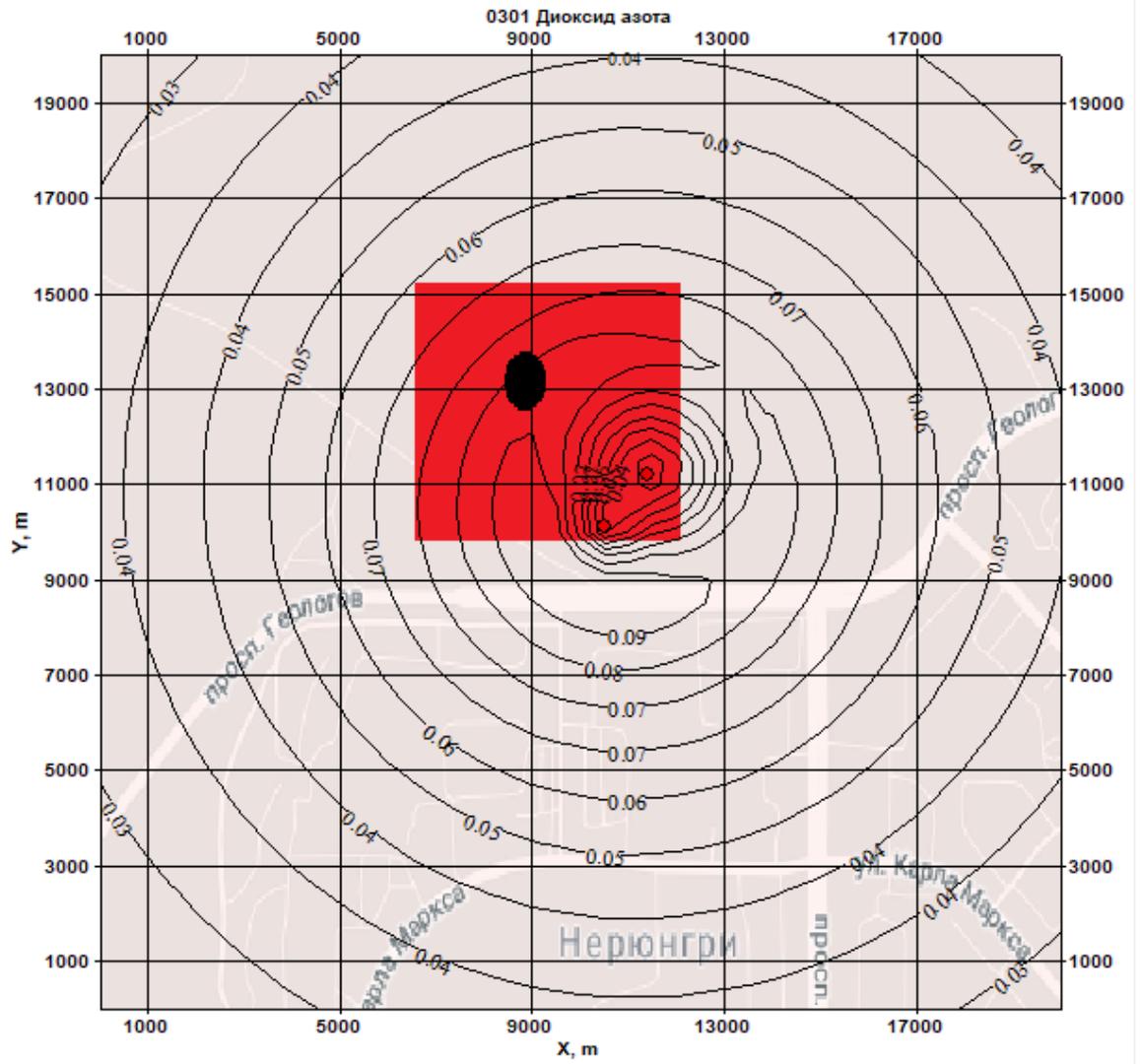


Рисунок. Диаграмма рассеивания диоксида азота в отопительный период

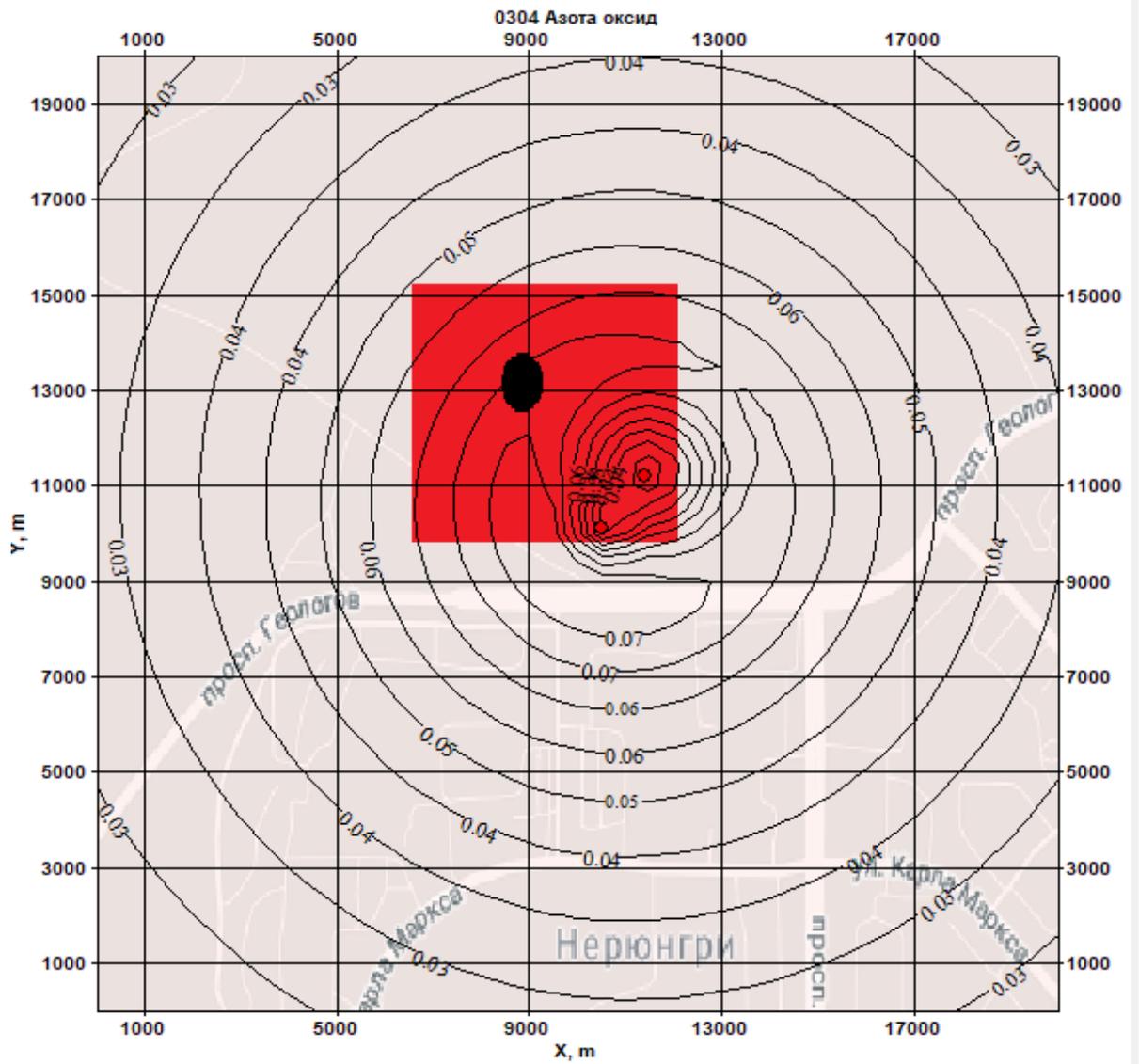


Рисунок. Диаграмма рассеивания оксида азота в отопительный период

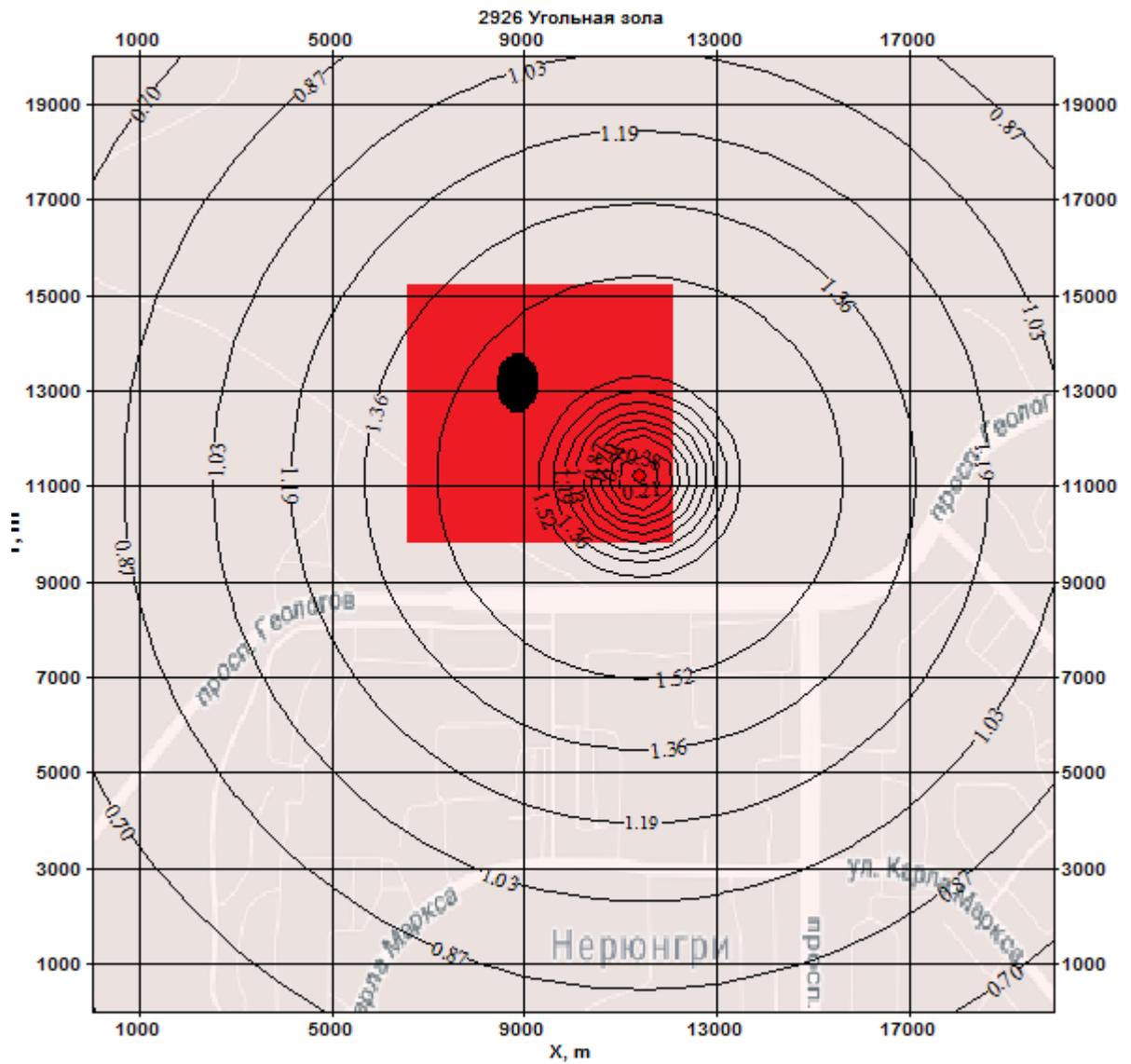


Рисунок 11. Диаграмма рассеивания угольной золы

Концентрации оксида и диоксида азота, диоксида серы и бензапирена не превышают норм выбросов по ПДК.



оценочные средства текущего контроля УО-1 и УО-2 приведенные в ФОС (приложение 2).

Задание № 4. Студенты самостоятельно выполняют расчетно-графическую работу, последовательно выполняя расчеты и построения. Рассмотренные в практической части курса.

Задание № 5. Выполняется письменно в виде ответов на вопросы при проведении зачетов, форма оформления свободная. Для контроля используются оценочные средства промежуточной аттестации в виде вопросов приведенных в ФОС (приложение 2).

### **Критерии оценки выполнения самостоятельной работы** **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) – оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

### **Критерии оценки при ответе (письменный и устный ответ) на зачетные и экзаменационные вопросы**

✓ 100-86 баллов (отлично) - если ответ показывает глубокое и систематическое знание всего программного материала и структуры конкретного вопроса, а также основного содержания и новаций лекционного курса по сравнению с учебной литературой. Студент демонстрирует отчетливое и свободное владение концептуально-понятийным аппаратом, научным языком и терминологией соответствующей научной области. Знание основной литературы и знакомство с дополнительно рекомендованной литературой. Логически корректное и убедительное изложение ответа.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - знание узловых проблем программы и основного содержания лекционного курса; умение пользоваться концептуально-понятийным аппаратом в процессе анализа основных проблем в рамках данной темы; знание важнейших работ из списка рекомендованной литературы. В целом логически корректное, но не всегда точное и аргументированное изложение ответа.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) – фрагментарные, поверхностные знания важнейших разделов программы и содержания лекционного курса; затруднения с использованием научно-понятийного аппарата и терминологии учебной дисциплины; неполное знакомство с рекомендованной литературой; частичные затруднения с выполнением предусмотренных программой заданий; стремление логически определенно и последовательно изложить ответ.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – незнание, либо отрывочное представление о данной проблеме в рамках учебно-программного материала; неумение использовать понятийный аппарат; отсутствие логической связи в ответе.



МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ  
Федеральное государственное автономное образовательное учреждение высшего образования  
**«Дальневосточный федеральный университет»**  
(ДВФУ)

---

---

**ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ ИНСТИТУТ (ШКОЛА)**

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

**по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях»**  
Направление подготовки: 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»  
программа «Организация и управление инжинирингом теплоэнергетических систем»  
Форма подготовки: очная

**Владивосток**  
**2022**

**Паспорт**  
**фонда оценочных средств**  
**по дисциплине Экологическая безопасность на электростанциях**  
(наименование дисциплины, вид практики)

Тип задач	Код и наименование профессиональной компетенции (результат освоения)	Код и наименование индикатора достижения компетенции
Способен к организации мероприятий по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	ПК-1	ПК-1.1 Организует мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
Способен к осуществлению производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте	ПК-3	ПК-3.1 Осуществляет производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте

Код и наименование индикатора достижения компетенции	Наименование показателя оценивания (результата обучения по дисциплине)
ПК-1.1 Организует мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	Знает как организовывать мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
	Умеет организовывать мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
	Владеет методами организации мероприятий по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
ПК-3.1 Осуществляет производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте	Знает как осуществить производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте
	Умеет осуществить производственный контроль соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте
	Владеет методами осуществления производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте

## Контроль достижения целей дисциплины

№ п/п	Контролируемые модули/ разделы / темы дисциплины	Коды и этапы формирования компетенций		Оценочные средства - наименование	
				текущий контроль	промежуточная аттестация
1	Раздел I. Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-2.1	1,2
			Умеет	УО-2.2	3
			Владеет	УО-2.3	4
2	Раздел II. Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-1.1	5
			Умеет	УО-1.3- УО-1.5	7-9
			Владеет	ПР-1	
3	Раздел III. Атомные электростанции и окружающая среда	ПК-1 ПК-3	Знает	УО-1.7	32,34
			Умеет	УО-1.8	
			Владеет		

## Шкала оценивания уровня сформированности компетенций

Код и формулировка компетенции	Этапы формирования компетенции		критерии	Показатели
ПК-1.1 способностью к организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	знает (пороговый уровень)	Основные принципы организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	Знание основных принципов организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта	Может дать определение основных принципов организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственного объекта
	умеет (продвинутый)	Применять основные принципы организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в	Умение применять в расчетах основные принципы организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при	Умеет решать задачи с применением основных принципов организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной

		эксплуатацию опасного производственно го объекта	вводе в эксплуатацию опасного производственно го объекта	безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственно го объекта
	Владеет (высокий)	Приемами определения организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственно го объекта	Владеет приемами определения организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственно го объекта	Владеет приемами организации мероприятия по обеспечению контроля соблюдения требований промышленной безопасности при вводе в эксплуатацию опасного производственно го объекта
ПК-3.1 способностью к осуществлению производственного контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственном объекте	знает (пороговый уровень)	Основные принципы осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Знание основных принципов осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Может дать определение основных принципов осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте
	умеет (прод- винутый)	Применять основные принципы осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Умение применять в расчетах основные принципы осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Умеет решать задачи с применением основных принципов осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте
	Владеет (высокий)	Приемами осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Владеет приемами осуществления производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте	Владеет приемами организации при осуществлении производственно го контроля соблюдения требований промышленной безопасности на опасном производственно м объекте

## **Методические рекомендации, определяющие процедуры оценивания результатов освоения дисциплины**

**Текущая аттестация студентов.** Текущая аттестация студентов по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Текущая аттестация по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях» проводится в форме контрольных мероприятий (контрольные работы, собеседования, решенные задачи) по оцениванию фактических результатов обучения студентов и осуществляется ведущим преподавателем.

Объектами оценивания выступают:

- учебная дисциплина «Экологическая безопасность на электростанциях» (активность на занятиях, своевременность выполнения различных видов заданий, посещаемость всех видов занятий по аттестуемой дисциплине);
- степень усвоения теоретических знаний по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях»;
- уровень овладения практическими умениями и навыками по всем видам учебной работы;
- результаты самостоятельной работы.

**Промежуточная аттестация студентов.** Промежуточная аттестация студентов по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях» проводится в соответствии с локальными нормативными актами ДВФУ и является обязательной.

Промежуточная аттестация по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях» проводится в форме контрольных мероприятий (1 курс 2 семестр - зачет) в письменной форме в виде ответов на вопросы, приведенные в разделе зачетно-экзаменационные материалы ФОС.

### **Оценочные средства для промежуточной аттестации**

#### **Вопросы к зачету (1 курс 2 семестр).**

1. Основные понятия экологической безопасности. Цели и задачи экологической безопасности.
2. Основные нормативные документы в области экологической безопасности в РФ.

3. Экологическая безопасность в законе от 26 марта 2003 года №35-ФЗ «Об электроэнергетике».

4. Экологические требования к объектам энергетике по Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».

5. Экологическая безопасность, связанная с энергетикой в нормативных документах РФ.

6. Действующие нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в России и за рубежом.

7. Перспективные нормативы выбросов загрязняющих веществ.

8. Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ.

9. Условия расчета удельных выбросов.

10. Определение максимальных выбросов загрязняющих веществ.

11. Технологическая схема 5го блока станции Альбах Дейцизау (Германия).

12. Установки селективно каталитического восстановления (СКВ).  
Установки селективно некаталитического восстановления (СНКВ).

13. Режимы эксплуатации СКВ установки.

14. Система золоудаления.

15. Особенности очистки дымовых газов с помощью тканевых фильтров.

16. Десульфуризация дымовых газов.

17. Схема включения установки мокрой известковой сероочистки (МИС) в газоподводящий трубопровод котельной установки.

18. Система получения товарного гипса.

19. Особенности системы золо-шлакоудаления.

20. Особенности системы оборотного водоснабжения. Особенности котлов с ЦКС.

21. Требования к экологически чистым ТЭС.

22. Технологическая схема экологически чистой ТЭС ЭНИН.

23. Сжигание угля в расплаве шлака.

24. ТЭС с сжиганием угля в кипящем слое под давлением.

25. Технологическая схема ЭС Карита (Япония). Особенности оборудования ТЭС Карита.

26. Улавливание углекислоты с последующим секвестированием.

27. Технологическая схема ТЭС с внутрицикловой газификацией угля.

28. Технологическая ТЭС с внутрицикловой газификацией угля.

29. ПГУ с внутрицикловой газификацией и секвестированием.

30. Технологическая схема ТЭС Пуэртоллано (Италия).

31. Схема переработки минеральных сточных вод. Повышение КПД ТЭС и снижение выброса углекислоты.

32. Утилизация шламов из сточных вод.
33. Системы ВПУ с утилизацией сточных вод.
34. Полусухая градирня.
35. Принципы снижения выбросов водяных паров.
36. Ядерное топливо.
37. Радиоактивные вещества, образующиеся при работе АЭС.
38. Нормы радиационной безопасности.
39. Основные источники радиационной опасности на АЭС.
40. Потенциальные аварийные ситуации на АЭС.
41. Последствия радиационной опасности на АЭС.
42. Средства локализации аварий.
43. Очистка вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей.
44. Очистка сточных вод.
45. Обработка и удаление радиоактивных отходов.
46. Оценка риска обращения с радиоактивными отходами.

## **Комплект оценочных средств для текущей аттестации**

### **УО-1 Собеседование**

Вопросы по темам/разделам дисциплины

#### **Раздел I. Политика в области обеспечения экологической безопасности в энергетике.**

1. Экологическая безопасность в законе от 26 марта 2003 года №35-ФЗ «Об электроэнергетике».
2. Экологические требования к объектам энергетике по Федеральному закону от 10.01.2002 N 7-ФЗ «Об охране окружающей среды».
3. Экологическая безопасность, связанная с энергетикой в нормативных документах РФ.
4. Действующие нормативы удельных выбросов загрязняющих веществ в России и за рубежом.
5. Перспективные нормативы выбросов загрязняющих веществ.
6. Порядок определения удельных выбросов загрязняющих веществ.
7. Условия расчета удельных выбросов.
8. Определение максимальных выбросов загрязняющих веществ.

#### **Раздел II. Экологическая безопасность на тепловых электрических станциях.**

9. Особенности очистки дымовых газов с помощью тканевых фильтров.
10. Десульфуризация дымовых газов.

11. Схема включения установки мокрой известковой сероочистки (МИС) в газоход котельной установки.
  12. Система получения товарного гипса.
  13. Особенности системы золо-шлакоудаления.
  14. Особенности системы оборотного водоснабжения. Особенности котлов с ЦКС.
  15. Требования к экологически чистым ТЭС.
  16. Технологическая схема экологически чистой ТЭС ЭНИН.
  17. Сжигание угля в расплаве шлака.
  18. ТЭС с сжиганием угля в кипящем слое под давлением.
  19. Технологическая схема ЭС Карита (Япония). Особенности оборудования ТЭС Карита.
  20. Улавливание углекислоты с последующим секвестированием.
  21. Технологическая схема ТЭС с внутрицикловой газификацией угля.
  22. Технологическая ТЭС с внутрицикловой газификацией угля.
  23. ПГУ с внутрицикловой газификацией и секвестированием.
  24. Схема переработки минеральных сточных вод. Повышение КПД ТЭС и снижение выброса углекислоты.
  25. Утилизация шламов из сточных вод.
  26. Системы ВПУ с утилизацией сточных вод.
  27. Полусухая градирня.
  27. Принципы снижения выбросов водяных паров.
- Раздел III. Атомные электростанции и окружающая среда (5 час.)**
28. Ядерное топливо.
  29. Радиоактивные вещества, образующиеся при работе АЭС.
  30. Нормы радиационной безопасности.
  31. Основные источники радиационной опасности на АЭС.
  32. Потенциальные аварийные ситуации на АЭС.
  33. Последствия радиационной опасности на АЭС.
  34. Средства локализации аварий.
  35. Очистка вентиляционного воздуха от радиоактивных аэрозолей.
  36. Очистка сточных вод.
  37. Обработка и удаление радиоактивных отходов.
  38. Оценка риска обращения с радиоактивными отходами.

### **ПР-1 Задание для расчетно-графической работы**

Варианты для выполнения расчетно-графической работы №1

№	Мощность ТЭС, МВт	Топливо	Город
1	200	Газопровод Южно-Сахалинск	Владивосток
2	300	Уголь артемовский марки БЗ класса Р, СШ	Якутск
3	400	Уголь бикинский марки Б2, класса Р	Нерюнгри
4	500	Уголь южно-сахалинский марки Г, класса Р, КО, МСШ	Южно-Сахалинск
5	600	Уголь ангренский марки Б2, класса ОМСШ	Хабаровск
6	700	Уголь райчихинский марки Б2, класса К, О, МСШ, Р	Комсомольск нва Амуре
7	800	Газопровод Южно-Сахалинск	Находка
8	200	Уголь бикинский марки Б2, класса Р	Чита
9	300	Уголь ирша-бородинский марки Б класса Р	Лучегорск
10	400	Уголь кизеловский марки Г, класса Р, отсеv, К, М	Петропавловск Камчатский
11	500	Уголь назаровский марки Б2, класса Р	Магадан
12	600	Уголь сучанский марки Г6, класса Р	Владивосток
13	700	Уголь тавричанский марки БЗ, класса ОМ, СШ	Якутск
14	800	Уголь харанорский марки Б1, класса Р	Нерюнгри
15	200	Уголь южно-сахалинский марки БЗ, класса Р	Южно-Сахалинск
16	300	Уголь райчихинский марки Б2, класса К, О, МСШ, Р	Артем
17	400	Газопровод Южно-Сахалинск	Чита
18	500	Газопровод Южно-Сахалинск	Лучегорск
19	600	Газопровод Южно-Сахалинск	Хабаровск
20	700	Уголь артемовский марки БЗ класса Р, СШ	Партизанск
21	800	Уголь кузнецкий марки Г, класса Р, СШ	Находка

### **Критерии оценки (устный ответ) на собеседовании**

✓ 100-85 баллов (отлично) - если ответ показывает прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа; умение приводить примеры современных проблем изучаемой области.

✓ 85-76 баллов (хорошо) - ответ, обнаруживающий прочные знания основных процессов изучаемой предметной области, отличается глубиной и полнотой раскрытия темы; владение терминологическим аппаратом; умение объяснять сущность, явлений, процессов, событий, делать выводы и обобщения, давать аргументированные ответы, приводить примеры; свободное владение монологической речью, логичность и последовательность ответа. Однако допускается одна - две неточности в ответе.

✓ 75-61 балл (удовлетворительно) - оценивается ответ, свидетельствующий в основном о знании процессов изучаемой предметной области, отличающийся недостаточной глубиной и полнотой раскрытия темы; знанием основных вопросов теории; слабо сформированными навыками анализа явлений, процессов, недостаточным умением давать аргументированные ответы и приводить примеры; недостаточно свободным владением монологической речью, логичностью и последовательностью ответа. Допускается несколько ошибок в содержании ответа; неумение привести пример развития ситуации, провести связь с другими аспектами изучаемой области.

✓ 60-50 баллов (неудовлетворительно) – ответ, обнаруживающий незнание процессов изучаемой предметной области, отличающийся неглубоким раскрытием темы; незнанием основных вопросов теории, несформированными навыками анализа явлений, процессов; неумением давать аргументированные ответы, слабым владением монологической речью, отсутствием логичности и последовательности. Допускаются серьезные ошибки в содержании ответа; незнание современной проблематики изучаемой области.

**Критерии выставления оценки студенту на зачете/ экзамене  
по дисциплине «Экологическая безопасность на электростанциях»**

Баллы (рейтингов оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
100-86	«зачтено»/ «отлично»	<p>Оценка «отлично» выставляется студенту, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно его излагает, умеет тесно увязывать теорию с практикой, свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний, причем не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал монографической литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач. Уверенно знает основные нормативно-правовые документы в области экологической безопасности на электростанциях, принципы надежной и безопасной эксплуатации объектов энергетики, основы выполнения расчетов выбросов загрязняющих веществ. Определять методы и способы снижения выбросов на объектах энергетики. Умеет применять полученные знания в области грамотной эксплуатации на электростанциях. Свободно оперирует специальными техническими терминами. Отлично владеет теоретическими знаниями и умеет их использовать на практике, основываясь при этом не только на лекционный материал, а ставя в основу информацию и навыки, приобретенные при самостоятельной работе.</p>
85-76	«зачтено»/ «хорошо»	<p>Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками и приемами их выполнения. Достаточно хорошо знает основные нормативно-правовые документы в области экологической безопасности на электростанциях, принципы надежной и безопасной эксплуатации объектов энергетики, основы выполнения расчетов выбросов загрязняющих веществ. Определять методы и способы снижения выбросов на объектах энергетики. Допускает при ответе минимальное количество неточностей. В подавляющем большинстве случаев умеет применять полученные знания в области грамотной эксплуатации на электростанциях. Достаточно уверенно оперирует специальными техническими терминами. Хорошо владеет теоретическими знаниями.</p>

Баллы (рейтинг овой оценки)	Оценка зачета/ экзамена (стандартная)	Требования к сформированным компетенциям
75-61	<i>«зачтено»/ «удовлетворительно»</i>	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при выполнении практических работ. Поверхностно владеет основными нормативно-правовыми документами в области экологической безопасности на электростанциях, принципами надежной и безопасной эксплуатации объектов энергетики, основами выполнения расчетов выбросов загрязняющих веществ. В достаточной степени умеет определять методы и способы снижения выбросов на объектах энергетики. Допускает при ответе ошибки и неточности не являющиеся критическими. Частично уверенно оперирует специальными техническими терминами. Удовлетворительно владеет теоретическими знаниями.
60-50	<i>«не зачтено»/ «неудовлетворительно»</i>	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине. Не знает, или знает лишь малую часть материала по основным нормативно-правовым документам в области экологической безопасности на электростанциях, принципами надежной и безопасной эксплуатации объектов энергетики. С трудом выполняет или не может выполнить расчеты выбросов загрязняющих веществ. Не умеет определять методы и способы снижения выбросов на объектах энергетики. Допускает при ответе грубые ошибки, или не может логически выстроить ответ. Не умеет оперировать специальными техническими терминами. Показывает не знание большей части теоретического материала.