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 передовых инженерных технологий
_____ И.Ю. Кольчурина
подпись
«____» _____ 20___ г.

РАБОЧАЯ ПРОГРАММА ДИСЦИПЛИНЫ

Процессы и аппараты очистки газов и воды

13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника»
(направленность (профиль): «Цифровой инжиниринг»)

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: fc9174b54ee9e52ecccebc4447325f87f55889f2
Владелец: Директор ИПИТ Кольчурина Ирина Юрьевна
Действителен: с 17 апреля 2024 г. по 11 июля 2025 г.
Дата и время: 05-05-2025 12:57:07 ПРОВЕРИТЬ ПОДПИСЬ

1 Цели и задачи освоения учебной дисциплины

Целями учебной дисциплины являются:

– получение необходимых базовых знаний об основных методах и закономерностях физико-химических процессов защиты окружающей среды, основах технологий очистки пылегазовых выбросов, жидких сбросов.

Задачами учебной дисциплины являются:

– ознакомить обучающихся с аспектами и особенностями загрязнения различных сред – атмосферы и гидросферы;
– научить методам защиты окружающей среды от выбросов, сбросов, рассеивания и разбавления примесей в атмосфере и гидросфере;
– развитие навыков проектирования и расчета аппаратов для очистки;
– подготовить обучающихся к использованию полученных знаний в изучении последующих дисциплин и в профессиональной деятельности.

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

Учебная дисциплина относится к учебным дисциплинам части, формируемой участниками образовательных отношений **Блока 1 «Дисциплины (модули)»** ООП по направлению подготовки (специальности) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Учебная дисциплина базируется на предварительном усвоении обучающимися учебных дисциплин:

– Физика;
– Химия;
– Техническая термодинамика;
– Тепломассообмен;
– Механика жидкостей и газов;
– Экологические проблемы энергопредприятий;
– Математика.

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

– Эксплуатация теплоэнергетических установок и систем теплогазоснабжения;
– Котельные установки и парогенераторы;
– Теория и практика теплогенерации;
– Практика по профессии;
– Преддипломная практика;
– Подготовка к сдаче и сдача государственного экзамена.

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 выполнять работы по организации технического и материального обеспечения эксплуатации котельной, работающей на твердом топливе	ПК-1.1 Определяет потребности в обновлении технологического и вспомогательного оборудования котельной	– знать: свойства аэродисперсных и гидродисперсных систем, основные механизмы улавливания пыли и газов, конструкции технологического вспомогательного оборудования котельной в системах газо- и водоочистки. – уметь: определять технологические параметры для выбора вспомогательного оборудования котельной для газо-, водоочистки и золоудаления.
	ПК-2: Способен управлять процессом эксплуатации котлов, работающих на газообразном, жидком топливе и электронагреве	ПК-2.3 Контролирует соблюдение в котельной требований по экологической и санитарной безопасности	– знать: требования по экологической и санитарной безопасности в котельной, на основе процессов и аппаратов газо- и водоочистки. – уметь: обеспечивать контроль соблюдения в котельной требований по экологической и санитарной безопасности на основе процессов и аппаратов газо- и водоочистки.

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*
Трудоёмкость	*академ. час.*	***180***	*180*
	зачетных единиц	***5***	*5*
Лекции, *академ. час.*		***30***	*30*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Лабораторные работы, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Практические занятия, *академ. час.*		***40***	*40*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Курсовая работа / проект, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Консультации, *академ. час.*		***0***	*0*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Самостоятельная работа, *академ. час.*		***74***	*74*
в форме практической подготовки		***0***	*0*
Контроль, *академ. час.*		***36***	*36*
в форме практической подготовки		***0***	*0*

Содержание учебной дисциплины

Раздел 1 Введение. Предмет, задачи защиты окружающей среды;

Раздел 2 Характеристики загрязнений окружающей среды и основные методы ее защиты;

Тема 2.1 Показатели качества окружающей среды. Источники загрязнения атмосферы;

Тема 2.2 Характеристики пылегазовых загрязнителей воздуха. Основные свойства аэрозолей;

Тема 2.3 Классификация вод и свойства водных дисперсных систем;

Тема 2.4 Методы защиты окружающей среды;

Раздел 3 Очистка воздуха от аэрозольных примесей;

Тема 3.1 Гравитационное, центробежное, инерционное, электрическое осаждение частиц;

Тема 3.2 Фильтрование аэрозолей;

Тема 3.3 Мокрая газоочистка;

Тема 3.4 Термо- и диффузиофорез;

Раздел 4 Очистка газовых выбросов;

Тема 4.1 Абсорбция. Материальный баланс, массоперенос абсорбции. Схемы абсорбционных процессов;

Тема 4.2 Теория адсорбции, адсорбенты. Десорбция поглощенных примесей;

Тема 4.3 Термохимическое обезвреживание газообразных выбросов;

Тема 4.4 Каталитические методы очистки газовых выбросов;

Тема 4.5 Высокотемпературное обезвреживание газовых выбросов;

Раздел 5 Рассеивание и разбавление примесей в атмосфере и гидросфере;

Тема 5.1 Диффузионные процессы в атмосфере. Распространение загрязнений в атмосфере;

Тема 5.2 Разбавление примесей в гидросфере. Разбавление сточных вод при спуске в водоемы;

Раздел 6 Защита гидросферы;

Тема 6.1 Гидромеханические способы очистки сточных вод;

Тема 6.2 Физико-химические методы очистки сточных вод. Коагуляция и флокуляция, флотационная и адсорбционная очистка;

Тема 6.3 Ионный обмен и экстракция, электрохимические методы очистки сточных вод;

Тема 6.4 Биохимические и термические методы очистки.

5 Перечень тем лекций

№ раздела / темы дисциплины	Темы лекций	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической подготовки**
Раздел 1.	Введение. Предмет, задачи защиты окружающей среды	5	
Раздел 2.	Характеристики загрязнений окружающей среды и основные методы ее защиты	5	
Раздел 3.	Очистка воздуха от аэрозольных примесей	5	
Раздел 4.	Очистка газовых выбросов	5	
Раздел 5.	Рассеивание и разбавление примесей в атмосфере и гидросфере	5	
Раздел 6.	Защита гидросферы	5	
Итого:		**30**	**0**

6 Перечень тем практических занятий (семинаров)

№ раздела / темы дисциплины	Темы практических занятий (семинаров)	Трудоемкость, *академ.час*	
		всего	**в форме практической**

			подготовки
Раздел 2.	Графическое представление дисперсного состава пыли	4	
Раздел 2.	Определение параметров очищаемых газов по i-d диаграмме. Расчет эффективности систем пылеочитки	4	
Раздел 3.	Очистка воздуха от аэрозольных примесей	4	
Раздел 3.	Расчет центробежных пылеуловителей	4	
Раздел 3.	Расчет тканевых фильтров	4	
Раздел 3.	Расчет электрофильтра	4	
Раздел 3.	Расчет полых газопромывателей (орошаемый газоход и полый форсуночный Скруббер)	4	
Раздел 3.	Расчет газопромывателей центробежного действия	4	
Раздел 3.	Расчет скруббера Вентури	4	
Раздел 6.	Расчет открытых гидроциклонов для очистки сточных вод	4	
Итого:		**40**	**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**
	Отсутствуют		
Итого:		**0**	**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; 2. Прохождение тестирования.	6	
Раздел 2.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	12	
Раздел 3.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию.	24	
Раздел 4.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 5.	1. Изучение лекционного материала; 2. Прохождение тестирования.	10	
Раздел 6.	1. Изучение лекционного материала; 2. Подготовка к практическому занятию; 3. Прохождение тестирования.	12	
Контроль	*Подготовка к экзамену*	36	
Итого:		**110**	**0**

10 Матрица компетентностных задач по учебной дисциплине

Контролируемые разделы (темы) дисциплины	**Контролируемые компетенции**	**Оценочные средства**
Раздел 1.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 2.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 3.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Раздел 4.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса);

		2. Тестовые задания
Раздел 5.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Тестовые задания
Раздел 6.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы для устного обсуждения (опроса); 2. Наблюдение за работой на практическом занятии; 3. Тестовые задания
Экзамен.	ПК-1; ПК-2	1. Вопросы к экзамену; 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; 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 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

12.2.3 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: экзамен.

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

13.2 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

Оценка	Требования к знаниям
	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 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. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебное пособие для вузов / А. Г. Ветошкин. - Москва : Абрис, 2012. - ISBN 978-5-4372-0032-2. – URL: https://www.studentlibrary.ru/book/ISBN9785437200322.html (дата обращения: 28.03.2025);

2 Родионов, А. И. Технологические процессы экологической безопасности. Атмосфера : учебник для вузов / А.И. Родионов, В.Н. Клушин, В.Г. Систер. – 5-е изд., испр. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 201 с. – ISBN 978-5-534-10700-5. – URL: https://urait.ru/bcode/539757 (дата обращения: 28.03.2025);

3 Каракеян, В. И. Процессы и аппараты защиты окружающей среды : учебник и практикум для вузов / В.И. Каракеян, В.Б. Кольцов, О.В. Кондратьева. – 2-е изд., пер. и доп. – Москва : Юрайт, 2024. – 544 с. – ISBN 978-5-534-16354-4. – URL: https://urait.ru/bcode/544913 (дата обращения: 28.03.2025);

4 Коротков, С. Г. 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: 28.03.2025);

5 Коротков, С. Г. Теория процессов и аппаратов очистки газов : конспект лекций / С.Г. Коротков; Сиб. гос. индустр. ун-т. – Новокузнецк :

СибГИУ, 2011. – URL: https://library.sibsiu.ru/LibrEduMethodSectionsEditionsFilesDownload.asp?lngSection=18&lngEdition=1683&lngFile=1690&strParent=LibrEduMethodSectionsEditionsFiles (дата обращения: 28.03.2025).

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

8 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.

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 (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) 13.03.01 «Теплоэнергетика и теплотехника».

Составитель(и):

доцент Коротков Сергей Георгиевич (кафедра теплоэнергетики и экологии).

Рабочая программа дисциплины рассмотрена и утверждена на заседании кафедры.

Согласована:

Заместитель начальника ПТО
Центральная ТЭЦ
ООО "ЭнергоТранзит"



А. Ю. Поромов

Приложение

1 Вопросы для входного контроля знаний обучающихся

1. В чем заключается эволюция человека и окружающей среды?
2. Какие Вы знаете естественные и техногенные опасности?
3. Что такое гидросфера?
4. Назовите источники загрязнения гидросферы.
5. Назовите источники загрязнения атмосферы.
6. Что такое литосфера?
7. Какие существуют источники загрязнения литосферы?
8. Какие вредности могут содержаться в атмосферном воздухе?
9. Как Вы понимаете термин «окружающая среда»?
10. Какие агрегатные состояния веществ Вы знаете?

2 Вопросы для текущего контроля знаний обучающихся по разделам (темам) учебной дисциплины

Раздел 1. Ведение. Предмет, задачи защиты окружающей среды

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какова цель курса «Процессы и аппараты очистки газов и воды»?
2. Что такое ноосфера?
3. Что понимается под термином «окружающая среда»?
4. Какая деятельность человека влияет на окружающую среду?
5. Что собой представляют безотходные технологии?
6. Что собой представляют малоотходные технологии?
7. Какие агрегатные состояния вещества Вы знаете?
8. Какие вещества называют твердыми?
9. Какие вещества называют аморфными?
10. Что является характерной особенностью газообразного состояния?
11. Что такое идеальный газ?
12. Сформулируйте уравнение состояния идеального газа?
13. Что такое изохорический процесс?
14. Что такое изобарический процесс?
15. Что такое изотермический процесс?
16. Что такое «система» с точки зрения термодинамики?
17. Что такое внутренняя энергия?
18. Что такое дисперсная система?
19. Что такое седиментация?
20. Что такое коагуляция?
21. Какая система называется гомогенной?
22. Какая система называется гетерогенной?

Раздел 2. Характеристики загрязнений окружающей среды и основные методы ее защиты

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. В чем заключается загрязнение окружающей среды?
2. Какие виды загрязнения окружающей среды Вы знаете?
3. Что такое ПДК максимально разовая?
4. Что такое ПДК среднесуточная?
5. Что такое предельно-допустимый выброс (ПДВ)?
6. Что является основными источниками загрязнения атмосферного воздуха?
7. Назовите основные компоненты (вещества), загрязняющие атмосферный воздух?
8. Приведите основные свойства аэрозолей и промышленных пылей?
9. Какие виды коагуляции Вы знаете?
10. В каких целях в промышленности используют воду?
11. Что такое сточная вода?
12. Что содержат промышленные сточные воды?
13. Приведите классификацию промышленных отходов по их опасности.
14. Наличие каких веществ определяет первый класс опасности?
15. Наличие каких веществ определяет второй класс опасности?
16. Наличие каких веществ определяет третий класс опасности?
17. Наличие каких веществ определяет четвертый класс опасности?
18. Что относится к факторам энергетического загрязнения окружающей среды?
19. Какие методы защиты окружающей среды от промышленных загрязнений Вы знаете?
20. Приведите пассивные методы защиты окружающей среды?
21. Приведите активные методы защиты окружающей среды?

2 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.

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

Таблица 1 – Фракционный состав пылей

№ варианта	Фракционный состав, %								
	Размер частиц								
	0-10	10-20	20-30	30-40	40-50	50-60	60-86	86-100	> 100
1	3	3	4	3	4	3	7	6	67
2	3	6	7	8	7	4	14	5	46
3	7	9	11	10	8	6	11	5	33
4	11	9	18	7	6	5	13	4	27
5	32	15	11	8	6	5	9	3	11
6	6	4	9	22	18	12	15	5	9
7	9	10	8	7	6	5	9	4	42
8	26	18	10	7	5	4	11	2	17
9	20	18	16	7	5	4	11	2	17
10	18	13	18	7	6	5	9	4	20
11	10	11	11	7	8	6	9	5	33
12	7	4	18	11	6	5	13	9	27
13	8	3	11	32	6	5	9	15	11
14	22	5	9	6	18	12	15	4	9
15	11	9	18	7	6	5	13	4	27
16	11	6	11	8	15	5	9	3	32
17	9	18	9	22	4	12	15	5	6
18	17	5	16	7	18	4	11	2	20
19	20	6	18	7	13	5	9	4	18
20	42	6	8	7	10	5	9	4	9

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 2.

Таблица 2 – Исходные данные для задания 2

№ варианта	t_c, °С	Относительная влажность, φ, %	Температура воздуха, °С
1	75	10	45
2	75	15	40
3	75	25	35
4	75	30	25
5	75	35	30
6	80	40	40

Задание 3. Определить суммарную эффективность пылеулавливания и конечную запыленность газа при условиях, если известны начальная запыленность z_1, дисперсный состав пыли, фракционные эффективности пылеулавливания. Исходные данные приведены в таблице 3.

Таблица 3 – Исходные данные для задания 3

№ варианта	Фракционный состав, % Размер частиц, мкм				Фракционная эффективность, %				z_1, г/м^3
	2-10	10-20	20-40	40-60					
1	25	25	25	25	5	10	20	65	2,0
2	20	20	30	30	10	10	20	60	1,0
3	15	25	30	30	15	15	20	50	1,5
4	10	30	20	40	20	25	25	30	0,5
5	5	35	30	30	10	20	30	40	2,5
6	25	25	25	25	10	10	20	60	1,0
7	20	20	30	30	5	10	20	65	2,0
8	15	25	30	30	20	25	25	30	0,5
9	10	30	20	40	10	10	20	60	1,0
10	5	35	30	30	15	15	20	50	1,5
11	20	20	30	30	10	20	30	40	2,5
12	30	10	20	40	35	10	10	45	0,5
13	35	5	30	30	45	10	10	35	2,5
14	40	30	20	10	20	10	30	40	2,0
15	15	25	10	50	5	20	10	65	1,0
16	50	25	15	10	15	5	20	60	0,5
17	25	50	10	15	60	15	5	20	2,0
18	15	10	50	25	15	60	20	5	0,5
19	30	50	10	10	20	5	60	15	1,0
20	10	30	50	10	25	35	15	25	2,5

Раздел 3. Очистка воздуха от аэрозольных примесей

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Какие способы отделения взвешенных частиц от воздуха(газа) Вы знаете?
2. Как происходит и от чего зависит гравитационное осаждение?
3. Как происходит и от чего зависит инерционное осаждение?
4. Как происходит и от чего зависит центробежное осаждение?
5. Как происходит и от чего зависит осаждение по механизму зацепления?
6. Как происходит и от чего зависит осаждение в электрическом поле?

7. Как происходит и от чего зависит осаждение частиц на каплях жидкости?

8. Как происходит и от чего зависит осаждение на пузырьках (в пене)?

9. Как происходит и от чего зависит осаждение на плеках жидкости?

10. Что такое термофорез?

11. Что такое диффузиофорез?

12. Как влияют на диффузиофорез процессы конденсации и испарения?

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.

Задание 1. 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 1.

Таблица 1 – Исходные данные для задания 1

№ варианта	Скорость газа, м/с	Коэффициент гидравлического сопротивления циклона	Плотность газа кг/м^3
1.	3,0	140	0,90
2.	3,1	141	0,95
3.	3,2	142	1,00
4.	3,3	143	1,05
5.	3,4	144	1,10
6.	3,5	145	1,15
7.	3,6	146	1,20
8.	3,7	147	1,25
9.	3,8	148	1,30
10.	3,9	149	0,90
11.	4,0	150	0,95
12.	3,0	151	1,00
13.	3,1	152	1,05
14.	3,2	153	1,10
15.	3,3	154	1,15
16.	3,4	155	1,20
17.	3,5	156	1,25
18.	3,6	157	1,30
19.	3,7	158	0,90
20.	3,8	159	0,95
21.	3,9	160	1,00
22.	4,0	140	1,05
23.	3,0	141	1,10
24.	3,1	142	1,15
25.	3,2	143	1,20
26.	3,3	144	1,25
27.	3,4	145	1,30
28.	3,5	146	0,90
29.	3,6	147	0,95

№ варианта	Скорость газа, м/с	Коэффициент гидравлического сопротивления циклона	Плотность газа кг/м^3
30.	3,7	140	1,00
31.	3,2	140	0,95
32.	3,3	141	0,98
33.	3,5	142	1,00
34.	3,0	143	1,00

Задание 2. 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 2.

Таблица 2 – Исходные данные для задания 2

№ варианта	V_0, м^3/ч	Т, °С	z_1, г/м^3	$\rho_п$, кг/м^3
1.	90000	150	7	5500
2.	80000	145	6	5000
3.	70000	130	5	4500
4.	60000	135	4	4000
5.	50000	120	3	3500
6.	55000	125	2	3000
7.	45000	115	3,5	3500
8.	65000	120	5,5	4500
9.	75000	125	6,5	5000
10.	85000	130	7,5	5500

Задание 3. 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 5.1.

Таблица 3 – Исходные данные для задания 3

№ варианта	Фракционный состав, % Размер частиц, мкм			
	2-10	10-20	20-40	40-60
1	25	25	25	25
2	20	20	30	30
3	15	25	30	30
4	10	30	20	40
5	5	35	30	30
6	25	25	25	25
7	20	20	30	30

8	15	25	30	30
9	10	30	20	40
10	5	35	30	30
11	20	20	30	30
12	30	10	20	40
13	35	5	30	30
14	40	30	20	10
15	15	25	10	50

Задание 4. 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 4.

Таблица 4 – Исходные данные для задания 4

№ варианта	V_0, м^3/ч
1.	90000
2.	80000
3.	70000
4.	60000
5.	50000
6.	55000
7.	45000
8.	65000
9.	75000
10.	85000

Задание 5. 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 ρ_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 5

Таблица 5 – Исходные данные для задания 5

№ варианта	V_0, м^3/ч
1.	90000

№ варианта	V_0, м^3/ч
2.	80000
3.	70000
4.	60000
5.	50000
6.	55000
7.	45000
8.	65000
9.	75000
10.	85000

Задание 6. 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 ρ_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 6.

Таблица 6 – Исходные данные для задания 6

№ варианта	V_0, м^3/ч
1.	9000
2.	8000
3.	7000
4.	6000
5.	5000
6.	5500
7.	4500
8.	6500
9.	7500
10.	8500

Раздел 4. Очистка газовых выбросов

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое абсорбция?
2. Что такое абсорбент?
3. Что такое физическая абсорбция?
4. Что такое химическая абсорбция?
5. Как называются аппараты в которых осуществляются процессы абсорбции?

6. Какой процесс называется десорбцией?
7. Как зависит растворимость газа в жидкости от его давления?
8. Растворение газов в воде происходит с выделением или поглощением тепла?
9. Как зависит скорость абсорбции от давления и температуры?
10. Когда в процессах абсорбции достигается равновесное состояние?
11. Запишите уравнение материального баланса процесса абсорбции.
12. Какие виды переноса вещества осуществляются в обеих фазах при абсорбции.
13. Что выражает коэффициент массопередачи абсорбции?
14. Что выражает движущая сила массопередачи абсорбции?
15. Какие схемы в практике абсорбции Вы знаете?
16. Что такое адсорбция?
17. Что такое десорбция?
18. Что такое физическая и химическая адсорбция?
19. Что такое адсорбционная емкость?
20. Какие сорбенты Вы знаете?
21. Какова кинетика процесса адсорбции?
22. Как осуществляется десорбция сорбента?
23. В чем заключается термохимическое обезвреживание газообразных выбросов?
24. На чем основаны каталитические методы очистки газовых выбросов?
25. Что собой представляет высокотемпературное обезвреживание газовых выбросов?

Раздел 5. Рассеивание и разбавление примесей в атмосфере и гидросфере

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. На какие темы подразделяются организованные промышленные источники выбросов?
2. Что такое предельнодопустимый выброс (ПДВ)
3. Что является основным критерием качества атмосферного воздуха?
4. Каким должно быть соотношение между величиной наибольшей концентрации вредного вещества в приземном слое и ПДК?
5. Что такое фоновая концентрация?
6. Что такое временно согласованные выбросы (ВСВ)?
7. В чем заключаются диффузионные процессы в атмосфере?
8. Как определяется суммарный эффект воздействия на санитарное состояние водоема нескольких вредных веществ?

9. В чем заключается эффект разбавления сточных вод при спуске в водоемы?

10. Как определяется кратность разбавления в проточных водоемах.

Раздел 6. Защита гидросферы

1 Устный опрос на лекции

Перечень вопросов для устного опроса:

1. Что такое осаждение отстаиванием?
2. Что используется для очистки вод при осаждении отстаиванием?
3. Как определяется массовое количество осветленной воды и масса осадка?
4. От чего зависит скорость осаждения частиц?
5. Как влияет агломерация частиц на скорость осаждения?
6. Как происходит удаление всплывающих примесей?
7. Что называется эффектом отстаивания?
8. Какие Вы знаете конструкции отстойников или сгустителей?
9. От чего зависит производительность отстойников?
10. В чем заключается центробежное осаждение примесей из сточных вод?
11. Какие конструкции гидроциклонов используются?
12. В чем заключается фильтрование сточных вод?
13. На какие группы подразделяются фильтры с зернистым слоем?
14. Какие процессы относятся к физико-химическим методам сточных вод?
15. Какие преимущества в использовании физико-химических методов для очистки сточных вод (по сравнению с биохимическими)?
16. Что такое коагуляция и флокуляция?
17. Какие способы флотационной очистки Вы знаете?
18. Очистка сточных вод адсорбцией и ионным обменом?
19. В чем заключается обратный осмос и ультрафильтрация в растворах сточных вод?
20. В чем заключаются термоокислительные методы обезвреживания сточных вод?

2 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.

Задание 1. Выбрать конструкцию и определить основные геометрические размеры открытого гидроциклона в случае применения его для очистки производственных сточных вод. Плотность удаляемого осадка из гидроциклона принять равной ρ=3,2т/м^3.

Исходные данные для расчета выбрать из таблицы 1.

Таблица 1 – Исходные данные для расчета открытого гидроциклона

Номер варианта	Расход сточных вод	Гидравлическая крупность взвешенных веществ	Начальная концентрация взвешенных веществ	Эффективность очистки
	Q, м^3 /ч	U, мм/с	С, мг/л	Э,%
1	2	3	4	5
1	75	1,50	1900	68
2	1500	0,50	180	55
3	150	2,00	1400	66
4	1100	0,60	184	65
5	1000	8,00	1080	63
6	125	2,50	1300	65
7	1300	0,75	188	75
8	300	5,00	2000	69
9	900	7,50	1220	64
10	200	4,50	1000	62
11	1200	0,80	190	80
12	800	7,00	1370	65
13	500	5,50	1875	68
14	100	3,00	1200	64
15	1400	0,70	186	70
16	700	6,50	1530	66
17	400	0,75	185	73
18	175	3,50	1100	63
19	1000	0,65	182	50
20	600	6,00	1700	67

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?_____ $мг/м^3$

19) Какова удельная поверхность угольных сорбентов?_____ $м^2/г$

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?_____

26) Устройство, предназначенное для разделения твёрдых частиц или жидкостей различной плотности в жидкости (обычно в воде) посредством центробежных сил, создаваемых при вращении потока жидкости, поступающего в аппарат тангенциально _____

27) Установите соответствие между названиями газоочистных аппаратов и их определениями:

Циклон	это аппарат для сухой механической очистки газов от крупных частиц пыли посредством центробежных сил, создаваемых при вращении потока запыленного газа, поступающего в аппарат тангенциально
Рукавный фильтр	это газоочистной аппарат, использующий пористые ткани для задержания мелких частиц пыли
Электрофильтр	это газоочистной аппарат, в котором пыль заряжается от коронного разряда и осаждается на электродах под действием электрического поля
Орошаемый газоход	это простейший мокрый пылеуловитель, в котором газ проходит через секцию, в которой вода распыляется

	форсунками

28) Установите соответствие между названиями газоочистных аппаратов и их определениями:

Полый форсуночный скруббер	это мокрый пылеуловитель, в котором вода распыляется в виде капель в поток газа. Газ и капли воды перемешиваются, и пыль увлекается каплями воды, осаждаясь вместе с ними. Этот метод эффективен для улавливания мелкой пыли и аэрозольных частиц
Центробежный скруббер	это газоочистной аппарат, сочетающий сочетает принципы мокрой очистки и центрифуги, в котором г газ движется по спирали внутри корпуса, а вода подается в виде распылённых капель
Скруббер Вентури	это высокоэффективный мокрый пылеуловитель, работающий на принципе резкого ускорения газового потока в сужающемся канале, и встречи ускоренного газового потока со струёй воды, которая дробится на мелкие капли, которыми пыль захватывается и осаждается

29) Принимая равномерным распределение частиц по размерам внутри каждой фракции, можно построить ступенчатый график, называемый _____.

30) _____ кривая частиц пыли — это график, отображающий распределение частиц пыли по размерам, выраженное в процентах от общего количества частиц. По оси абсцисс откладываются размеры частиц, а по оси ординат — накопленный процент массы или числа частиц, которые имеют размер меньше или равный данному значению.

31) _____ кривая частиц пыли — это график, отображающий распределение частиц пыли по размерам, выраженное в процентах от общего количества частиц, приходящихся на определенный интервал размеров. По оси абсцисс откладываются размеры частиц (обычно в микрометрах), а по оси ординат — процентное содержание частиц данного размера в общем объеме пыли.

32) Сопоставьте газоочистной аппарат с его назначением:

Циклон	А. Тонкая очистка газов от мелкодисперсной пыли
Тканевый фильтр	Б. Сухая очистка газов от крупных частиц пыли
Электрофильтр	В. Мокрая очистка газов от мелких частиц и аэрозолей
Орошаемый газоход	Г. Электрическая очистка газов от пыли
Форсуночный скруббер	Д. Очистка газов от специфических примесей с

	помощью сорбентов
Адсорбер	Е. Мокрая очистка газов с применением воды и форсунок
Скруббер Вентури	Ж. Мокрая тонкая очистка газов с высокой скоростью
Каталитический нейтрализатор	З. Очистка выхлопных газов автомобилей от вредных компонентов
Абсорбер	И. Мокрая очистка газов с высоким содержанием влаги
Пылеуловитель	К. Очистка газов от пыли с использованием тканевых фильтров

33) Сопоставьте процесс газоочистки с его механизмом:

Сухая очистка	А. Захват частиц с помощью электростатических сил
Мокрая очистка	Б. Захват частиц за счет столкновения с каплями воды
Электрическая очистка	В. Отделение частиц по размеру и массе
Сорбция	Г. Поглощение молекул на поверхности твердого тела
Фильтрация	Д. Захват частиц за счет механических барьеров
Конденсация	Е. Осаждение частиц за счет охлаждения и перехода паров в жидкую фазу

5 Вопросы к экзамену для промежуточной аттестации

1. Какие методы используют для обезвреживания выбросов от газообразных примесей?
2. Какие методы используются для обезвреживания сточных вод?
3. Какие силы, в качестве движущих, используются в процессе осаждения?
4. Какие факторы оказывают сопротивление процессу осаждения?
5. Как формулируется закон Стокса о скорости осаждения частиц в случае ламинарного движения?
6. Как влияют на скорость осаждения размер, удельный вес и форма диспергированного вещества?
7. Каков механизм осаждения частиц под действием центробежной силы? В каких случаях применяется такое осаждение?
8. Какова сущность процесса осаждения частиц под действием электрических сил? В каких случаях применяется такое осаждение?

9. Какие факторы влияют на скорость осаждения частиц в электрическом поле?

10. Какой принцип заложен в основу работы газовых фильтров? Какие существуют механизмы фильтрации газовых примесей?

11. Каковы общие признаки массообменных процессов?

12. Какими величинами может быть выражена концентрация вещества и какая связь между этими величинами?

13. Какой характер равновесия систем «жидкость – газ» по закону Генри?

14. Что изображает и какой вид имеет равновесная и рабочая линия процесса массообмена?

15. Что является движущей силой массообменного процесса?

16. В каких единицах может выражаться движущая сила массообменных процессов?

17. Какова схема массообмена между жидкостью и газом (паром)?

18. Что такое «коэффициент диффузии»?

19. Что такое абсорбция и каково ее значение в технике защиты окружающей среды?

20. Как влияет на процесс абсорбции температура и давление?

21. В каких природоохранных технологиях очистки газовых выбросов используется абсорбция?

22. Что такое адсорбция и каково ее значение в технике защиты окружающей среды?

23. Каков механизм протекания адсорбции?.

24. Какие факторы влияют на равновесие при адсорбции?

25. Как влияют в процессе адсорбции природа поглощаемого газа, температура, давление, наличие конкурирующих примесей, вид адсорбента?

26. Что такое статическая и динамическая активность адсорбента?

27. Какие применяются адсорбенты, какие требования предъявляются к адсорбентам?

28. Как протекает адсорбция с неподвижным зернистым адсорбентом и как изменяется поле концентрации?

29. В каких природоохранных технологиях очистки газовых выбросов используется адсорбция?

30. Для очистки каких газовых примесей применяется конденсация и в чем она состоит?

31. Какие существуют термохимические способы обезвреживания газовых выбросов?

32. Какие газовые выбросы могут быть обезврежены термохимическими способами?

33. В чем состоит сущность каталитической очистки газовых выбросов?

34. Каков характер распространения примесей в атмосфере и в приземном слое?

35. Какие существуют сточные воды по источникам их происхождения?

36. Какие способы применяются при механической очистке сточных вод?

37. Какие физико-химические методы используются для очистки сточных вод?

38. В чем состоит процесс коагуляции примесей и ее отличие от флокуляции?

39. Что такое процесс флотации и как ее используют при очистке сточных вод?

40. Каков механизм процесса флотации примесей из сточных вод?

41. Какие существуют способы флотационной очистки сточных вод?

42. Какие существуют способы мембранной очистки сточных вод?

43. Чем различаются процессы обратного осмоса и ультрафильтрации?

44. Какие факторы влияют на проницаемость мембран при очистке сточных вод?

45. В чем состоит сущность ионного обмена?

46. Какие требования предъявляются к ионитам?

47. Какие существуют стадии переноса ионов при ионном обмене?

48. В чем состоит сущность процесса жидкостной экстракции?

49. Каким параметром характеризуется распределение извлекаемого вещества между фазами при экстракции?

50. Какие требования предъявляются к экстрагенту?

51. Какие существуют способы электрохимической очистки сточных вод и в чем состоит их различие?

52. Какие способы применяются при химической очистке сточных вод?

53. Какие способы применяются для десорбции и дегазации примесей из сточных вод?

54. Какие вещества подвергаются обезвреживанию при биологической очистке сточных вод?

55. Какие показатели используются при биологической очистке сточных вод?

56. Что такое активный ил и биопленка и из чего они состоят?

57. В чем состоит отличие аэробных и анаэробных биохимических процессов?

58. Какие существуют способы термического и термохимического обезвреживания сточных вод?

59. Какие существуют методы и способы переработки, утилизации и ликвидации отходов?

60. Какие способы используются для механической переработки отходов?

61. Какие способы используются для обогащения отходов?

62. Какие методы используются для термохимической обработки отходов?

63. Какие существуют виды и источники энергетического загрязнения окружающей среды?

64. Какие принципы используются для защиты от энергетических воздействий?

65. В чем состоит отличие методов защиты изоляцией и поглощения?

66. Какие существуют методы защиты от энергетических воздействий?

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

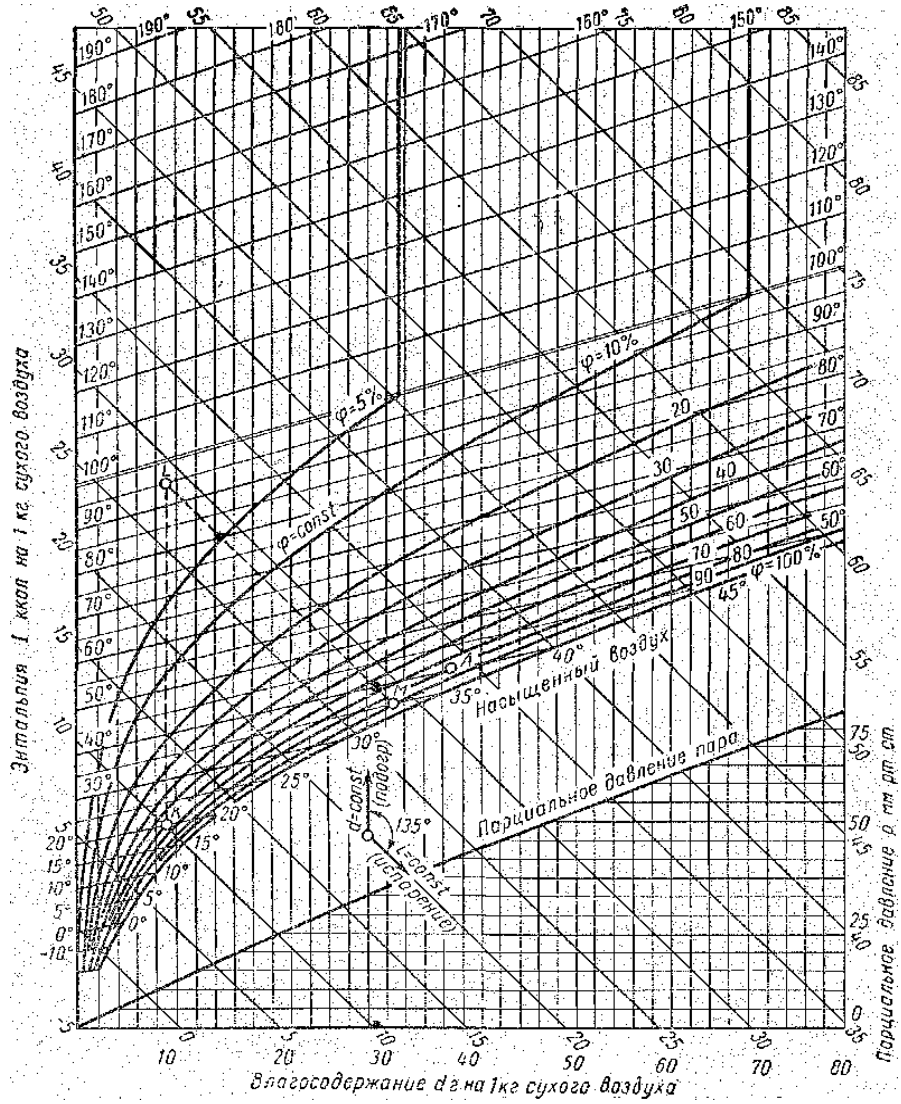


Рисунок **–** Диаграмма i-d для воздуха при барометрическом давлении

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, % 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 ρ_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 ρ_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 22·10^{-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.