

**МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ  
РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**  
Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего образования  
«Воронежский государственный технический университет»

**УТВЕРЖДАЮ**  
Декан факультета ИСИС  
Яременко С.А.  
«18» февраля 2025 г.



**РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ**

**«Технические средства и методы защиты окружающей среды»**

**Направление подготовки** 13.04.01 Теплоэнергетика и теплотехника

**Профиль** Городские энергетические сети

**Квалификация выпускника** магистр

**Нормативный период обучения** 2 года / 2 года и 4 м.

**Форма обучения** очная / заочная

**Год начала подготовки** 2025

**Автор программы**



/ Н.А. Петрикеева /

**И.о. заведующего кафедрой  
Теплогазоснабжения и  
нефтегазового дела**



/ А.И. Колосов /

**Руководитель ОПОП**



/ Н.А. Петрикеева /

Воронеж 2025

## 1. ЦЕЛИ И ЗАДАЧИ ДИСЦИПЛИНЫ

### 1.1. Цели дисциплины

В связи с интенсификацией технологических процессов энергоемких производств постоянно возрастает загрязнение атмосферы от тепловых, газообразных и жидких вредных выбросов. Во многих промышленно развитых регионах уровни загрязняющих выбросов превышают величины, к которым могут адаптироваться организм человека и биосфера в целом. В лекционном курсе рассматриваются основы процессов и систем очистки газов, а также методы снижения выбросов за счет совершенствования технологических процессов и их схемы, устройства утилизации теплоты выбросных газов.

### 1.2. Задачи освоения дисциплины

Научить студента оптимизировать, рассчитывать и проектировать режимы работы и конструкции устройств, позволяющие защитить воздушный бассейн от чрезмерных газообразных и тепловых выбросов.

## 2. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОПОП

Дисциплина «Технические средства и методы защиты окружающей среды» относится к дисциплинам обязательной части блока Б1.

## 3. ПЕРЕЧЕНЬ ПЛАНИРУЕМЫХ РЕЗУЛЬТАТОВ ОБУЧЕНИЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

Процесс изучения дисциплины «Технические средства и методы защиты окружающей среды» направлен на формирование следующих компетенций:

УК-1 - Способен осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

УК-2 - Способен управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла

ОПК-1 - Способен формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки

ОПК-2 - Способен применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции
УК-1	знать сущность проблем защиты окружающей среды, возникающих в ходе профессиональной деятельности
	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций
	владеть способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий

УК-2	знать жизненные циклы проекта по защите окружающей среды
	уметь применять методы математического анализа и моделирования работы устройств и систем защиты окружающей среды
	владеть способностью управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла
ОПК-1	знать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
	уметь формулировать цели и задачи исследования
	владеть способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки
ОПК-2	знать современные методы исследования
	уметь формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности
	владеть способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы

#### 4. ОБЪЕМ ДИСЦИПЛИНЫ

Общая трудоемкость дисциплины «Технические средства и методы защиты окружающей среды» составляет 5 з.е.

Распределение трудоемкости дисциплины по видам занятий

##### очная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	54	54
В том числе:		
Лекции	18	18
Практические занятия (ПЗ)	36	36
<b>Самостоятельная работа</b>	90	90
<b>Курсовой проект</b>	+	+
Часы на контроль	36	36
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость:		
академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

### заочная форма обучения

Виды учебной работы	Всего часов	Семестры
		1
<b>Аудиторные занятия (всего)</b>	18	18
В том числе:		
Лекции	8	8
Практические занятия (ПЗ)	10	10
<b>Самостоятельная работа</b>	153	153
<b>Курсовой проект</b>	+	+
Часы на контроль	9	9
Виды промежуточной аттестации - экзамен	+	+
Общая трудоемкость: академические часы	180	180
зач.ед.	5	5

## 5. СОДЕРЖАНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)

### 5.1 Содержание разделов дисциплины и распределение трудоемкости по видам занятий

#### очная форма обучения

№ п/п	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Санитарные нормы качества	Состав и классификация вредностей. Классы опасности. ПДК. ПДВ. СЗЗ. Летучие составляющие, коэффициент избытка воздуха, номинальное горение.	4	4	14	22
2	Физические явления в аэродисперсных системах	Основные понятия. Поверхностные явления в аэродисперсных системах. Основные закономерности. Распространение вредностей.	4	6	16	26
3	Регулирование вредностей в выбросах и сбросах	Мероприятия по регулированию. Мероприятия по снижению вредностей. Методы утилизации, оборудование, применяемое в России и за рубежом. Утилизация теплоты.	4	6	16	26
4	Газоочистка	Абсорбция. Адсорбция. Десорбция. Каталитическая очистка. Дожигание и рециркуляция.	2	6	14	22
5	Очистка газов методами восстановления до	Методы подавления образования оксидов азота, серы и оксида углерода. Комбинированные схемы очистки	2	6	14	22

	нетоксичного состояния					
6	Мониторинг и анализ загрязнений	Методы оценки эффективности и применения природоохранных мероприятий. Мониторинг и оборудование. Фоновая концентрация. Нормативная база. Ответственность должностных лиц. Правовое регулирование. Нормативный метод. Расчет на рассеивание.	2	8	16	26
<b>Итого</b>			<b>18</b>	<b>36</b>	<b>90</b>	<b>144</b>

### заочная форма обучения

№ П/П	Наименование темы	Содержание раздела	Лекц	Прак зан.	СРС	Всего, час
1	Санитарные нормы качества	Состав и классификация вредностей. Классы опасности. ПДК. ПДВ. СЗЗ. Летучие составляющие, коэффициент избытка воздуха, номинальное горение	1	1	21	23
2	Физические явления в аэродисперсных системах	Основные понятия. Поверхностные явления в аэродисперсных системах. Основные закономерности. Распространение вредностей.	2	2	26	30
3	Регулирование вредностей в выбросах и сбросах	Мероприятия по регулированию. Мероприятия по снижению вредностей. Методы утилизации, оборудование, применяемое в России и за рубежом. Утилизация теплоты.	2	2	26	30
4	Газоочистка	Абсорбция. Адсорбция. Десорбция. Каталитическая очистка. Дожигание и рециркуляция.	2	1	26	29
5	Очистка газов методами восстановления до нетоксичного состояния	Методы подавления образования оксидов азота, серы и оксида углерода. Комбинированные схемы очистки	1	1	26	28
6	Мониторинг и анализ загрязнений	Методы оценки эффективности и применения природоохранных мероприятий. Мониторинг и оборудование. Фоновая концентрация. Нормативная база. Ответственность должностных лиц. Правовое регулирование.	-	3	28	31

		Нормативный метод. Расчет на рассеивание				
<b>Итого</b>			<b>8</b>	<b>10</b>	<b>153</b>	<b>171</b>

## 5.2 Перечень лабораторных работ

Не предусмотрено учебным планом

## 6. ПРИМЕРНАЯ ТЕМАТИКА КУРСОВЫХ ПРОЕКТОВ (РАБОТ) И КОНТРОЛЬНЫХ РАБОТ

В соответствии с учебным планом освоение дисциплины предусматривает выполнение курсового проекта в 1 семестре для очной формы обучения, в 1 семестре для заочной формы обучения.

Примерная тематика курсового проекта: «Охрана окружающей среды от вредных выбросов»

Задачи, решаемые при выполнении курсового проекта:

- Выбросы. Состав.
- Расчет вредностей
- Утилизация и оборудование
- Мероприятия по защите окружающей среды

Курсовой проект включает в себя графическую часть и расчетно-пояснительную записку.

## 7. ОЦЕНОЧНЫЕ МАТЕРИАЛЫ ДЛЯ ПРОВЕДЕНИЯ ПРОМЕЖУТОЧНОЙ АТТЕСТАЦИИ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ДИСЦИПЛИНЕ

### 7.1. Описание показателей и критериев оценивания компетенций на различных этапах их формирования, описание шкал оценивания

#### 7.1.1 Этап текущего контроля

Результаты текущего контроля знаний и межсессионной аттестации оцениваются по следующей системе:

«аттестован»;

«не аттестован».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Аттестован	Не аттестован
УК-1	знать сущность проблем защиты окружающей среды, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
УК-2	знать жизненные циклы проекта по защите окружающей среды	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь применять методы математического анализа и моделирования работы устройств и систем защиты окружающей среды	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-1	знать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь формулировать цели и задачи исследования	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	владеть способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	Выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
ОПК-2	знать современные методы исследования	Активная работа на практических занятиях, отвечает на теоретические вопросы при защите курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах
	уметь формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных	Решение стандартных практических задач, написание курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

	характеристик, повышению экологической безопасности			
	владеть способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Выполнение плана работ по разработке курсового проекта	Выполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах	Невыполнение работ в срок, предусмотренный в рабочих программах

### 7.1.2 Этап промежуточного контроля знаний

Результаты промежуточного контроля знаний оцениваются в 1 семестре для очной формы обучения, 1 семестре для заочной формы обучения по четырехбалльной системе:

- «отлично»;
- «хорошо»;
- «удовлетворительно»;
- «неудовлетворительно».

Компетенция	Результаты обучения, характеризующие сформированность компетенции	Критерии оценивания	Отлично	Хорошо	Удовл.	Неудовл.
УК-1	знать сущность проблем защиты окружающей среды, возникающих в ходе профессиональной деятельности	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь осуществлять критический анализ проблемных ситуаций	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью осуществлять критический анализ проблемных ситуаций на основе системного подхода, вырабатывать стратегию действий	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
УК-2	знать жизненные циклы проекта по защите окружающей среды	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80- 90%	Выполнение теста на 70- 80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь применять методы математического анализа и моделирования работы устройств и систем защиты окружающей среды	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

				во всех задачах		
	владеть способностью управлять проектом на всех этапах его жизненного цикла	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-1	знать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь формулировать цели и задачи исследования	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью формулировать цели и задачи исследования, выявлять приоритеты решения задач, выбирать критерии оценки	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
ОПК-2	знать современные методы исследования	Тест	Выполнение теста на 90- 100%	Выполнение теста на 80-90%	Выполнение теста на 70-80%	В тесте менее 70% правильных ответов
	уметь формулировать задания на разработку проектных решений, связанных с модернизацией технологического оборудования, мероприятиями по улучшению эксплуатационных характеристик, повышению экологической безопасности	Решение стандартных практических задач	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены
	владеть способностью применять современные методы исследования, оценивать и представлять результаты выполненной работы	Решение прикладных задач в конкретной предметной области	Задачи решены в полном объеме и получены верные ответы	Продемонстрирован верный ход решения всех, но не получен верный ответ во всех задачах	Продемонстрирован верный ход решения в большинстве задач	Задачи не решены

## **7.2 Примерный перечень оценочных средств (типовые контрольные задания или иные материалы, необходимые для оценки знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности)**

### **7.2.1 Примерный перечень заданий для подготовки к тестированию**

**1. Расположите (по убыванию степени токсичности воздействия на организм человека) загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу при сжигании твердых видов топлив:**

- а)  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , сажа, водяные пары;
- б)  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ , сажа, водяные пары;
- в) сажа,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ , водяные пары;
- г)  $\text{CO}$ , сажа,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , водяные пары;
- д)  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ , водяные пары, сажа.

**2. Промышленные аэрозоли (в общем случае), это:**

- а) двух или многофазный поток только с воздушной газовой фазой;
- б) однофазный поток только с воздушной газовой фазой;
- в) двух или многофазный поток с любой газовой фазой, не только воздушной;
- г) однофазный газовый поток с любой газовой фазой;
- д) однофазный воздушный поток.

**3. Причины происхождения промышленных аэрозолей:**

- а) процессы объемной конденсации насыщенного пара вещества или диспергация твердого вещества;
- б) процесс сушки;
- в) процесс увлажнения;
- г) процесс нагревания вещества;
- д) процесс увлажнения и охлаждения вещества.

**4. В качестве растворителя (абсорбента) при абсорбции используют:**

- а) только воду;
- б) различные жидкие растворители;
- в) только органические растворители;
- г) только неорганические растворители;
- д) только растворы химических веществ.

**5. Абсорбция:**

- а) переход вещества из жидкой фазы в газовую;
- б) переход вещества из жидкой фазы в газовую и обратно;
- в) равновесное состояние перехода из газовой фазы в жидкую;
- г) равновесное состояние перехода из жидкой фазы в газовую;
- д) переход вещества из газовой фазы в жидкую.

**7. График уравнения равновесия (линия равновесия) при абсорбции в реальных условиях имеет вид:**

- а) спирали;
- б) прерывистой линии;
- в) периодической зависимости;
- г) линейной зависимости;
- д) нелинейной зависимости.

**8. Расположите (по убыванию степени токсичности воздействия на организм человека) загрязняющие вещества, поступающие в атмосферу при сжигании природного газа:**

- а) Бензапирен, СО, водяные пары, NO<sub>x</sub>, СО<sub>2</sub>;
- б) СО, Бензапирен, NO<sub>x</sub>, водяные пары, СО<sub>2</sub>;
- в) Бензапирен, NO<sub>x</sub>, СО, СО<sub>2</sub>, водяные пары;
- г) СО, Бензапирен, СО<sub>2</sub>, водяные пары, NO<sub>x</sub> ;
- д) СО<sub>2</sub>, водяные пары, NO<sub>x</sub>, бензапирен, СО.

**9. Какие из перечисленных систем относятся к аэрозольным потокам :**

- а) с концентрацией частиц более 100 мг/куб.м;
- б) более 200 мг/куб.м;
- в) менее 0,1 мг/куб.м;
- г) более 50 мг/куб.м;
- д) более 42 мг/куб.м.

**10. Высокодисперсные аэрозоли имеют частицы размером (диаметром):**

- а) до 1 мкм;
- б) до 2 мкм;
- в) до 5 мкм;
- г) от 1 до 10 мкм;
- д) свыше 10 мкм.

**7.2.2 Примерный перечень заданий для решения стандартных задач**

**1. Обстоятельства, не осложняющие процесс проведения абсорбции:**

- а) присутствие в очищаемом потоке твердых частиц;
- б) присутствие в очищаемом потоке налипающих частиц;
- в) присутствие в очищаемом потоке газообразных загрязнений;
- г) необходимость последующего разделения уловленных в процессе абсорбции вредностей;
- д) пониженная температура очищаемого потока.

**2. Укажите верную форму записи уравнения материального баланса абсорбера:**

- а)  $M = G (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}})$ ;
- б)  $M = L (Y_{\text{нач}} - Y_{\text{кона}})$ ;
- в)  $M = L (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}})$ ;
- г)  $M = G (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}})$ ;
- д)  $M = L (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}})$ .

**4. Физический смысл коэффициента Генри:**

- а) давление насыщенного пара чистого компонента;
- б) движущая сила абсорбции;
- в) парциальное давление компонента;
- г) теплота растворения газа в жидкости;
- д) газовая постоянная газовой фазы.

**5. Начальным участком процесса сорбции при расчетах сорбционных аппаратов считается:**

- а) сторона входа сорбента в аппарат;
- б) сторона выхода сорбента из аппарата;
- в) сторона входа очищаемого потока в аппарат;
- г) сторона выхода очищаемого потока в аппарат;
- д) любая зона аппарата, на усмотрение проектировщика.

**6. Газ-носитель – это:**

- а) инертная часть жидкой фазы;
- б) инертная часть газовой фазы;
- в) транспортируемое вещество (токсичный компонент);
- г) чистый абсорбент;
- д) загрязненный абсорбент.

**7. Отметьте верное утверждение:**

- а)  $Y > Y^*$  десорбция;
- б)  $Y < Y^*$  десорбция;
- в)  $X^* < X$  десорбция;
- г)  $X < Y$  десорбция;
- д)  $X^* = Y^*$  десорбция.

**9. От какого фактора не зависит распространение (рассеивание) газообразных загрязнений в атмосфере:**

- а) от температуры газообразных загрязнений;
- б) от температуры наружного воздуха;
- в) от розы ветров;
- г) от солнечной радиации;
- д) от географической характеристики района проектирования.

10. Указать минимальное значение мольной доли загрязняющего вещества (ЗВ) в газообразных выбросах с температурой 25 °С, при которой уже становится возможным осуществление процесса десорбции абсорбента.

Мольная доля ЗВ в абсорбенте на входе в абсорбер при температуре 25° С  $x = 0,3 \cdot 10^{-3}$  кмоль/кмоль; справочное значение коэффициента Генри при 25° С  $E = 1,21 \cdot 10^6$  мм рт.ст. Абсорбция происходит при атмосферном давлении 747 мм рт.ст.

- а)  $y = 0,30$  кмоль/кмоль;
- б)  $y = 0,33$  кмоль/кмоль;
- в)  $y = 0,41$  кмоль/кмоль;
- г)  $y = 0,51$  кмоль/кмоль;
- д)  $y = 0,59$  кмоль/кмоль.

### 7.2.3 Примерный перечень заданий для решения прикладных задач

1. Движущая сила процесса абсорбции для газовой фазы определяется по формуле (отметьте верное утверждение):

- а)  $\Delta Y = Y - Y^*$ ;
- б)  $\Delta Y = Y^* - Y$ ;
- в)  $\Delta X = X - X^*$ ;
- г)  $\Delta X = X^* - X$ ;
- д)  $\Delta X = \Delta Y$ .

2. Укажите верную запись для определения коэффициента массопередачи в газовой фазе через коэффициенты массоотдачи ( $m$  – коэффициент распределения):

- а)  $k_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}}$
- б)  $k_y = \frac{m}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{\beta_x}}$
- в)  $k_y = \frac{1}{\beta_y} + \frac{m}{\beta_x}$
- г)  $k_y = \frac{1}{\frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{m\beta_x}}$
- д)  $k_y = \frac{1}{\beta_y} + \frac{1}{m\beta_x}$

3. Указать минимальное значение мольной доли загрязняющего вещества (ЗВ) в газообразных выбросах с температурой 25 С, при которой уже становится возможным осуществление их очистки методом абсорбции перед рассеянием в воздушном бассейне. Мольная доля ЗВ в абсорбенте на входе в абсорбер при температуре 25 С  $x = 0,3 \cdot 10^{-3}$  кмоль/кмоль; справочное значение коэффициента Генри при 25°С  $E = 1,21 \cdot 10^6$  мм рт.ст. Абсорбция происходит при атмосферном давлении 747 мм рт.ст.

- а)  $y = 0,30$  кмоль/кмоль;

- б)  $y = 0,33$  кмоль/кмоль;
- в)  $y = 0,41$  кмоль/кмоль;
- г)  $y = 0,51$  кмоль/кмоль;
- д)  $y = 0,59$  кмоль/кмоль.

**4. Укажите верную форму записи уравнения материального баланса абсорбера:**

- а)  $M = G (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}})$ ;
- б)  $M = L (Y_{\text{нач}} - Y_{\text{кона}})$ ;
- в)  $M = L (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}})$ ;
- г)  $M = G (Y_{\text{кон}} - Y_{\text{нач}})$ ;
- д)  $M = L (X_{\text{кон}} - X_{\text{нач}})$ .

**6. Какие из перечисленных систем относятся к аэрозольным потокам :**

- а) с концентрацией частиц более 100 мг/куб.м;
- б) более 200 мг/куб.м;
- в) менее 0,1 мг/куб.м;
- г) более 50 мг/куб.м;
- д) более 42 мг/куб.м.

**7. Высокодисперсные аэрозоли имеют частицы размером (диаметром):**

- а) до 1 мкм;
- б) до 2 мкм;
- в) до 5 мкм;
- г) от 1 до 10 мкм;
- д) свыше 10 мкм.

**7.2.4 Примерный перечень вопросов для подготовки к зачету**  
Не предусмотрено учебным планом

**7.2.5 Примерный перечень вопросов для подготовки к экзамену**

1. Общая характеристика и классификация аэродисперсных систем.
2. Количественное представление концентраций.
3. Применимость различных методов газоочистки и защиты атмосферного воздуха от промышленных аэродисперсных загрязнений.
4. Основные закономерности абсорбции, промышленные абсорбенты.
5. Уравнение массоотдачи и массопередачи при абсорбции, движущая сила абсорбции, диффузионные критерии подобия.
6. Рабочая и равновесная линии абсорбции при противоточном и прямоточном оформлении процесса абсорбции.
7. Конструкции абсорбционного оборудования.

8. Процессы десорбции.
9. Расчет абсорберов.
10. Основы адсорбции. Адсорбенты.
11. Построение изотермы адсорбции. Особенности адсорбции в промышленных аппаратах.
12. Конструкции абсорберов и десорберов.
13. Расчет абсорберов.
14. Процессы испарения и конденсации.
15. Испарение одиночной капли.
16. Испарение и конденсация в аэрозольном облаке.
17. Анализ процесса образования тумана.
18. Теоретические основы процесса утилизации теплоты.
19. Методы расчета теплоутилизаторов.
20. Конструкции аппаратов.
21. Компонентные решения систем теплоутилизации.
22. Основные положения очистки газов дожиганием.
23. Оборудование для системы дожигания.
24. Расчет системы дожигания
25. Восстановление оксидов азота до молекулярного азота методами каталитического и некаталитического восстановления.
26. Ступенчатое сжигание и сжигание топлива с малым коэффициентом избытка воздуха.
27. Впрыск влаги в факел. Сжигание водомазутных эмульсий.
28. Рециркуляция продуктов сгорания топлива в воздушный тракт ТПУ.
29. Рециркуляция продуктов горения топлива в горелочных устройствах.
30. Реверсивные горелки. Расчет реверсивных горелок.
31. Классификация и общие закономерности промышленных выбросов в атмосферу.
32. Расчет выбросов из низких и высоких источников.
33. Расчет рассеивания вредностей из группы низких и высоких источников
34. Методика оценки ущерба окружающей среде при воздействии на нее выбросов от ТПУ.
35. Экономическая эффективность от применения природоохранных мероприятий.
36. Тепловые схемы и основные принципы работы мини-ТЭЦ как новая и перспективная форма снабжения потребителей тепловой и электрической энергией.

#### **7.2.6. Методика выставления оценки при проведении промежуточной аттестации**

В течение преподавания курса «Технические средства и методы защиты окружающей среды» в качестве формы оценки знаний студентов используются такая форма как экзамен, курсовое проектирование.

Экзамен может проводиться по тест-вопросам или по экзаменационным билетам.

Во время проведения экзамена обучающиеся могут пользоваться программой дисциплины, а также вычислительной техникой.

### 7.2.7 Паспорт оценочных материалов

№ п/п	Контролируемые разделы (темы) дисциплины	Код контролируемой компетенции	Наименование оценочного средства
1	Санитарные нормы качества	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту
2	Физические явления в аэродисперсных системах	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту
3	Регулирование вредностей в выбросах и сбросах	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту
4	Газоочистка	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту
5	Очистка газов методами восстановления до нетоксичного состояния	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту
6	Мониторинг и анализ загрязнений	УК-1, УК-2, ОПК- 1, ОПК-2	Тест, контрольная работа, защита реферата, требования к курсовому проекту

### 7.3. Методические материалы, определяющие процедуры оценивания знаний, умений, навыков и (или) опыта деятельности

Тестирование осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных тест-заданий на бумажном носителе. Время тестирования 30 мин. Затем осуществляется проверка теста экзаменатором и выставляется оценка согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение стандартных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач

на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Решение прикладных задач осуществляется, либо при помощи компьютерной системы тестирования, либо с использованием выданных задач на бумажном носителе. Время решения задач 30 мин. Затем осуществляется проверка решения задач экзаменатором и выставляется оценка, согласно методики выставления оценки при проведении промежуточной аттестации.

Защита курсовой работы, курсового проекта или отчета по всем видам практик осуществляется согласно требованиям, предъявляемым к работе, описанным в методических материалах. Примерное время защиты на одного студента составляет 20 мин.

## **8 УЧЕБНО МЕТОДИЧЕСКОЕ И ИНФОРМАЦИОННОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ)**

### **8.1 Перечень учебной литературы, необходимой для освоения дисциплины**

1. Ефремов, И. В. Сборник задач, практических заданий по курсу системы защиты среды обитания : учебное пособие / И. В. Ефремов, Е. Л. Горшенина. — Оренбург : Оренбургский государственный университет, ЭБС АСВ, 2016. — 116 с. — ISBN 978-5-7410-1486-8. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/61404.html>
2. Системы защиты среды обитания : учебное пособие (практикум) / составители Е. В. Соколова. — Ставрополь : Северо-Кавказский федеральный университет, 2018. — 136 с. — ISBN 2227-8397. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/92595.html>
3. Стрелков, А. К. Охрана окружающей среды и экология гидросферы : учебник / А. К. Стрелков, С. Ю. Теплых. — Самара : Самарский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2013. — 488 с. — ISBN 978-5-9585-0523-4. — Текст : электронный // Электронно-библиотечная система IPR BOOKS : [сайт]. — URL: <http://www.iprbookshop.ru/20495.html>
4. Мониторинг вредных выбросов в окружающую среду: методические указания к проведению практических занятий, самостоятельной работы и курсового проектирования по дисциплинам «Охрана воздушного бассейна от вредных выбросов», «Технические средства и методы защиты окружающей среды», «Технологии безопасности», "Технология безопасности" для студентов направлений подготовки 08.04.01 «Строительство», 13.04.01 «Теплоэнергетика и теплотехника», 21.04.01 «Нефтегазовое дело» всех форм обучения: сост. Сотникова О.А., Петрикеева Н.А., Гасанов З.С.- Воронеж, ВГТУ, 2021.- 48 с.

**8.2 Перечень информационных технологий, используемых при осуществлении образовательного процесса по дисциплине, включая перечень лицензионного программного обеспечения, ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет», современных профессиональных баз данных и информационных справочных систем:**

- Лицензионное программное обеспечение: ABBYY FineReader 9.0; Microsoft Office Word 2013/2007; Microsoft Office Excel 2013/2007; Microsoft Office Power Point 2013/2007; Maple v18; Adobe Acrobat Reader; PDF24 Creator; 7zip.

- Ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»: <http://www.edu.ru>; Образовательный портал ВГТУ; программная система для обнаружения текстовых заимствований в учебных и научных работах «Антиплагиат.ВУЗ».

- Информационные справочные системы: единое окно доступа к образовательным ресурсам – <http://window.edu.ru>; Справочная система ВГТУ – <https://wiki.cchgeu.ru>; СтройКонсультант; Справочная Правовая Система КонсультантПлюс; Электронно-библиотечная система IPRbooks; «Электронная библиотека диссертаций Российской государственной библиотеки»; ЭБС Лань; Научная электронная библиотека Elibrary;

- Современные профессиональные базы данных: Национальная информационная система по строительству – <http://www.know-house.ru>; Портал Российской академии архитектуры и строительных наук – <http://www.raasn.ru>; Электронная библиотека строительства – <http://www.zodchii.ws>; Портал АВОК – <https://www.abok.ru>.

## **9 МАТЕРИАЛЬНО-ТЕХНИЧЕСКАЯ БАЗА, НЕОБХОДИМАЯ ДЛЯ ОСУЩЕСТВЛЕНИЯ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОГО ПРОЦЕССА**

Для проведения лекционных и практических занятий необходима аудитория, оснащенная проектором и ноутбуком, плакатами и пособиями по профилю.

## **10. МЕТОДИЧЕСКИЕ УКАЗАНИЯ ДЛЯ ОБУЧАЮЩИХСЯ ПО ОСВОЕНИЮ ДИСЦИПЛИНЫ (МОДУЛЯ)**

По дисциплине «Технические средства и методы защиты окружающей среды» читаются лекции, проводятся практические занятия, выполняется курсовой проект.

Основой изучения дисциплины являются лекции, на которых излагаются наиболее существенные и трудные вопросы, а также вопросы, не нашедшие отражения в учебной литературе.

Практические занятия направлены на приобретение практических навыков расчета экологических показателей. Занятия проводятся путем решения конкретных задач в аудитории.

Методика выполнения курсового проекта изложена в учебно-методическом пособии. Выполнять этапы курсового проекта должны своевременно и в установленные сроки.

Контроль усвоения материала дисциплины производится проверкой курсового проекта, защитой курсового проекта.

Вид учебных занятий	Деятельность студента
Лекция	Написание конспекта лекций: кратко, схематично, последовательно фиксировать основные положения, выводы, формулировки, обобщения; помечать важные мысли, выделять ключевые слова, термины. Проверка терминов, понятий с помощью энциклопедий, словарей, справочников с выписыванием толкований в тетрадь. Обозначение вопросов, терминов, материала, которые вызывают трудности, поиск ответов в рекомендуемой литературе. Если самостоятельно не удастся разобраться в материале, необходимо сформулировать вопрос и задать преподавателю на лекции или на практическом занятии.
Практическое занятие	Конспектирование рекомендуемых источников. Работа с конспектом лекций, подготовка ответов к контрольным вопросам, просмотр рекомендуемой литературы. Прослушивание аудио- и видеозаписей по заданной теме, выполнение расчетно-графических заданий, решение задач по алгоритму.
Самостоятельная работа	Самостоятельная работа студентов способствует глубокому усвоению учебного материала и развитию навыков самообразования. Самостоятельная работа предполагает следующие составляющие: <ul style="list-style-type: none"> <li>- работа с текстами: учебниками, справочниками, дополнительной литературой, а также проработка конспектов лекций;</li> <li>- выполнение домашних заданий и расчетов;</li> <li>- работа над темами для самостоятельного изучения;</li> <li>- участие в работе студенческих научных конференций, олимпиад;</li> <li>- подготовка к промежуточной аттестации.</li> </ul>
Подготовка к промежуточной аттестации	Готовиться к промежуточной аттестации следует систематически, в течение всего семестра. Интенсивная подготовка должна начаться не позднее, чем за месяц-полтора до промежуточной аттестации. Данные перед экзаменом, экзаменом три дня эффективнее всего использовать для повторения и систематизации материала.