Министерство науки и высшего образования Российской Федерации

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Сибирский государственный индустриальный университет»

Кафедра теплоэнергетики и экологии

УТВЕРЖДАЮ
Директор института металлургии и материаловедения
_____ А.А. Уманский
подпись
«____» _____ 20___ г.

# РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Очистка и обезвреживание газообразных выбросов

05.03.06 «Экология и природопользование»
(направленность (профиль): «Геоэкология и эффективное управление природными ресурсами»)

Квалификация выпускника
Бакалавр

Форма обучения
Очная форма

Срок обучения: 4 года

Год начала подготовки 2025

Новокузнецк
2025

СибГИУ
Подлинник электронного документа хранится в системе электронного согласования документов СибГИУ
ДОКУМЕНТ ПОДПИСАН ЭП
Сертификат: f751bff68056aa81d7a4109cd019dba418043418
Владелец: Директор ИМиМ Уманский Александр Александрович
Действителен: с 17 мая 2024 г. по 10 августа 2025 г.
Дата и время: 16-05-2025 14:46:55 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

## 1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– формирование и приобретение знаний в области снижения загрязнения окружающей среды с помощью методов и технологий современной газоочистки.

Задачами учебной дисциплины являются:

– получение знаний по свойствам аэродисперсных систем;
– основным механизмам осаждения частиц и вредных газовых компонентов;
– умению проводить расчеты по определению эффективности газоочистки.

## 2 Место учебной дисциплины в структуре ООП по направлению подготовки (специальности)

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам (модулям) по выбору части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 05.03.06 «Экология и природопользование».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Безопасность жизнедеятельности;
– Математика;
– Физика;
– Химия;
– Экология.

Учебная дисциплина дополняет знания и умения, получаемые по одновременно изучаемым и последующим учебным дисциплинам:

– Природоохранная деятельность предприятия;
– Очистка сточных вод и утилизация осадков.

## 3 Планируемые результаты обучения по учебной дисциплине

Процесс изучения учебной дисциплины направлен на формирование следующих компетенций:

### – Профессиональные компетенции

| Наименование категории (группы) ПК | Код и наименование ПК | Код и наименование индикатора достижения ПК | Планируемые результаты обучения |
|---|---|---|---|
| | ПК-1: Способен осуществлять учёт, систематизацию и контроль данных о воздействии | ПК-1.1 Определяет техническое состояние и качество работы очистных сооружений, динамики негативного | – знать: критерии качества работы газоочистных сооружений и их влияние на окружающую среду. |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | хозяйственной деятельности на компоненты окружающей среды, а также данных о техническом состоянии очистных сооружений и качестве технологий, миминизирующих и предотвращающих негативное воздействие на оеружающую среду | воздействия технологических процессов организации на окружающую среду | – уметь: определять техническое состояние и качество работы газоочистных сооружений, динамики негативного воздействия технологических процессов организации на окружающую среду. |
| | ПК-2: Способен разрабатывать и реализовывать технологические решения и экологические мероприятия по минимизации негативного воздействия хозяйственной деятельности организации на окружающую среду | ПК-2.1 Организует экологическое обеспечение производства новой продукции в организации | – знать: способы разработки и реализации технических решений экологических мероприятий по минимизации негативного воздействия на окружающую среду газообразных выбросов.<br>– уметь: организовывать экологическое обеспечение производства новой продукции в организации в части очистки и обезвреживании газообразных выбросов. |
| | | ПК-2.2 Осуществляет разработку и эколого-экономическое обоснование планов внедрения новой природоохранной техники и технологий в организации | – знать: принципы разработки и эколого-экономического обоснования планов внедрения новой природоохранной техники и технологий очистки и обезвреживания газообразных |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | выбросов в организации.<br>– уметь: осуществлять разработку и внедрение новой природоохранной техники и технологий очистки и обезвреживания газообразных выбросов в организации. |
| | | ПК-2.3 Разрабатывает технологические решения, способствующие минимизации и предотвращению негативного воздействия на окружающую среду | – знать: источники ресурсосбережения при эксплуатации природоохранной техники и технологий в организации при очистке и обезвреживании дымовых газов.<br>– уметь: анализировать ресурсосбережение в результате работы инерционных и центробежных пылеуловителей, тканевых и волокнистых фильтров, полых газопромывателей, электрофильтров и скрубберов Вентури при очистке и обезвреживании дымовых газов. |

## 4 Объем и содержание учебной дисциплины

Учебные занятия по учебной дисциплине проводятся в форме контактной работы и в форме самостоятельной работы обучающихся.

Контактная работа включает в себя занятия лекционного типа (лекции), занятия семинарского типа (семинары, практические занятия, практикумы), промежуточную аттестацию обучающихся и иные формы взаимодействия обучающихся с педагогическими работниками и (или) лицами, привлекаемыми к реализации ООП на иных условиях, в том числе при проведении промежуточной аттестации обучающихся. Контактная работа может проводиться с применением электронного обучения, дистанционных образовательных технологий.

## Объем учебной дисциплины

| Семестр / курс | | ***ИТОГО*** | ***6 семестр*** |
|---|---|---|---|
| Форма промежуточной аттестации | | | *экзамен, зачет с оценкой по КР* |
| Трудоёмкость | *академ. час.* | ***288*** | *288* |
| | *зачетных единиц* | ***8*** | *8* |
| Лекции, *академ. час.* | | ***48*** | *48* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Лабораторные работы, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Практические занятия, *академ. час.* | | ***48*** | *48* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Курсовая работа, *академ. час.* | | ***36*** | *36* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Консультации, *академ. час.* | | ***0*** | *0* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Самостоятельная работа, *академ. час.* | | ***120*** | *120* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |
| Контроль, *академ. час.* | | ***36*** | *36* |
| в форме практической подготовки | | ***0*** | *0* |

## Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Основные положения гидродинамики и свойства аэродисперсных систем;

Тема 1.1 Основные понятия, происхождение и классификация аэродисперсных систем;

Тема 1.2 Основные положения гидродинамики газового потока. Основные свойства взвешенных частиц;

Тема 1.3 Классификация промышленных пылеуловителей и оценка их эффективности. Определение запыленных газов, прямой и косвенный методы;

Раздел 2 Основные механизмы осаждения частиц;

Тема 2.1 Гравитационное осаждение частиц. Осаждение частиц за счет касания (зацепления). Диффузиофорез;

Тема 2.2 Осаждение частиц в турбулентном потоке. Использование электромагнитного поля для осаждения взвешенных частиц. Суммарная эффективность улавливания;

Раздел 3 Коагуляция взвешенных частиц;

Тема 3.1 Тепловая, градиентная коагуляция;

Тема 3.2 Турбулентная, кинематическая, электрическая и акустическая коагуляция;

Раздел 4 Мокрое осаждение частиц;

Тема 4.1 Гидродинамика пузырьков. Гидродинамика капель и пленки;

Тема 4.2 Осаждение взвешенных частиц на каплях. Осаждение частиц из газовой струи. Осаждение частиц в пузырьках. Осаждение частиц на пленку жидкости;

Тема 4.3 Энергетический метод расчета эффективности мокрого пылеулавливания;

Раздел 5 Улавливание газообразных компонентов;

Тема 5.1 Физические основы процесса абсорбции. Основы расчета процесса массообмена абсорбции;

Тема 5.2 Адсорбционная очистка газов от сернистого ангидрида. Каталитическая очистка газов;

Тема 5.3 Химическая очистка газов;

Раздел 6 Рассеивание вредных выбросов в атмосфере;

Тема 6.1 Влияние состояния атмосферы на рассеивание выбросов. Инверсия в атмосфере;

Тема 6.2 Расчеты высоты источника рассеивания;

Раздел 7 Инерционные пылеуловители;

Тема 7.1 Циклоны. Расчет батарейного циклона. Жалюзийные пылеуловители;

Тема 7.2 Тканевые, волокнистые и зернистые фильтры;

Раздел 8 Мокрые пылеуловители;

Тема 8.1 Уловители типа МВ-УО и МС-ВТИ. Расчет золоуловителей этого типа. Скрубберы Вентури;

Раздел 9 Электрофильтры;

Тема 9.1 Электрофильтр типа УГ. Влияние удельного электрического сопротивления пыли на работу электрофильтра;

Тема 9.2 Электрофильтр типа ЭГД. Электрофильтр УВ.

## 5 Перечень тем лекций

| № раздела / темы дисциплины | Темы лекций | Трудоемкость, *академ.час* | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Основные положения гидродинамики и свойства аэродисперсных систем | 5 | |
| Раздел 2. | Основные механизмы осаждения частиц | 5 | |
| Раздел 3. | Коагуляция взвешенных частиц | 5 | |
| Раздел 4. | Мокрое осаждение частиц | 5 | |
| Раздел 5. | Улавливание газообразных компонентов | 5 | |
| Раздел 6. | Рассеивание вредных выбросов в атмосфере | 5 | |
| Раздел 7. | Инерционные | 6 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | пылеуловители | | |
| Раздел 8. | Мокрые пылеуловители | 6 | |
| Раздел 9. | Электрофильтры | 6 | |
| **Итого:** | | **48** | **0** |

## 6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы практических занятий (семинаров)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | Графическое представление дисперсного состава пыли. Определение параметров очищаемых газов на i-d диаграмме. Расчет эффективности систем пылеочистки | 5 | |
| Раздел 6. | Расчет рассеивания вредных выбросов | 5 | |
| Раздел 7. | Расчет гравитационных, инерционных и центробежных пылеуловителей | 7 | |
| Раздел 7. | Расчет тканевых, волокнистых и зернистых фильтров | 5 | |
| Раздел 8. | Расчет полых газопромывателей (орошаемый газоход и полый форсуночный скруббер) | 7 | |
| Раздел 8. | Расчет газопромывателей центробежного действия | 6 | |
| Раздел 8. | Расчет скруббера Вентури | 7 | |
| Раздел 9. | Расчет электрофильтра | 6 | |
| **Итого:** | | **48** | **0** |

## 7 Перечень тем лабораторных работ

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы лабораторных работ** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| | *Отсутствуют* | | |
| **Итого:** | | **0** | **0** |

## 8 Перечень тем курсовых работ (проектов)

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Темы курсовых работ (проектов)** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме** |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | | | **практической подготовки** |
| Раздел 8. | Расчет системы мокрой очистки газов за энергетическим агрегатом | 36 | |
| **Итого:** | | **36** | **0** |

## 9 Виды самостоятельной работы

| **№ раздела / темы дисциплины** | **Виды самостоятельной работы** | **Трудоемкость, *академ.час*** | |
|---|---|---|---|
| | | **всего** | **в форме практической подготовки** |
| Раздел 1. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 2. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 3. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 4. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 5. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 6. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 13 | |
| Раздел 7. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 14 | |
| Раздел 8. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию; | 14 | |

| | | | |
|---|---|---|---|
| | 3. Прохождение тестирования. | | |
| Раздел 9. | 1. Изучение лекционного материала;<br>2. Подготовка к практическому занятию;<br>3. Прохождение тестирования. | 14 | |
| *Курсовая работа* | *Выполнение курсовой работы* | 36 | 0 |
| *Контроль* | *Подготовка к экзамену* | 36 | |
| **Итого:** | | **192** | **0** |

## 10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

| Контролируемые разделы (темы) дисциплины | Контролируемые компетенции | Оценочные средства |
|---|---|---|
| Раздел 1. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Тестовые задания |
| Раздел 2. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Тестовые задания |
| Раздел 3. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Тестовые задания |
| Раздел 4. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Тестовые задания |
| Раздел 5. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Тестовые задания |
| Раздел 6. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Тестовые задания |
| Раздел 7. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Тестовые задания |
| Раздел 8. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Оценивание этапов выполнения курсовой работы;<br>4. Тестовые задания |

| | | |
|---|---|---|
| Раздел 9. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);<br>2. Наблюдение за работой на практическом занятии;<br>3. Тестовые задания |
| Курсовая работа. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы к защите курсовой работы |
| Экзамен. | ПК-1;<br>ПК-2 | 1. Вопросы к экзамену;<br>2. Задачи к экзамену |

## 11 Входной контроль

**11.1 Цель входного контроля** – определить начальный уровень подготовленности обучающихся и выстроить индивидуальную траекторию обучения. В условиях личностно-ориентированной образовательной среды результаты входного оценивания обучающегося используются как начальные значения в индивидуальном профиле академической успешности обучающегося.

### 11.2 Описание оценочных средств

Форма проведения входного контроля – индивидуальный или фронтальный устный опрос. В ходе проведения входного контроля обучающимся предлагается ответить на вопросы по материалу, изученному в процессе освоения ООП ВО.

**Шкала оценивания устных ответов обучающихся**

**Критерии оценки:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– сопровождение ответа примерами (учитывается умение грамотно и с пользой применять фактический материал для подкрепления теоретического при устном ответе);

– рациональность использования времени, отведенного на ответ (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценку «зачтено» получает обучающийся, если он при собеседовании обнаруживает знание и понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе и самостоятельно составленные;

при ответе на вопросы излагает материал последовательно и правильно, полно и аргументировано отвечает по содержанию задания; рационально использует время, отведенное на ответ.

Оценку «не зачтено» получает обучающийся, который не рационально использует время, отведенное на ответ; обнаруживает незнание ответа на соответствующий вопрос; допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл; беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «не зачтено» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые требуют проведения дополнительных индивидуальных консультаций.

**Вопросы для входного контроля знаний обучающихся приведены в приложении.**

## 12 Текущий контроль

**12.1 Текущий контроль знаний** используется для оперативного и регулярного управления учебной деятельностью (в том числе самостоятельной) обучающихся. Данный вид контроля стимулирует у обучающихся стремление к систематической самостоятельной работе по изучению учебной дисциплины и позволяет оценить степень освоения изученного материала.

Текущий контроль успеваемости осуществляется в течение семестра, в ходе повседневной учебной работы по индивидуальной инициативе педагогического работника, в том числе посредством использования СУО «Moodle».

Формы проведения текущего контроля – вопросы для устного обсуждения (опроса); наблюдение за работой на практическом занятии; оценивание этапов выполнения курсовой работы; тестовые задания.

### 12.2 Описание оценочных средств

### Шкалы оценивания (методики оценки)

#### 12.2.1 Рекомендации по оцениванию устных ответов обучающихся

С целью контроля и подготовки обучающихся к изучению новой темы в начале занятия лекционного типа (лекции) педагогическим работником проводится индивидуальный или фронтальный устный опрос по выполненным заданиям предыдущего раздела (темы).

**Критерии оценки:**

– правильность ответа по содержанию задания (учитывается количество и характер ошибок при ответе);

– полнота и глубина ответа (учитывается количество усвоенных фактов, понятий и т.п.);

– сознательность ответа (учитывается понимание излагаемого материала);

– логика изложения материала (учитывается умение строить целостный, последовательный рассказ, грамотно пользоваться специальной терминологией);

– рациональность использованных приемов и способов решения поставленной учебной задачи (учитывается умение использовать наиболее прогрессивные и эффективные способы достижения цели);

– своевременность и эффективность использования наглядных пособий и технических средств при ответе (учитывается умение грамотно и с пользой применять наглядность и демонстрационный опыт при устном ответе);

– использование дополнительного материала (обязательное условие);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения задания, устного ответа во времени).

Оценка «отлично» ставится, если обучающийся:

– полно и аргументировано отвечает по содержанию задания;

– обнаруживает понимание материала, может обосновать свои суждения, применить знания на практике, привести необходимые примеры, в том числе самостоятельно составленные;

– излагает материал последовательно и правильно.

Оценка «хорошо» ставится, если обучающийся дает ответ, удовлетворяющий тем же требованиям, что и для оценки «отлично», но допускает 1 – 2 ошибки, которые сам же исправляет.

Оценка «удовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает знание и понимание основных положений данного задания, но:

– излагает материал неполно и допускает неточности в определении понятий или формулировке правил;

– не умеет достаточно глубоко и доказательно обосновать свои суждения и привести свои примеры;

– излагает материал непоследовательно и допускает ошибки.

Оценка «неудовлетворительно» ставится, если обучающийся обнаруживает незнание ответа на соответствующее задание, допускает ошибки в формулировке определений и правил, искажающие их смысл, беспорядочно и неуверенно излагает материал. Оценка «неудовлетворительно» отмечает такие недостатки в подготовке обучающегося, которые являются серьезным препятствием к успешному освоению последующего материала.

### 12.2.2 Рекомендации по оцениванию этапов выполнения курсовой работы

Курсовая работа – конечный продукт, получаемый в результате

планирования и выполнения комплекса учебных и исследовательских заданий. Позволяет оценить умения обучающихся самостоятельно конструировать свои знания в процессе решения практических задач и проблем, ориентироваться в информационном пространстве, а также уровень сформированности аналитических, исследовательских умений, умений практического и творческого мышления.

Оценивание этапов выполнения курсовой работы проводится в рамках текущей аттестации (три раза в семестр) в соответствии с графиком выполнения курсовой работы по учебной дисциплине. Результаты аттестации обучающихся по выполнению ими курсовой работы оцениваются руководителями в процентах от общего объема выполненной работы. Сроки выполнения курсовой работы устанавливаются кафедрой в графике выполнения курсовой работы. График выполнения курсовой работы выдается старостам групп в начале каждого семестра.

Критерии оценки % выполнения курсовой работы

| Этап работы | % выполнения | Форма отчетности |
|---|---|---|
| Постановка цели, формулирование задачи, сбор и систематизация информации по теме курсовой работы | 30 | Раздел пояснительной записки |
| Расчет I и II ступени очистки газов, аэродинамический расчет дымового тракта, выбор побудителя движения, расчет рассеивания дымовых газов | 60 | Раздел пояснительной записки |
| Оформление пояснительной записки | 100 | Пояснительная записка |

Критерии оценки курсовой работы

| Критерии оценки выполнения курсовой работы | Оценка |
|---|---|
| Задание выполнено полностью: цель достигнута; основные понятия выделены; имеются в наличии схемы, графическое выделение особо значимой информации; все выводы и рекомендации обоснованы, работа тщательно вычитана, отсутствуют грамматические и стилистические ошибки, работа выполнена в полном объёме; процент выполнения задания соответствует плановому. | отлично |
| Задание выполнено: цель выполнения достигнута; наличие правильных эталонных ответов; однако работа выполнена не в полном объёме, имеются единичные опечатки, орфографические, пунктуационные, грамматические, стилистические ошибки; график выполнения задания нарушен на 10 – 20 %. | хорошо |
| Задание выполнено частично: цель выполнения достигнута не полностью; многочисленные ошибки снижают качество | удовлетворительно |

| | |
|---|---|
| выполненной работы; работа представлена с отклонением от запланированного срока на 50 %. | |
| Задание не выполнено, цель работы не достигнута. | неудовлетворительно |

### 12.2.3 Рекомендации по оцениванию результатов тестирования обучающихся

Тестирование проводится по изученным разделам (темам) учебной дисциплины для выявления уровня знаний и умений обучающегося, мотивирования обучающегося к активизации самостоятельной работы по усвоению учебного материала, выявления и устранения пробелов в знаниях, повышения дисциплины и организации учебной деятельности обучающегося.

Тестирование проводится в СУО «Moodle» в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся. Для тестирования используется 20 вопросов из базы типовых тестовых заданий по изученным разделам (темам) учебной дисциплины. Обучающийся выбирает один ответ из предложенных вариантов ответа. В случае выбора неправильного ответа обучающийся получает за данный вопрос 0 баллов; в случае правильного ответа – 1 балл.

Оценка формируется в соответствии с критериями таблицы:

| Максимальный балл | Проходной балл | Оценка |
|---|---|---|
| 20 | не менее 18 | отлично |
| 17 | не менее 14 | хорошо |
| 13 | не менее 10 | удовлетворительно |
| 9 | – | неудовлетворительно |

### 12.2.4 Рекомендации по оцениванию в процессе наблюдения за работой на практическом занятии

Наблюдение за работой на практическом занятии – важнейший компонент контроля деятельности обучающихся и качества их обучения.

**Критерии оценки в процессе наблюдения за работой на практическом занятии:**

– самостоятельность выполнения задания и работы с методическими указаниями (учитывается работа в течение занятия, быстрота и способность нахождения в методических указаниях нужной информации);

– правильность выполнения работы (учитывается последовательность выполняемых действий, умение работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники);

– рациональность использования времени, отведенного на задание (не одобряется затянутость выполнения работы с учетом индивидуальных особенностей обучающихся);

– активность обучающегося при выполнении практической работы (учитывается индивидуальная работа и работа в группе).

Критерии оценки по результатам наблюдения за работой на практическом занятии

| Наименование параметра оценки | Максимальное количество баллов |
|---|---|
| Самостоятельно выполняет задания; умеет работать с методическими указаниями. | 2,5 |
| Указанные в методических указаниях действия выполняет в правильной последовательности; умеет работать с инструментами и/или средствами вычислительной техники. | 1,25 |
| Рационально использует время, отведенное на задание; проявляет активность при выполнении практической работы. | 1,25 |
| **Итого** | **5** |

Максимальное количество – 5 баллов соответствует оценке «отлично», 4 балла – «хорошо», 3 балла – «удовлетворительно», 2 балла – «неудовлетворительно».

**Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины приведены в приложении.**

## 13 Промежуточная аттестация

**13.1 Оценочные материалы для промежуточной аттестации** обучающихся по учебной дисциплине предназначены для оценки степени достижения запланированных результатов обучения по завершению изучения учебной дисциплины в установленной учебным планом форме и позволяют определить качество усвоения изученного материала.

Итоговой формой контроля сформированности компетенций у обучающихся по учебной дисциплине является: курсовая работа; экзамен.

Оценочные материалы для промежуточной аттестации обучающихся включают: вопросы к защите курсовой работы; вопросы к экзамену; задачи к экзамену.

### 13.2 Оценивание обучающегося на защите курсовой работы

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| отлично | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если выполнены все требования к выполнению и защите курсовой работы: соблюдены требования к внешнему оформлению, последовательно изложен материал; при защите обучающийся демонстрирует умения применять теоретические знания основной и дополнительной литературы, может показать и объяснить применение технологических решений, |

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| | использованных в курсовой работе; даны правильные ответы на вопросы, заданные в процессе защиты курсовой работы. |
| хорошо | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, если основные требования к выполнению и защите курсовой работы выполнены, но при этом допущены недочеты. В частности, имеются неточности в изложении материала; отсутствует логическая последовательность в решениях, имеются упущения в оформлении; на дополнительные вопросы при защите курсовой работы даны неполные ответы. |
| удовлетворительно | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если имеются существенные отступления от требований к выполнению и защите курсовой работы. В частности: задача решена лишь частично; допущены фактические ошибки в содержании и оформлении; при ответе на дополнительные вопросы на защите курсовой работы обучающийся показывает знания только основного материала, испытывает затруднения при объяснении выбранных решений. |
| неудовлетворительно | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, если задача решена лишь частично; допущены грубые ошибки в содержании и при оформлении или при ответе на дополнительные вопросы; во время защиты курсовой работы обучающийся обнаруживает существенное непонимание проблемы. |

Если допущены существенные недостатки в оформлении курсовой работы, опущен или не написан какой-либо раздел, имеются отступления от задания на курсовую работу, то такая курсовая работа возвращается обучающемуся на доработку.

### 13.3 Оценивание обучающегося на экзамене

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| отлично | Оценка «отлично» выставляется обучающемуся, если он глубоко и прочно усвоил программный материал, исчерпывающе, последовательно, четко и логически 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 различной литературы, правильно обосновывает принятое нестандартное решение, обладает приемами выполнения практических задач по формированию компетенций. |
| хорошо | Оценка «хорошо» выставляется обучающемуся, 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, обладает необходимыми умениями и приемами их выполнения. |
| удовлетворительно | Оценка «удовлетворительно» выставляется обучающемуся, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, испытывает сложности при |

| Оценка | Требования к знаниям |
|---|---|
| | выполнении практических работ и затрудняется связать теорию вопроса с практикой. |
| неудовлетворительно | Оценка «неудовлетворительно» выставляется обучающемуся, который не знает значительной части программного материала, неуверенно отвечает, допускает серьезные ошибки, не имеет представлений по методике выполнения практической работы. Как правило, оценка «неудовлетворительно» ставится обучающимся, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по данной учебной дисциплине. |

**Задания и вопросы для промежуточной аттестации обучающихся приведены в приложении.**

## 14 Учебно-методическое и информационное обеспечение учебной дисциплины

**а) литература:**

1 Ветошкин, А. Г. Основы процессов инженерной экологии. Теория, примеры, задачи : учебное пособие / А. Г. Ветошкин. — Санкт-Петербург : Лань, 2022. — 512 с. — ISBN 978-5-8114-1525-0. – URL: https://e.lanbook.com/book/211553 (дата обращения: 15.05.2025);

2 Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. – Москва : Абрис, 2012. – с. – ISBN 978-5-4372-0032-2. – URL: http://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200322.html (дата обращения: 15.05.2025);

3 Коротков, Сергей Георгиевич. Оборудование для очистки газов промышленных печей : учебно-наглядное пособие / С. Г. Коротков, А. К. Соловьев ; Сиб. гос. индустр. ун-т. - Новокузнецк : СибГИУ, 2013. - URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=18&lngEdition=2217&lngFile=2205&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 15.05.2025);

4 Коротков, С.Г. Теория процессов и аппаратов очистки газов : конспект лекций / С.Г. Коротков; Сиб. гос. индустр. ун-т. - Новокузнецк : СибГИУ, 2011. - Библиогр.: с. 151. - URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=18&lngEdition=1683&lngFile=1690&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 15.05.2025).

**б) ресурсы информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:**

1 Электронный каталог : сайт / Научно-техническая библиотека СибГИУ. – Новокузнецк, [199 – ]. – URL: http://libr.sibsiu.ru. – URL: https://libr.sibsiu.ru;

2 Электронная библиотека // Научно-техническая библиотека СибГИУ : сайт. – Новокузнецк, [200 – ]. – URL: http://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrELibraryFullText.asp;

3 Консультант студента : электронно-библиотечная система / ООО «КОНСУЛЬТАНТ СТУДЕНТА». – Москва, [200 – ]. – URL: http://www.studentlibrary.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

4 ЛАНЬ : электронно-библиотечная система : [коллекция «Единая профессиональная база знаний для технических вузов - Издательство Лань" ЭБС»] / ООО «Издательство ЛАНЬ». – Санкт-Петербург, [200 – ]. – URL: http://e.lanbook.com. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

5 Образовательная платформа ЮРАЙТ / ООО «Электронное издательство ЮРАЙТ». – Москва, [200 – ]. – URL: https://urait.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

6 Университетская библиотека онлайн : электронно-библиотечная система / ООО «Директ-Медиа». – Москва, [200 – ]. – URL: https://biblioclub.ru. – Режим доступа: для авторизир. пользователей. – URL: http://www.biblioclub.ru;

7 Электронная библиотека УМЦ ЖДТ : [коллекция «Эксплуатация железных дорог»] / ФГБУ ДПО «Учебно-методический центр по образованию на железнодорожном транспорте». – Москва, [2013 – ]. – URL: https://umczdt.ru/books/. – Режим доступа: для авторизир. пользователей;

8 НАУЧНАЯ ЭЛЕКТРОННАЯ БИБЛИОТЕКА eLIBRARY.RU : база данных / ООО «НЭБ». – Москва, [200 – ]. – URL: http://elibrary.ru. – Режим доступа: по подписке;

9 Электронные периодические издания ИВИС : универсальная база данных / ООО «ИВИС». – Москва, [200 – ]. – URL: http://eivis.ru. – Режим доступа: по подписке.

**в) лицензионное и свободно распространяемое программное обеспечение:**

– 7-Zip;
– Adobe Acrobat Reader;
– Astra Linux Special Edition;
– Kaspersky Endpoint Security;
– Microsoft Office;
– Microsoft Windows;
– OnlyOffice;
– Р7-Офис;
– Сервис поиска текстовых заимствований Руконтекст.

**г) базы данных и информационно-справочные системы:**

1 ГАРАНТ : справочно-правовая система / ООО «Правовой центр «Гарант». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.;

2 КонсультантПлюс : справочно-правовая система / ООО «Информационный центр АНВИК». – Новокузнецк, [199 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть библиотеки Сиб. гос. индустр. ун-та.;

3 Техэксперт : информационно-справочная система / ООО «Группа компаний «Кодекс». – Кемерово, [200 – ]. – Режим доступа: компьютерная сеть Сиб. гос. индустр. ун-та.

## 15 Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины

Материально-техническое обеспечение учебной дисциплины включает учебные аудитории, оснащенные оборудованием, компьютерной техникой, и техническими средствами обучения, в том числе:

- учебную аудиторию для проведения занятий лекционного типа, оборудованную учебной доской, экраном и мультимедийным проектором;
- учебную аудиторию для проведения занятий семинарского типа (практических занятий);
- учебную аудиторию для проведения курсового проектирования;
- учебную аудиторию (помещения) для групповых и индивидуальных консультаций, текущего контроля и промежуточной аттестации;
- помещения для самостоятельной работы, оснащенные компьютерной техникой с возможностью подключения к сети «Интернет» и обеспечением доступа в электронную информационно-образовательную среду, научно-техническую библиотеку СибГИУ.

Рабочая программа дисциплины составлена в соответствии с требованиями ФГОС ВО по направлению подготовки (специальности) 05.03.06 «Экология и природопользование».

Составитель(и):

доцент Коротков Сергей Георгиевич (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:
Заместитель директора по охране труда промышленной безопасности и экологии – Начальник управления по

экологическим проектам ООО «Распадская угольная компания» Н.Ю. Любогощева

## Приложение

### 1 Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

Выберите один правильный ответ.

1. В чем заключается задача защиты окружающей среды?
2. Чем характеризуются загрязнения окружающей среды?
3. Какие методы защиты окружающей среды Вы знаете?
4. Назовите источники загрязнения атмосферы.
5. Назовите источники загрязнения гидросферы.
6. Назовите источники загрязнения литосферы.
7. Какие вредности могут содержаться в атмосфере?
8. Как Вы понимаете термин «окружающая среда»?
9. Для чего необходимо рассеивание вредных выбросов в атмосфере?
10. Для чего необходимо рассеивание вредных выбросов в гидросфере?

### 2 Задания и вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

**Раздел 1. Основные положения гидродинамики и свойства аэродисперсных систем**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое промышленные аэрозоли?
2. Что такое газоочистка?
3. Что такое комбинированная газоочистка?
4. Какие типы аэрозоля принято различать?
5. Что такое ламинарный и турбулентный режимы течения?
6. Что характеризует число Рейнольдса и каков его физический смысл?
7. Какие функции предполагает комбинированная газоочистка?
8. Что включает в себя технологическая схема газоочистки?
9. По какому параметру делятся аэродисперсные системы?
10. Какими параметрами характеризуются очищаемые газы?
11. Как меняется влагосодержание газа при его нагреве?
12. Перечислите основные свойства пылей.
13. Как может меняться насыпная плотность слежавшейся пыли?
14. Чем определяется слипаемость частиц пыли?
15. Какие параметры определяют абразивность частиц?
16. Хорошо или плохо улавливаются в мокрых системах газоочистки гидрофобные материалы?
17. Хорошо или плохо улавливаются с высоким удельным электрическим сопротивлением?

18. При какой поверхности контакта частицы склонны к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей?
19. Что такое фракция пыли?
20. Дайте классификацию промышленных пылеуловителей.
21. Как определяется эффективность пылеулавливания?
22. Как определяется запыленность газов прямым методом?
23. Как определяется запыленность газов косвенными методами?

**Раздел 2. Основные механизмы осаждения частиц**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Как меняется величина коэффициента лобового сопротивления в частице в пределах числа Рейнольдса от 2 до 500?
2. Как определяется параметр гравитационного осаждения частиц?
3. При каких условиях невозможно гравитационное осаждение частиц?
4. Как определяется параметр центробежного осаждения?
5. Как влияет режим движения газа на эффективность инерционного осаждения?
6. Чему равна эффективность инерционного осаждения при значении числа Стокса равного 0?
7. Как влияет число Фруда на эффективность центробежного осаждения?
8. Каково влияние скорости газа на осаждение частиц по механизму касания?
9. Что характеризует число Шмидта?
10. Какой параметр в наибольшей степени определяет интенсивность диффузионного осаждения?
11. Каков эффект диффузиофореза при относительной влажности газа 50%?
12. Чему равна эффективность турбулентного осаждения частиц крупностью 60 мкм и плотностью 7500 кг/м?
13. Чему равна эффективность турбулентного осаждения частиц при значении числа Рейнольдса потока равного1000?
14. По какому механизму происходит зарядка крупных частиц в электрофильтре?
15. При каких условиях происходит запирание короны?
16. Какое электрическое поле используется в электрическом осаждении частиц?

**Раздел 3. Коагуляция взвешенных частиц**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Как меняется скорость коагуляции в некотором объеме времени?
2. Каково влияние полидисперсности частиц на скорость Броуновской коагуляции?
3. Каково влияние давления газа на скорость Броуновской коагуляции?
4. Каков знак трибозаряда неметаллических частиц?
5. Какими параметрами определяется величина коэффициента захвата в любом режиме течения?
6. По какому механизму протекает коагуляция частиц в турбулентном потоке, если плотность частиц значительно больше плотности газа ($\rho_ч >> \rho_г$).
7. Назовите область в потоке газа (в трубе) где градиентная коагуляция протекает с большей эффективностью?
8. Расставить механизмы коагуляции в порядке возрастания их эффективности при прочих равных условиях.
9. Как влияет начальная счетная концентрация частиц на скорость коагуляции?
10. Как происходит акустическая коагуляция частиц?
11. Как влияет режим течения газа на градиентную коагуляцию?
12. Как меняется дисперсный состав частиц после коагуляции?
13. Как влияет коагуляция на эффективность пылеулавливания?

**Раздел 4. Мокрое осаждение частиц**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Перечислить преимущества мокрых пылеуловителей.
2. Какие мокрые аппараты относятся к средненапорным?
3. Назвать поверхности контакта фаз, используемых в мокрых пылеуловителях.
4. Каковы предельные значения поверхности фазового контакта в пенных пылеуловителях?
5. Назвать 3 самых эффективных механизма осаждения частиц на каплях.
6. От чего зависит поведение пленки?
7. Когда происходит дробление капель жидкости?
8. Какова зависимость между эффективностью очистки газов и затратами энергии?
9. Какова размерность у суммарной энергии соприкосновения?
10. Какова средняя скорость движения пузырьков в развитом слое пены?
11. В каких пределах находятся критические значения числа Вебера при дроблении капли?
12. В каком случае толщина пленки жидкости остается постоянной?

13. В каком случае при работе мокрого пылеуловителя эффективность диффузиофореза увеличивается в насыщенном газе?

14. При каком условии частица улавливается в пленке жидкости?

**Раздел 5. Улавливание газообразных компонентов**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. При каких максимальных концентрациях пыли могут работать катализаторы?
2. Чем осложняется каталитическое окисление CO до $CO_2$?
3. Перечислить используемые катализаторы реакции окисления CO до CO2.
4. При каких температурах происходит процесс каталитического окисления CO и $SO_2$?
5. Для чего охлаждают газ после каталитической очистки от $SO_2$ и до какой температуры?
6. В чем преимущества сухих методов химической очистки газов?
7. Какова удельная поверхность угольных сорбентов?
8. Какие существуют виды регенерации насыщенных сорбентов и при каких температурах?
9. За счет чего повышается концентрация $H_2SO_4$ в установке очистки газов от $SO_2$ с неподвижным сорбентом?
10. Назвать главный недостаток способа очистки газов от $SO_2$ в кипящем слое.
11. При каком способе мокрой очистки дыма от вредного газообразного компонента нельзя достичь его равновесного состояния?
12. Какие виды переноса определяют массообмен абсорбции?
13. При каких условиях возможно создание контактных адсорберов?
14. Какой параметр определяет сопротивление переходу газообразного компонента в жидкой фазе?
15. Какой продукт получается при известняковом способе улавливания $SO_2$?
16. При каких температурах протекает процесс аммиачной очистки газа от $SO_2$?
17. Назовите наиболее дешевый метод химической очистки газов от SO2?

**Раздел 6. Рассеивание вредных выбросов в атмосфере**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие мероприятия в комплексе решают проблему защиты атмосферы от вредных выбросов?

2. Как изменяется давление и температура воздушных масс при вертикальном перемещении?
3. Что такое сухоадиабатический градиент температуры?
4. Какие характерные состояния атмосферы возникают в природе и от чего они зависят?
5. Что собой представляет явление температурной инверсии и по какой причине оно возникает?
6. Какое состояние атмосферы способствует интенсивному рассеиванию вредных выбросов?
7. Какой должна быть наибольшая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы?
8. От чего зависит величина максимальной приземной концентрации вредных веществ при выбросе из одиночного источника?
9. Как влияют температура газа, выходящего из устья дымовой трубы, и атмосферного воздуха на условия рассеивания?
10. Перечислить основные меры по временному снижению загрязнения атмосферного воздуха от выбросов металлургического производства при неблагоприятных метеоусловиях.

**Раздел 7. Инерционные пылеуловители**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие золоуловители инерционного типа Вы знаете?
2. По какому принципу работают циклоны?
3. Что такое время релаксации?
4. Чем определяется время релаксации в центробежных золоуловителях?
5. Какие элементы используются в батарейных циклонах по способу подвода газа?
6. Какова последовательность расчета батарейного циклона?
7. Что входит в техническую характеристику батарейного циклона?
8. Что собой представляют жалюзийные пылеуловители?
9. Пыли какого размера улавливают жалюзийные пылеуловители?
10. Как устроены сопловой и лопаточный вихревые пылеуловители?
11. Пыли каких размеров эффективно улавливают вихревые пылеуловители?
12. Что собой представляют отражательные инерционные пылеуловители?
13. Как устроены ротационные пылеуловители?
14. Пыли какого размера эффективно улавливают ротационные пылеуловители?

**Раздел 8. Мокрые пылеуловители**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1 Назовите простейший тип мокрого золоуловителя?

2 В чем отличие центробежного скруббера от сухого инерционного золоуловителя?

3 Что собой представляет золоуловитель типа МП-ВТИ?

4 Назовите две ступени улавливания золы в аппарате типа МП-ВТИ?

5 Какова эффективность золоулавливания в аппарате МП-ВТИ?

6 Перечислите недостатки золоуловителя МП-ВТИ?

7 Какова конструкция мокрого золоуловителя с коагулятором Вентури?

8 Назовите основные достоинства этих аппаратов?

9 Каков принцип работы золоуловителя с коагулятором Вентури?

10 Какова последовательность расчета золоуловителя с коагулятором Вентури?

**Раздел 9. Электрофильтры**

**1 Устный опрос на лекции**

Перечень вопросов для устного опроса:

1 В чем сущность процесса электрической очистки газов?

2 Как называются электроды в электрофильтре?

3 Как зарекомендовали себя электрофильтры в золоулавливании на ТЭС?

4 Каково аэродинамическое сопротивление электрофильтров?

5 Какие стадии включает электрогазоочистка?

6 Каков знак заряда коронирующего электрода?

7 Каков знак заряда осадительного электрода?

8 Что собой представляет электрофильтр типа УГ?

9 Что собой представляет электрофильтр типа ЭГА?

10 Каков порядок расчета электрофильтров?

**3 Тестирование по результатам освоения лекционного материала и самостоятельной работы**

Тестирование проводится для определения степени усвоения материалов лекций, а также выполнения самостоятельной работы в рамках часов, отведенных на самостоятельную работу обучающихся, в СУО «Moodle».

Перечень вопросов для тестирования:

1) Как может меняться насыпная плотность слежавшейся пыли?

а) не меняется

б) уменьшается

в) увеличивается

2) Хорошо или плохо улавливаются в мокрых системах газоочистки гидрофобные материалы?
   а) хорошо
   б) удовлетворительно
   в) плохо
3) Хорошо или плохо улавливаются с высоким удельным электрическим сопротивлением?
   а) хорошо
   б) удовлетворительно
   в) плохо
4) При какой поверхности контакта частицы склонны к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей?
   а) 0,25 $м^2/г$
   б) 0,5 $м^2/г$
   в) 1,0 $м^2/г$
5) Как определяется параметр гравитационного осаждения частиц?
   а) отношением силы сопротивления среды к силе тяжести
   б) отношением силы тяжести к силе сопротивления среды
   в) отношением силы тяжести к силе поверхностного натяжения
6) Как определяется параметр центробежного осаждения?
   а) отношением силы тяжести к центробежной силе
   б) отношением центробежной силы к силе сопротивления среды
   в) отношением силы сопротивления среды к центробежной силе
7) Каково влияние скорости газа на осаждение частиц по механизму касания?
   а) не влияет
   б) влияет незначительно
   в) влияет сильно
8) Какое электрическое поле используется в электрическом осаждении частиц?
   а) однородное
   б) не однородное
   в) переменное
9) Как меняется скорость коагуляции в некотором объеме времени?
   а) возрастает
   б) не меняется
   в) уменьшается
10) Назовите область в потоке газа (в трубе) где градиентная коагуляция протекает с большей эффективностью?
   а) в пристеночной области
   б) в ядре потока
   в) по всему сечению трубы

11) Как влияет начальная счетная концентрация частиц на скорость коагуляции?
   а) при большей начальной счетной концентрации скорость коагуляции больше
   б) не влияет
   в) при большей начальной счетной концентрации скорость коагуляции меньше
12) Как меняется дисперсный состав частиц после коагуляции?
   а) увеличиваются крупные фракции
   б) увеличивается мелкая фракция
   в) не меняется
13) Как влияет коагуляция на эффективность пылеулавливания?
   а) не влияет
   б) эффективность увеличивается
   в) эффективность уменьшается
14) Какие мокрые аппараты относятся к средненапорным?
   а) с гидравлическим сопротивлением до 1500 Па
   б) с гидравлическим сопротивлением до 1500-3000 Па
   в) с гидравлическим сопротивлением до 3000-3500 Па
15) Какова зависимость между эффективностью очистки газов и затратами энергии?
   а) чем больше затраты энергии, тем эффективность меньше
   б) чем больше затраты энергии, тем эффективность больше
   в) нет зависимости
16) Какова размерность у суммарной энергии соприкосновения?
   а) 1000 $м^3$ газа /кДж
   б) кДж/1000 $м^3$ газа
   в) кПа/1000 $м^3$ газа
17) В каком случае при работе мокрого пылеуловителя эффективность диффузиофореза увеличивается в насыщенном газе?
   а) при процессах испарения
   б) при процессах конденсации
   в) не зависит
18) При каких максимальных концентрациях пыли могут работать катализаторы?
   а) 100 мг/$м^3$
   б) 50 мг/$м^3$
   в) 20 мг/$м^3$
19) Какова удельная поверхность угольных сорбентов?
   а) 4500 $м^2$/г
   б) 3000 $м^2$/г
   в) 1500 $м^2$/г

20) Назвать главный недостаток способа очистки газов от $SO_2$ в кипящем слое.
   а) абразивный износ гранул сорбента
   б) нет недостатков
   в) коагуляция гранул сорбента
21) Какие виды переноса определяют массообмен абсорбции?
   а) молекулярная диффузия
   б) конвективная диффузия
   в) конвективная и молекулярная диффузии
22) Что такое сухоадиабатический градиент температуры?
   а) изменение температуры составляет 1°С/100 м
   б) изменение температуры составляет 10°С/100 м
   в) изменение температуры составляет 50°С/100 м
23) Как влияют температура газа, выходящего из устья дымовой трубы, и атмосферного воздуха на условия рассеивания?
   а) не влияет
   б) с повышением температуры газов рассеивание уменьшается
   в) с понижением температуры газов рассеивание уменьшается
24) Где устанавливают золоуловители по отношению к дымососу и почему?
   а) за дымососом
   б) перед дымососом
   в) за дымовой трубой
25) Каков знак заряда осадительного электрода?
   а) положительный
   б) отрицательный
   в) нейтральный

## 4 Выполнение практических работ

Задания для практических работ, теоретический и методический материал для самостоятельного изучения и вопросы для собеседования представлены в методических указаниях к практическим занятиям.

## 5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Что такое промышленные аэрозоли?
2. Что такое газоочистка?
3. Что такое комбинированная газоочистка?
4. Какие функции предполагает комбинированная газоочистка?
5. Что включает в себя технологическая схема газоочистки?
6. По какому параметру делятся аэродисперсные системы?
7. Какими параметрами характеризуются очищаемые газы?
8. Как меняется влагосодержание газа при его нагреве?
9. Перечислите основные свойства пылей.
10. Как может меняться насыпная плотность слежавшейся пыли?

11. Чем определяется слипаемость частиц пыли?
12. Какие параметры определяют абразивность частиц?
13. Хорошо или плохо улавливаются в мокрых системах газоочистки гидрофобные материалы?
14. Хорошо или плохо улавливаются с высоким удельным электрическим сопротивлением?
15. При какой поверхности контакта частицы склонны к самовозгоранию и образованию взрывоопасных смесей?
16. Что такое фракция пыли?
17. Дайте классификацию промышленных пылеуловителей.
18. Как определяется эффективность пылеулавливания?
19. Как определяется параметр гравитационного осаждения частиц?
20. При каких условиях невозможно гравитационное осаждение частиц?
21. Как определяется параметр центробежного осаждения?
22. Как влияет режим движения газа на эффективность инерционного осаждения?
23. Чему равна эффективность инерционного осаждения при значении числа Стокса равного 0?
24. Каково влияние скорости газа на осаждение частиц по механизму касания?
25. Что характеризует число Шмидта?
26. Какой параметр в наибольшей степени определяет интенсивность диффузионного осаждения?
27. Каков эффект диффузиофореза при относительной влажности газа 50%?
28. Чему равна эффективность турбулентного осаждения частиц крупностью 60 мкм и плотностью 7500 кг/м?
29. Чему равна эффективность турбулентного осаждения частиц при значении числа Рейнольдса потока равного1000?
30. По какому механизму происходит зарядка крупных частиц в электрофильтре?
31. При каких условиях происходит запирание короны?
32. Какое электрическое поле используется в электрическом осаждении частиц?
33. Как меняется скорость коагуляции в некотором объеме времени?
34. Каково влияние полидисперсности частиц на скорость Броуновской коагуляции?
35. Каково влияние давления газа на скорость Броуновской коагуляции?
36. Каков знак трибозаряда неметаллических частиц?
37. Какими параметрами определяется величина коэффициента захвата в любом режиме течения?

38. Назовите область в потоке газа (в трубе) где градиентная коагуляция протекает с большей эффективностью?

39. Расставить механизмы коагуляции в порядке возрастания их эффективности при прочих равных условиях.

40. Как влияет начальная счетная концентрация частиц на скорость коагуляции?

41. Как влияет режим течения газа на градиентную коагуляцию?

42. Как меняется дисперсный состав частиц после коагуляции?

43. Как влияет коагуляция на эффективность пылеулавливания?

44. Перечислить преимущества мокрых пылеуловителей.

45. Какие мокрые аппараты относятся к средненапорным?

46. Назвать поверхности контакта фаз, используемых в мокрых пылеуловителях.

47. Каковы предельные значения поверхности фазового контакта в пенных пылеуловителях?

48. Назвать 3 самых эффективных механизма осаждения частиц на каплях.

49. От чего зависит поведение пленки?

50. Когда происходит дробление капель жидкости?

51. Какова зависимость между эффективностью очистки газов и затратами энергии?

52. В каких пределах находятся критические значения числа Вебера при дроблении капли?

53. В каком случае толщина пленки жидкости остается постоянной?

54. В каком случае при работе мокрого пылеуловителя эффективность диффузиофореза увеличивается в насыщенном газе?

55. При каком условии частица улавливается в пленке жидкости?

56. При каких максимальных концентрациях пыли могут работать катализаторы?

57. Чем осложняется каталитическое окисление CO до $CO_2$?

58. Перечислить используемые катализаторы реакции окисления CO до $CO_2$.

59. При каких температурах происходит процесс каталитического окисления CO и $SO_2$?

60. Для чего охлаждают газ после каталитической очистки от $SO_2$ и до какой температуры?

61. Какова удельная поверхность угольных сорбентов?

62. Какие существуют виды регенерации насыщенных сорбентов и при каких температурах?

63. За счет чего повышается концентрация $H_2SO_4$ в установке очистки газов от $SO_2$ с неподвижным сорбентом?

64. Назвать главный недостаток способа очистки газов от $SO_2$ в кипящем слое.

65. При каком способе мокрой очистки дыма от вредного газообразного компонента нельзя достичь его равновесного состояния?

66. Какие виды переноса определяют массообмен абсорбции?

67. Какие мероприятия в комплексе решают проблему защиты атмосферы от вредных выбросов?

68. Как изменяется давление и температура воздушных масс при вертикальном перемещении?

69. Что такое сухоадиабатический градиент температуры?

70. Какие характерные состояния атмосферы возникают в природе и от чего они зависят?

71. Что собой представляет явление температурной инверсии и по какой причине оно возникает?

72. Какое состояние атмосферы способствует интенсивному рассеиванию вредных выбросов?

73. Какой должна быть наибольшая концентрация вредного вещества в приземном слое атмосферы?

74. От чего зависит величина максимальной приземной концентрации вредных веществ при выбросе из одиночного источника?

75. Как влияют температура газа, выходящего из устья дымовой трубы, и атмосферного воздуха на условия рассеивания?

76. От чего зависит эффективность работы газоочистных устройств?

77. Влияет ли дисперсный состав на выбор и расчет пылеулови-телей?

78. Что такое медианный размер частиц?

79. Какие устройства используются для определения дисперсного состава золы?

80. На какие группы по удельному электрическому сопротивлению разделяют золу углей?

81. Как влияет смачивоемость частиц водой на работу мокрых золоуловителей?

82. Как определяется степень улавливания частиц в золоуловителях?

83. Какие требования предъявляются к системам пылеулавлива-ния?

84. Где устанавливают пылеуловители по отношению к дымососу и почему?

85. Почему газоочистные установки, как правило, не дают прибыли?

86. Какова эффективность электрофильтров?

87. Какова эффективность мокрых золоуловителей?

88. Какова эффективность батарейных циклонов?

89. Какие золоуловители инерционного типа Вы знаете?

90. По какому принципу работают циклоны?

91. Какие элементы используются в батарейных циклонах по способу подвода газа?

92. Какова последовательность расчета батарейного циклона?

93. Что входит в техническую характеристику батарейного циклона?

94. Что собой представляют жалюзийные пылеуловители?

95. Пыли какого размера улавливают жалюзийные пылеуловители?

96. Пыли каких размеров эффективно улавливают вихревые пылеуловители?

97. Что собой представляют отражательные инерционные пылеуловители?

98. Назовите простейший тип мокрого пылеуловителя?

99. В чем отличие центробежного скруббера от сухого инерционного пылеуловителя?

100. Что собой представляет золоуловитель типа МП-ВТИ?

101. Назовите две ступени улавливания золы в аппарате типа МП-ВТИ?

102. Какова конструкция мокрого золоуловителя с коагуляторами Вентури?

103. Назовите основные достоинства этих аппаратов?

104. Каков принцип работы золоуловителя с коагулятором Вентури?

105. Какова последовательность расчета золоуловителя с коагулятором Вентури?

106. В чем сущность процесса электрической очистки газов?

107. Как называются электроды в электрофильтре?

108. Каково аэродинамическое сопротивление электрофильтров?

109. Какие стадии включает электрогазоочистка?

110. Каков знак заряда коронирующего электрода?

111. Каков знак заряда осадительного электрода?

112. Что собой представляет электрофильтр типа УГ?

113. Что собой представляет электрофильтр типа ЭГА?

114. Каков порядок расчета электрофильтров?

115. Как влияет удельное электрическое сопротивление (УЭС) пыли на эффективность ее улавливания?

116. Что такое кондиционирование газа?

117. Что дает кондиционирование газа?

118. Что включают химические методы кондиционирования газа?

119. Как влияет температура газа на УЭС?

120. Что включает температурно-влажностное кондиционирование?

121. Что дает метод предварительной ионизации?

## 6 Задачи к экзамену для промежуточной аттестации

**Задание 1.** Построить интегральную кривую дисперсного состава пыли и определить ее медианный диаметр. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Фракционный состав пыли

| Фракционный состав, % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер частиц | | | | | | | | |
| 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-86 | 86-100 | > 100 |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 7 | 6 | 67 |

**Задание 2.** Во влажный воздух с параметрами $t_c$= 75°С и φ = 10% испаряется вода при адиабатных условиях. Температура воздуха при этом понижается до 45°С. Определить относительную влажность и влагосодержание воздуха в конечном состоянии. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные

| $t_c$, °С | Относительная влажность, φ, % | Температура воздуха, °С |
|---|---|---|
| 75 | 10 | 45 |

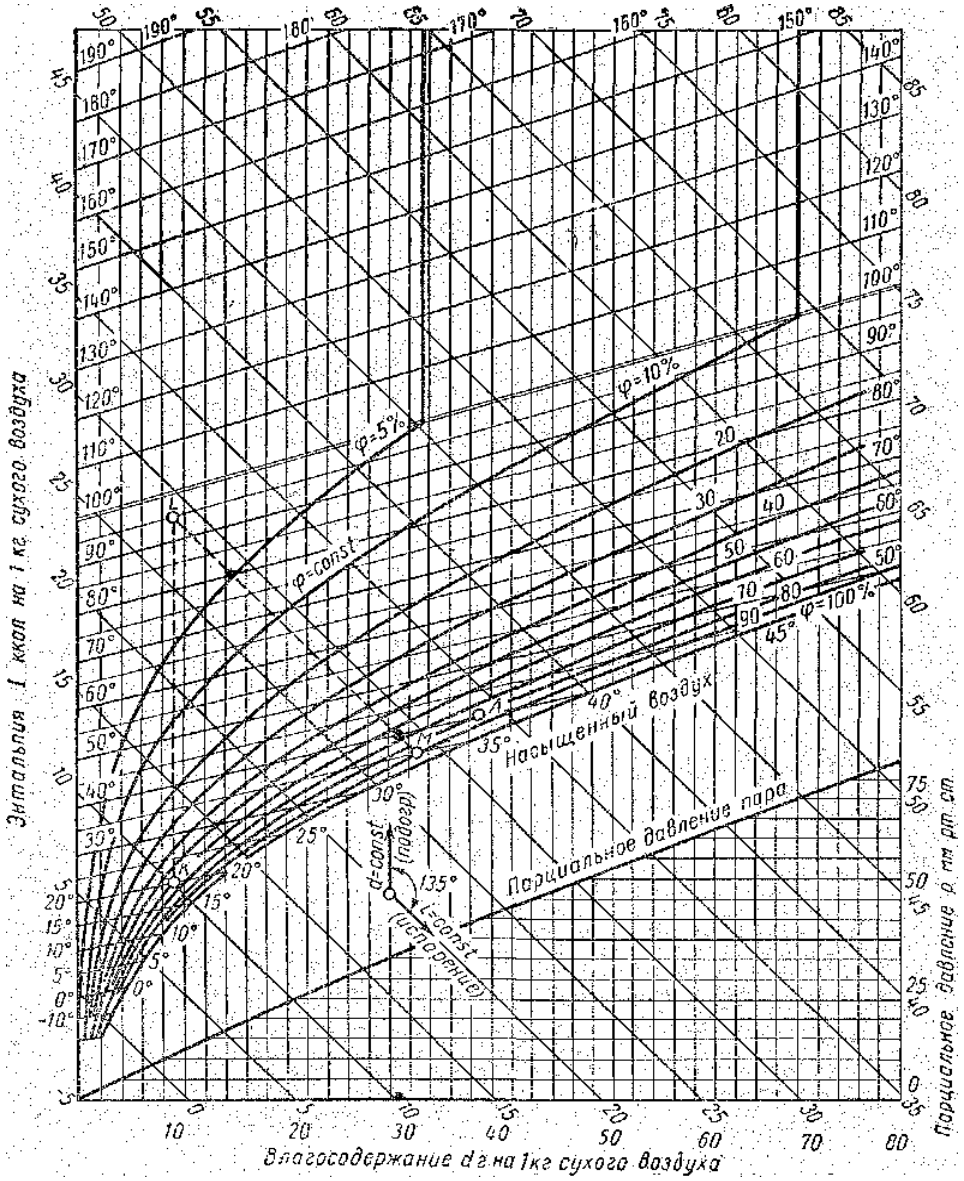



Рисунок **–** Диаграмма i-d для воздуха при барометрическом давлении

**Задание 3.** Определить температуру мокрого термометра и температуру точки росы в воздухе с параметрами: температура 60 °С, влагосодержание 30 г/кг сухого воздуха

**Задание 4.** Определить суммарную эффективность пылеулавливания и конечную запыленность газа при условиях, если известны начальная запыленность z1, дисперсный состав пыли, фракционные эффективности пылеулавливания. Исходные данные

| Фракционный состав, % Размер частиц, мкм | | | | Фракционная эффективность, % | | | | $z_1$, г/м$^3$ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 | | | | | |
| 25 | 25 | 25 | 25 | 5 | 10 | 20 | 65 | 2,0 |

**Задание 5.** Определить гидравлическое сопротивление циклона ЦН-15 при оптимальной скорости газов от 3 до 4 м/с, коэффициент

гидравлического сопротивления циклона от 140 до 160 и плотности газа от 0,9 до 1,3 кг/м$^3$. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| Скорость газа, м/с | Коэффициент гидравлического сопротивления циклона | Плотность газа кг/м$^3$ |
|---|---|---|
| 3,0 | 140 | 0,90 |

**Задание 6.** Предложить и обосновать способ подготовки газа для очистки его от пыли в сухом электрофильтре. Условия: расход газа 50000 м$^3$/ч, температура 200 °С, запыленность 60 г/м$^3$, УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | 0-10 | 10-20 | >20 |
|---|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 30 | 30 | 40 |

**Задание 7.** Предложить и обосновать способ подготовки газа для очистки его от пыли в сухом электрофильтре. Условия: расход газа 50000 м$^3$/ч, температура 400 °С, запыленность 60 г/м$^3$, УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | 0-10 | 10-20 | >20 |
|---|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 30 | 30 | 40 |

**Задание 8.** Предложить и обосновать способ подготовки газа для очистки его в рукавном фильтре типа ФРКДИ (рукав из лавсановой ткани). Условия: расход газа 20000 м$^3$/ч, температура 200 °С, запыленность 40 г/м$^3$, УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_4$, мкм | 0-10 | 10-20 | >20 |
|---|---|---|---|
| Фч, % | 30 | 30 | 40 |

**Задание 9.** Определить гидравлическое сопротивление циклона ЦН-15 при оптимальной скорости газов от 3 до 4 м/с, коэффициент гидравлического сопротивления циклона от 140 до 160 и плотности газа от 0,9 до 1,3 кг/м$^3$. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| Скорость газа, м/с | Коэффициент гидравлического сопротивления циклона | Плотность газа кг/м$^3$ |
|---|---|---|
| 3,2 | 142 | 1,00 |

**Задание 10**. За котлом ТЭЦ установлены батарейные циклоны. Однако очистка от пыли не соответствует санитарным нормам. Предложите и обоснуйте варианты реконструкции, если газ, выходящий из батарейных циклонов имеет следующие параметры: расход 80000 м$^3$/ч, температура 90 °С, запыленность 3 г/м$^3$ , УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | 0-5 | 5-10 | > 10 |
|---|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 70 | 25 | 5 |

**Задание 11.** Рассчитать рукавный фильтр из ткани нитрон, предназначенный для очистки газов при следующих условиях: расход газа $V_0$, м$^3$/ч, температура Т, °С, динамический коэффициент вязкости $\mu_Р$ = $24 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м$^2$, запылённость газов перед фильтром $z_1$, г/м$^3$, средний размер частиц d = 1 мкм, плотность пыли $\rho_п$, кг/м$^3$, пористость ткани $\varepsilon_т$ = 0,83, пористость пылевого слоя $\varepsilon_п$ = 0,85, перепад давления на фильтре ΔР = 1 кПа. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| $V_0$, м$^3$/ч | Т, °С | $z_1$, г/м$^3$ | $\rho_п$, кг/м$^3$ |
|---|---|---|---|
| 90000 | 150 | 7 | 5500 |

**Задание 12**. За котлом ТЭЦ установлены батарейные циклоны. Однако очистка от пыли не соответствует санитарным нормам. Предложите и обоснуйте варианты реконструкции, если газ, выходящий из батарейных циклонов имеет следующие параметры: расход 80000 м$^3$/ч, температура 150 °С, запыленность 5 г/м$^3$ , УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | 0-5 | 5-10 | > 10 |
|---|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 70 | 25 | 5 |

**Задание 13.** Рассчитать общий коэффициент очистки электрофильтра и конечную запыленность газа при следующих исходных данных: напряженность электрического поля $E=30 \cdot 10^4$ В/м, динамический коэффициент вязкости газа $\mu=22 \cdot 10^{-6}$ Па·с, удельная поверхность осаждения f= 62 м$^2$·с/м$^3$, начальная запыленность $z_1$= 5 г/м$^3$. Дисперсный состав пыли приведен в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| Фракционный состав, %<br>Размер частиц, мкм | | | |
|---|---|---|---|
| 2-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 |
| 25 | 25 | 25 | 25 |

**Задание 14**. Предложить и обосновать аппарат или систему аппаратов для очистки от пыли газа, имеющего параметры: 100000 м$^3$/ч, температура 100 °С, запыленность 15 г/м$^3$ , УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | <2 | >2 |
|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 80 | 20 |

**Задание 15.** Найти размеры форсуночного скруббера, предназначенного для очистки газов и расход воды на него при следующих данных: влагосодержание y=50 г/м$^3$, избыточное давление p=15 Н/см$^2$, температура $T_1$=200 °С, температура мокрого термометра

$T_м$=60 °С, объемный коэффициент теплопередачи в скруббере $K_0$=140 Вт/(м$^3$·°С), расход газа приведен в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| $V_0$, м$^3$/ч |
|---|
| 90000 |

**Задание 16.** Предложить и обосновать аппарат или систему аппаратов для очистки от пыли газа, имеющего параметры: 100000 м$^3$/ч, температура 350 °С, запыленность 15 г/м$^3$ , УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | <2 | >2 |
|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 80 | 20 |

**Задание 17.** Рассчитать золоулавливающую установку с центробежными скрубберами ЦС-ВТИ для очистки газов парового котла ТЭЦ, работающую при следующих условиях: расход влажных газов $V_0$, температура газов перед установкой $T_1$ = 160 °С, плотность газов $\rho_0$ = 1,32 кг/м$^3$, концентрация золы перед установкой $Z_1$ = 27,6 г/м$^3$, температура орошающей воды 16° С. Фракционный состав золы приведен ниже:

| Скорость витания, см/с | 0-0,5 | 0,5-2 | 2-5 | 5-10 | 10-15 | 15-20 | 20 |
|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Содержание, % (по массе) | 2,0 | 20 | 18,5 | 13,5 | 7,5 | 6,0 | 14,5 |

Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| $V_0$, м$^3$/ч |
|---|
| 90000 |

**Задача 18**. Предложить и обосновать способ подготовки газа для очистки его от пыли в сухом горизонтальном электрофильтре. Параметры газа: расход 40000 м$^3$/ч, температура 500 °С, запыленность 4 г/м$^3$, УЭС пыли $10^{11}$ Ом·см, дисперсный состав пыли:

| $d_ч$, мкм | 0-5 | > 5 |
|---|---|---|
| $Ф_ч$, % | 60 | 40 |

**Задание 19.** Рассчитать скруббер Вентури, определить его размеры, эффективность и гидравлическое сопротивление при следующих условиях: температура газа $T_1$=60 °С, разрежение перед газоочисткой $p_1$=2 кПа, плотность газа $\rho_0$=1,26 кг/м$^3$, начальная запыленность газа $z_1$=1 г/м$^3$, температура воды поступающей на орошение под давлением $p_ж$=300 кПа, равна 20 °С, необходимая запылённость газа на выходе из аппарата $z_2$=20 мг/м$^3$. Расход газа $V_0$ представлен в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| $V_0$, м³/ч |
|---|
| 9000 |

**Задание 20.** Определить суммарную эффективность пылеулавливания и конечную запыленность газа при условиях, если известны начальная запыленность z1, дисперсный состав пыли, фракционные эффективности пылеулавливания. Исходные данные

| Фракционный состав, % Размер частиц, мкм | | | | Фракционная эффективность, % | | | | $z_1$, г/м³ |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 2-10 | 10-20 | 20-40 | 40-60 | | | | | |
| 10 | 30 | 20 | 40 | 10 | 10 | 20 | 60 | 1,0 |

**Задание 21.** Построить интегральную кривую дисперсного состава пыли и определить ее медианный диаметр. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Фракционный состав пыли

| Фракционный состав, % | | | | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| Размер частиц | | | | | | | | |
| 0-10 | 10-20 | 20-30 | 30-40 | 40-50 | 50-60 | 60-86 | 86-100 | > 100 |
| 11 | 9 | 18 | 7 | 6 | 5 | 13 | 4 | 27 |

**Задание 22.** Определить гидравлическое сопротивление циклона ЦН-15 при оптимальной скорости газов от 3 до 4 м/с, коэффициент гидравлического сопротивления циклона от 140 до 160 и плотности газа от 0,9 до 1,3 кг/м³. Исходные данные приведены в таблице.

Таблица – Исходные данные для задания

| Скорость газа, м/с | Коэффициент гидравлического сопротивления циклона | Плотность газа кг/м³ |
|---|---|---|
| 3,5 | 145 | 1,15 |

**Задание 23.** Выбрать циклон типа ЦН-15, определить его гидравлическое сопротивление и эффективность при следующих исходных данных: расход газа при нормальных условиях $V_o$ = 4100 м³/ч; плотность газа $p_o$ - 1,29 кг/м³; температура газа $T$ = 110° С; барометрическое давление $p_{вар}$ = 101,3 кПа; разрежение в циклоне $p$ = 30 Па; начальная концентрация пыли в газе $Z_l$ = 50 г/м³; средний размер частиц пыли $d_m$ = 5 мкм; плотность пыли $\rho_п$ = 3000 кг/м³. Циклон должен работать в сети без раскручивателя.

**Задание 24.** Выбрать батарейный циклон для очистки газов, определить его гидравлическое сопротивление, эффективность при следующих исходных данных: расход газа при нормальных условиях $V_o$ = 60000 м³/ч; плотность газа $p_o$ - 1,29 кг/м³; температура газа $T$ = 110° С; барометрическое давление $p_{вар}$ = 101,3 кПа; разрежение в циклоне $p$ =

30 Па; начальная концентрация пыли в газе $Z_l$ = 10 г/м$^3$; плотность пыли $\rho_п$ = 3000 кг/м$^3$. Циклон должен работать в сети без раскручивателя.

Таблица – Фракционный состав пыли

| Фракционный состав, % | | | | | |
|---|---|---|---|---|---|
| Размер частиц | | | | | |
| <5 | 5-10 | 10-20 | 20-40 | 40-50 | >40 |
| 10 | 8 | 18 | 8 | 28 | 46 |

**Задание 25.** Определить скорость дрейфа частиц, фракционный КПД очистки в электрофильтре и конечную запыленность газа для следующих условий: начальная запыленность 10 г/м$^3$; динамическая вязкость газа $22 \cdot 10^{-6}$ Н·с/м$^2$; удельная поверхность осаждения 60 м$^2$·с/м$^3$.

Таблица – Фракционный состав пыли

| Фракционный состав, % | | | | |
|---|---|---|---|---|
| Размер частиц | | | | |
| <1 | 1-2 | 2-15 | 15-30 | >30 |
| 5 | 10 | 70 | 10 | 5 |

**Задание 26.** Определить величину максимальной приземной концентрации пыли в результате выброса запыленных газов из дымовой трубы при следующих исходных данных: $V_o$ = 60000 м$^3$/ч; температура газа $T$ = 100° С; диаметр дымовой трубы 2 м; высота трубы 60 м; температура воздуха 25 °С; барометрическое давление $p_{вар}$ = 101,3 кПа; начальная концентрация пыли в газе $Z_l$ = 100 мг/м$^3$.

## 7 Выполнение курсового проекта

В рамках учебной дисциплины предусмотрена самостоятельная работа обучающихся, результатом выполнения которой является оформленная в соответствии с требованиями пояснительная записка курсового проекта по заданной теме.

Примерный перечень тем курсовых проектов представлен в рабочей программе дисциплины. Задание и методические указания к выполнению курсового проекта размещены в СУО «Moodle».

Перед выдачей темы курсового проекта обучающийся знакомится с графиком его выполнения и критериями оценки. Выполненная пояснительная записка курсового проекта загружается обучающимся в СУО «Moodle».

## 8 Вопросы к защите курсового проекта

1. Какие существуют методы очистки пылегазовых выбросов? Какие механизмы лежат в их основе?
2. Как влияет состояние атмосферы на рассеивание вредных выбросов?

3. Каков принцип мокрого пылеулавливания? Какие физические механизмы лежат в его основе?

4. Какие факторы влияют на рассеивание примесей в атмосфере?

5. Из каких элементов состоит скруббер Вентури?

6. Каково назначение каплеуловителя?

7. Какие механизмы осаждения частиц реализуются в скруббере Вентури?

8. Какое гидравлическое сопротивление у низконапорных скрубберов Вентури?

9. Какое гидравлическое сопротивление у средненапорных скрубберов Вентури?

10. Какое гидравлическое сопротивление у высоконапорных скрубберов Вентури?

11. Как влияет величина удельного орошения трубы Вентури на эффективность пылеулавливания?

12. Какие виды орошения труб Вентури Вы знаете?

13. Какова связь затрат и эффективности пылеулавливания в скруббере Вентури?

14. Как устроен полый форсуночный скруббер?

15. Какие процессы протекают в полом форсуночном скруббере?

16. Как рассчитывается полная эффективность улавливания пыли в полом форсуночном скруббере?

17. Для какой цели рассчитывается гидравлическое сопротивление дымового тракта?

18. Каково назначение побудителя движения газов?

19. Как выбирается побудитель движения газов?

20. Какой должна быть конечная запыленность газа очищенного от нетоксичной пыли?