

**Министерство науки и высшего образования РФ  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Национальный исследовательский университет «МЭИ»**

**Направление подготовки/специальность: 13.04.03 Энергетическое машиностроение**

**Наименование образовательной программы: Энергетические установки на органическом и ядерном топливе**

**Уровень образования: высшее образование - магистратура**

**Форма обучения: Очная**

**Оценочные материалы  
по дисциплине  
Методы защиты окружающей среды**

**Москва  
2024**

## ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ РАЗРАБОТАЛ:

Разработчик

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Росляков П.В.
Идентификатор	R9593e97f-RoslyakovPV-3c5b725f	

П.В. Росляков

## СОГЛАСОВАНО:

Руководитель  
образовательной  
программы

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810f	

К.А.  
Плешанов

Заведующий  
выпускающей кафедрой

	Подписано электронной подписью ФГБОУ ВО «НИУ «МЭИ»	
	Сведения о владельце ЦЭП МЭИ	
	Владелец	Плешанов К.А.
Идентификатор	R002eb276-PleshanovKA-9092810f	

К.А.  
Плешанов

## ОБЩАЯ ЧАСТЬ

Оценочные материалы по дисциплине предназначены для оценки достижения обучающимися запланированных результатов обучения по дисциплине, этапа формирования запланированных компетенций и уровня освоения дисциплины.

Оценочные материалы по дисциплине включают оценочные средства для проведения мероприятий текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации.

Формируемые у обучающегося компетенции:

1. ПК-1 Способен к проектно-конструкторской деятельности в энергетическом машиностроении

ИД-4 Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности

2. РПК-10 Способен к научно-исследовательской деятельности в энергетическом машиностроении

ИД-3 Составляет заключение по результатам научных исследований

и включает:

**для текущего контроля успеваемости:**

Форма реализации: Билеты (письменный опрос)

1. Виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив в энергетических установках (Тестирование)
2. Процессы и способы пылеочистки дымовых газов (Тестирование)
3. Способы газоочистки на стадии охлаждения продуктов сгорания (Тестирование)
4. Технологические (внутритопочные) методы подавления образования вредных продуктов сгорания при сжигании топлива (Тестирование)

Форма реализации: Выполнение задания

1. Расчет вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котла (Расчетно-графическая работа)

## БРС дисциплины

### 3 семестр

**Перечень контрольных мероприятий текущего контроля успеваемости по дисциплине:**

- КМ-1 Виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив в энергетических установках (Тестирование)
- КМ-2 Технологические (внутритопочные) методы подавления образования вредных продуктов сгорания при сжигании топлива (Тестирование)
- КМ-3 Способы газоочистки на стадии охлаждения продуктов сгорания (Тестирование)
- КМ-4 Процессы и способы пылеочистки дымовых газов (Тестирование)
- КМ-5 Расчет вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котла (Расчетно-графическая работа)

**Вид промежуточной аттестации – Экзамен.**

Раздел дисциплины	Веса контрольных мероприятий, %					
	Индекс КМ:	КМ-1	КМ-2	КМ-3	КМ-4	КМ-5
	Срок КМ:	4	8	12	15	16
Введение. Энергетика и окружающая среда. Нормирование и регулирование вредных выбросов в атмосферу. Механизмы образования вредных веществ при сжигании органических топлив на ТЭС и в котельных						
Введение. Энергетика и окружающая среда. Нормирование и регулирование вредных выбросов в атмосферу. Механизмы образования вредных веществ при сжигании органических топлив на ТЭС и в котельных	+					
Способы снижения вредных выбросов на стадии факельного сжигания топлив						
Способы снижения вредных выбросов на стадии факельного сжигания топлив		+				
Способы снижения вредных выбросов на стадии охлаждения продуктов сгорания						
Способы снижения вредных выбросов на стадии охлаждения продуктов сгорания			+			+
Пылеочистка дымовых газов						
Пылеочистка дымовых газов				+		
Состояние и тенденции в развитии воздухоохраннных технологий на ТЭС						
Состояние и тенденции в развитии воздухоохраннных технологий на ТЭС						+
Вес КМ:	15	15	15	15	15	40

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ТЕКУЩЕГО КОНТРОЛЯ

### I. Оценочные средства для оценки запланированных результатов обучения по дисциплине, соотнесенных с индикаторами достижения компетенций

Индекс компетенции	Индикатор	Запланированные результаты обучения по дисциплине	Контрольная точка
ПК-1	ИД-4 <sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности	Знать: экологически безопасные технологии сжигания топлив методы пылеочистки продуктов сгорания и области их применения- методы газоочистки продуктов сгорания и области их применения Уметь: выполнять расчеты эмиссии вредных веществ с продуктами сгорания органических топлив	КМ-2 Технологические (внутритопочные) методы подавления образования вредных продуктов сгорания при сжигании топлива (Тестирование) КМ-3 Способы газоочистки на стадии охлаждения продуктов сгорания (Тестирование) КМ-4 Процессы и способы пылеочистки дымовых газов (Тестирование) КМ-5 Расчет вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котла (Расчетно-графическая работа)
РПК-10	ИД-3 <sub>РПК-10</sub> Составляет заключение по результатам научных исследований	Знать: виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив энергетических установках Уметь: принимать и обосновывать решения по внедрению воздухоохраных технологий при	КМ-1 Виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив в энергетических установках (Тестирование) КМ-5 Расчет вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котла (Расчетно-графическая работа)

		использовании органических топлив в энергетических установках на ТЭС	
--	--	---	--

## II. Содержание оценочных средств. Шкала и критерии оценивания

### КМ-1. Виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив в энергетических установках

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Задание выполняется в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий.

#### Краткое содержание задания:

Контрольное мероприятие ориентированно на проверку знаний по разделу “Введение. Энергетика и окружающая среда. Нормирование и регулирование вредных выбросов в атмосферу. Механизмы образования вредных веществ при сжигании органических топлив на ТЭС и в котельных”

#### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: виды вредных веществ и механизмы их образования при сжигании топлив энергетических установках	<b>1.5. Полициклические ароматические углеводороды — это:</b> а) продукты полного сгорания топлива; <b>б) продукты химического недожога;</b> в) продукты механического недожога; <b>г) это органическое соединения, молекулы которых содержат циклы из шести атомов углерода с тремя двойными связями (бензольные ядра или кольца);</b> д) C <sub>20</sub> H <sub>12</sub> с разной пространственной структурой молекул. Ответ: б) и г)

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

Оценка: 3 («удовлетворительно»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 50

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

Оценка: 2 («неудовлетворительно»)

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

## **КМ-2. Технологические (внутрипочные) методы подавления образования вредных продуктов сгорания при сжигании топлива**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Задание выполняется в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий.

### **Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентированно на проверку знаний по разделу “Способы снижения вредных выбросов на стадии факельного сжигания топлив”

### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: экологически безопасные технологии сжигания топлив	1.1. Причиной образования СО в топочной камере котлов является: а) повышенное содержание углерода в топливе; б) наличие локальных зон с недостатком кислорода и низкими температурами; в) сжигание углей в топках с твердым шлакоудалением; г) наличие двухсветных экранов в топочной камере; д) увеличенные избытки воздуха в топочной камере. Ответ: б)

### **Описание шкалы оценивания:**

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 90

Описание характеристики выполнения знания: Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

Оценка: 4 («хорошо»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

### **КМ-3. Способы газоочистки на стадии охлаждения продуктов сгорания**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС: 15**

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Задание выполняется в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий.

#### **Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентированно на проверку знаний по разделу “Способы снижения вредных выбросов на стадии охлаждения продуктов сгорания”

#### **Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы пылеочистки продуктов сгорания и области их применения-	1.1. Наибольшая эффективность селективного некаталитического восстановления оксидов азота имеет место при температуре газов в диапазоне: а) 500-750°C; б) 750-950°C; в) 950-1100°C; г) 1100-1250°C; д) 1250-1500°C. Ответ: в) 2.2. Оптимальным температурным диапазоном для реализации СКВ оксидов азота является: а) 250-350°C; б) 350-450°C; в) 450-550°C; г) 550-650°C; д) 650-750°C. Ответ: б)

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	<p>3.3. Какой из перечисленных ниже способов сероочистки продуктов сгорания позволяет получать конечный продукт в виде товарного гипса:</p> <p>а) сухой известняковый;  б) сухой аддитивный (процесс LIFAC);  в) мокро-сухой;  г) с циркулирующей инертной массой по технологии NID;  д) мокрый.  <b>Ответ: д)</b></p> <p>4.4. Какова степень улавливания оксидов серы при реализации упрощенной мокро-сухой сероочистки (технология <math>E - SO_x</math>):</p> <p>а) более 90%;  б) 80-90%;  в) 70-80%;  г) 60-70%;  <b>д) 50-60%</b>  <b>Ответ: д)</b></p> <p>5.5. Максимальная эффективность золоулавливания современных рукавных фильтров составляет:</p> <p>а) 100%;  б) 99,99+%;  в) 99.9%;  г) до 99%;  д) менее 99%.  <b>Ответ: б)</b></p>

**Описание шкалы оценивания:**

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал

непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка:* 2 («неудовлетворительно»)

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

#### **КМ-4. Процессы и способы пылеочистки дымовых газов**

**Формы реализации:** Билеты (письменный опрос)

**Тип контрольного мероприятия:** Тестирование

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 15

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Задание выполняется в период аудиторных занятий. Продолжительность контроля составляет 15 минут. Работы выполняются индивидуально по вариантам заданий.

**Краткое содержание задания:**

Контрольное мероприятие ориентированно на проверку знаний по разделу “Процессы и способы пылеочистки дымовых газов”

**Контрольные вопросы/задания:**

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Знать: методы газоочистки продуктов сгорания и области их применения	<p><b>1. Для эффективного осаждения летучей золы на электродах электрофильтра скорость газов должна составлять:</b></p> <p>а) менее 0,5 м/с; <b>б) около 1 м/с;</b> в) 5-10 м/с; г) более 10 м/с. Ответ: б)</p> <p><b>2. Максимальная эффективность золоулавливания современных рукавных фильтров составляет:</b></p> <p>а) 100%; <b>б) 99,99+%;</b> в) 99.9%; г) до 99%; д) менее 99%. Ответ: б)</p> <p><b>3. Наиболее эффективными золоуловителями для очистки газов при сжигании экибастузских углей являются:</b></p> <p>а) батарейные циклоны; б) мокрые скрубберы; в) эмульгаторы; г) электрофильтры; д) рукавные фильтры. Ответ: д)</p> <p><b>4. В каких сочетаниях можно применять золоуловители для повышения эффективности удаления золы из дымовых газов (комбинированные ЗУ):</b></p>

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
	а) ЭФ;+ БЦ; б) МС + РФ; <b>в) БЦ + ЭФ;</b> <b>г) ЭФ + РФ;</b> д) ЭФ + МС. Ответ: в) и г) <b>5.Какие типы золоуловителей обеспечивают очистку максимальных объемов дымовых газов:</b> а) батарейные циклоны; б) мокрые скрубберы; в) мокрые скрубберы и эмульгаторы; г) электрофильтры; <b>д) электрофильтры и рукавные фильтры.</b> <b>Ответ: д)</b>

#### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Отлично» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 90% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный и полный ответ.

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Хорошо» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 75% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал правильный ответ, но допустил незначительные ошибки и не показал необходимой полноты.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Удовлетворительно» если выполнены следующие условия: - даны правильные ответы не менее чем на 50% вопросов теста, исключая вопросы, на которые студент должен дать свободный ответ; - на все вопросы, предполагающие свободный ответ, студент дал непротиворечивый ответ, или при ответе допустил значительные неточности и не показал полноты.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Тест считается выполненным на оценку «Неудовлетворительно» если студентом не выполнены условия, предполагающие оценку «Удовлетворительно».

#### **КМ-5. Расчет вредных выбросов в атмосферу с дымовыми газами котла**

**Формы реализации:** Выполнение задания

**Тип контрольного мероприятия:** Расчетно-графическая работа

**Вес контрольного мероприятия в БРС:** 40

**Процедура проведения контрольного мероприятия:** Расчетное задание выполняется с использованием программного комплекса «ВАТ НРР», реализующего утвержденные

расчетные методики оценки вредных выбросов с уходящими газами котлов в зависимости от их режимных и конструктивных характеристик, а также вида сжигаемого топлива.

### Краткое содержание задания:

В процессе выполнения расчетного задания студент должен провести расчеты вредных выбросов с уходящими газами котлов, сравнить их с нормативными значениями и обосновать необходимые воздухоохраные мероприятия

### Контрольные вопросы/задания:

Запланированные результаты обучения по дисциплине	Вопросы/задания для проверки
Уметь: выполнять расчеты эмиссии вредных веществ с продуктами сгорания органических топлив	1.Какие режимные условия сжигания топлива должны учитываться при расчетах эмиссии загрязняющих веществ 2.Какие конструктивные особенности котлов влияют на выбор воздухоохраных технологий
Уметь: принимать и обосновывать решения по внедрению воздухоохраных технологий при использовании органических топлив в энергетических установках на ТЭС	1.Какие факторы влияют на выбор аппаратов азото- и сероочистки газов 2.Какие свойства золы необходимо учитывать при выборе способа золоулавливания

### Описание шкалы оценивания:

*Оценка: 5 («отлично»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 90*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР считается выполненной «Отлично», если она оформлена в соответствии с требованиями, работа выполнена правильно и даны правильные ответы на не менее чем на 90% вопросов заданных на защите РГР;

*Оценка: 4 («хорошо»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 75*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР считается выполненной «Хорошо», если при её оформлении допущены незначительные отклонения от требований в графических элементах, таблицах и текстовой части, в работе имеются незначительные ошибки, имеются незначительные ошибки, и даны правильные ответы на не менее чем на 75% вопросов заданных на защите РГР;

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР считается выполненной «Удовлетворительно», если при её оформлении допущены незначительные отклонения от требований в графических элементах, таблицах и текстовой части или в одной из указанных частей работы допущены грубые ошибки, имеются незначительные или даже грубые ошибки, после указания которых, студент правильно от-метил изменение результата и наметил ход их исправления, даны правильные ответы на не менее чем на 50% вопросов заданных на защите РГР;

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* РГР считается выполненной «Неудовлетворительно», если а) при её оформлении в соответствии с требованиями в графических элементах, таблицах и текстовой части допущены грубые ошибки; б) расчёт выполнен неправильно, и не намечен верный ход выполнения работы, после указания

грубых ошибок неправильно дан ответ по изменению результата РГР; в) даны правильные ответы на не менее чем на 50% вопросов заданных на защите РГР.

## СОДЕРЖАНИЕ ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ

### 3 семестр

**Форма промежуточной аттестации:** Экзамен

#### Пример билета

1. Классы опасности загрязняющих веществ. Свойства токсичных продуктов сгорания и их влияние на живые организмы.
2. Способы сероочистки с использованием мокрых скрубберов (принцип работы, конструкция, технико-экономические характеристики). Преимущества и недостатки.
3. Задача: расчет выбросов оксидов азота

#### Процедура проведения

Экзамен проводится в письменной форме по билетам в виде подготовки и изложения развернутого ответа. Время на подготовку ответа – 2,5 часа

#### *1. Перечень компетенций/индикаторов и контрольных вопросов проверки результатов освоения дисциплины*

**1. Компетенция/Индикатор:** ИД-4<sub>ПК-1</sub> Принимает обоснованные технические решения при проектировании объекта профессиональной деятельности с учетом обеспечения надежности и экологической безопасности

#### Вопросы, задания

1. Способы сероочистки с использованием мокрых скрубберов (принцип работы, конструкция, технико-экономические характеристики). Преимущества и недостатки.
2. Механические сухие золоуловители (типы, принцип работы, конструкции, основные показатели).
3. Тканевые (рукавные) фильтры (принцип работы, конструкция, основные показатели). Преимущества и недостатки
4. Влияние типа горелочного устройства на условия горения топлива и образования оксидов азота.
5. Нестехиометрическое сжигание топлив (способы реализации, основные технико-экономические показатели). Преимущества и недостатки.
6. Двухступенчатое сжигание топлив как метод снижения выбросов оксидов азота и способы его реализации в котлах.
7. Способы сероочистки с использованием электрофильтров и мокрых скрубберов и их основные показатели.

#### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Стандартные условия, используемые для определения концентраций загрязняющих веществ, - это

Ответы:

- а) нормальные условия (0°С и 101,3 кПа или 760 мм рт. ст.);
- б) нормальные условия (0°С и 101,3 кПа или 760 мм рт. ст.) и содержание кислорода 6%;
- в) сухие газы при O<sub>2</sub> = 6%, приведенные к нормальным условиям (0°С и 101,3 кПа или 760 мм рт. ст.);
- г) сухие газы, приведенные к нормальным условиям (0°С и 101,3 кПа или 760 мм рт. ст.);

Верный ответ: Ответ в)

2. Массовый выброс каких маркерных загрязняющих веществ не зависит от способа сжигания

Ответы:

- а) всех;
- б) оксидов азота и серы
- в) монооксида углерода:
- г)  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$
- д) оксидов серы и золы

Верный ответ: ответ д)

3. Какой из перечисленных способов снижения эмиссии оксидов азота является наименее затратным

Ответы:

- а) рециркуляция газов;
- в) нестехиометрическое сжигание; в малоэмиссионные горелки;
- г) ступенчатое сжигание;
- д) СНКВ

Верный ответ: Ответ б)

4. Какой из перечисленных способов снижения выбросов оксидов азота повышает КПД котла

Ответы:

- а) рециркуляция газов;
- в) впрыск влаги; в малоэмиссионные горелки;
- г) ступенчатое сжигание;
- д) сжигание с малыми и предельно малыми избытками воздуха

Верный ответ: Ответ д)

5. Какой из способов подачи газов рециркуляции в топочную камеру является наиболее эффективным для снижения эмиссии оксидов азота

Ответы:

- а) В шлицы под горелками
- б) В канал горячего воздуха
- в) В первичный воздух
- г) В топливо
- д) В кольцевой канал вокруг горелки

Верный ответ: Ответ г)

6. Какой из способов сероочистки газов является самым эффективным

Ответы:

- а) сухая сероочистка;
- б) мокро-сухая с абсорбером;
- в) упрощенная мокро-сухая по технологии E-SOx
- г) мокро-сухая по технологии NID
- д) мокрая сероочистка

Верный ответ: Ответ д)

**2. Компетенция/Индикатор:** ИД-З<sub>РПК</sub>-10 Составляет заключение по результатам научных исследований

### Вопросы, задания

1. Механизмы образования CO и  $\text{CO}_2$ , их количественные выбросы из котлов. Меры по снижению эмиссии CO.

2. Механизмы образования  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ . Влияние состава топлива и условий его сжигания на образование  $\text{SO}_2$  и  $\text{SO}_3$ .
3. ИТС 38-2017: нормирование выбросов оксидов серы из котельных установок (основные принципы и положения).

### Материалы для проверки остаточных знаний

1. Атмосферный воздух считается чистым, если:

Ответы:

- а) в нем отсутствуют все загрязняющие вещества;
- б) в нем отсутствуют маркерные загрязняющие вещества;
- в) ни один из компонентов **не присутствует в концентрациях, способных нанести ущерб здоровью человека, животным, растительности или вызвать ухудшение эстетического восприятия окружающей среды;**
- г) содержание кислорода составляет не менее 20,8%;
- д) содержание маркерных загрязняющих веществ не превышает ПДК

Верный ответ: Ответ в)

2. Какие вещества являются продуктами полного сгорания углей

Ответы:

- а)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , зола
- б)  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ ;
- в)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , оксиды серы
- г) оксиды азота и серы
- д)  $\text{CO}_2$ ,  $\text{H}_2\text{O}$ , оксиды серы и зола

Верный ответ: Ответ д)

3. Какие продукты сгорания топлив относятся к классу “чрезвычайно опасные”

Ответы:

- а)  $\text{CO}$ ,  $\text{CH}_4$ , сульфаты, хлориды
- б)  $\text{B(a)P}$ ,  $\text{V}_2\text{O}_5$ , диоксины
- в)  $\text{NO}$ ,  $\text{NO}_2$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{SO}_3$ , сажа
- г) летучая зола при содержании  $\text{CaO}$  более 35%
- д) все выше перечисленные

Верный ответ: Ответ б)

4. Для нормирования качества атмосферного воздуха используются:

Ответы:

- а) предельно допустимые концентрации загрязняющих веществ (ПДК);
- б) нормативы допустимых выбросов предприятия (НДВ);
- в) технологические показатели выбросов;
- г) технические показатели выбросов;
- д) технологические нормативы выбросов.

Верный ответ: Ответ а)

## II. Описание шкалы оценивания

Оценка: 5 («отлично»)

Нижний порог выполнения задания в процентах: 70

Описание характеристики выполнения знания: Оценка «ОТЛИЧНО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание, который показал при ответе на вопросы экзаменационного билета, что владеет материалом изученной дисциплины, свободно применяет свои знания для объяснения различных явлений и решения задач.

Оценка: 4 («хорошо»)

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 60*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «ХОРОШО» выставляется студенту, правильно выполнившему практическое задание и в основном правильно ответившему на вопросы экзаменационного билета, но допустившему при этом не принципиальные ошибки.

*Оценка: 3 («удовлетворительно»)*

*Нижний порог выполнения задания в процентах: 50*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «УДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который в ответах на вопросы экзаменационного билета допустил некоторые ошибки, а также неполностью выполнил практическое задание из экзаменационного билета, но наметил правильный путь его выполнения.

*Оценка: 2 («неудовлетворительно»)*

*Описание характеристики выполнения знания:* Оценка «НЕУДОВЛЕТВОРИТЕЛЬНО» выставляется студенту, который: а) не ответил на вопросы экзаменационного билета и не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из билета; б) не смог решить, либо наметить правильный путь решения задачи из экзаменационного билета и другой задачи на тот же раздел дисциплины, выданной взамен нее; в) при ответе на дополнительные вопросы обнаружил незнание большого раздела экзаменационной программы.

### ***III. Правила выставления итоговой оценки по курсу***

В качестве итоговой оценки по курсу используется только промежуточная аттестация.