

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по выполнению практических работ
по дисциплине «Системы защиты среды обитания»
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
форма обучения: заочная

Пособие составлено в соответствии с образовательной программой по направлению подготовки 20.03.01 «Техносферная безопасность», и рабочей программой дисциплины «Системы защиты среды обитания». В нем представлены темы практических занятий, задания к ним, методика и порядок их выполнения, рекомендуемая литература, планируемые результаты и критерии оценивания.

Оглавление

	Введение	4
Тема 1	Характеристика загрязнений окружающей среды и основные методы защиты	
	Практическое занятие 1. Теоретические основы технологических процессов защиты окружающей среды	6
Тема 2	Методы и аппараты очистки от аэрозольных примесей	
	Практическое занятие 2. Расчет пылеулавливающего устройства	18
Тема 3	Очистка воздуха от аэрозольных примесей	
	Практическое занятие 3. Расчет и обоснование мероприятий по снижению выбросов в атмосферу	32
Тема 4	Очистка газовых выбросов	
	Практическое занятие 4. Расчет и выбор газовых фильтров	52
Тема 5	Принципы очистки сточных и производственных вод	
	Практическое занятие 5. Управление качеством водных объектов	65
Тема 6	Управление качеством гидросферы	
	Практическое занятие 6. Расчет средств механической очистки сточных вод"	92
	Практическое занятие 7. Расчет физико-химических методов очистки сточных вод	102
	Практическое занятие 8. Расчет аппаратов биологической очистки сточных вод	114
Тема 8.	Организация складирования твердых отходов	
	Практическое занятие 9. Расчет полигона для размещения твердых бытовых отходов	120
	Литература	131
	Приложения	134

Введение

Учебное пособие (практикум) составлен в соответствии с образовательной программой по направлению 20.03.01 «Техносферная безопасность», учебным планом и программой дисциплины «Системы защиты среды обитания».

Дисциплина «Современные методы защиты биосферы» ознакомлению с особенностями загрязнения биосферы различными источниками, трансформации данных загрязнений в природных средах, системах и способах защиты, а также формированию экологической культуры личности, такого отношения к природе, которое обеспечило бы осознанное овладение знаниями и навыками, необходимыми для решения существующих экологических проблем и предупреждения новых. Задачами дисциплины является обеспечение студентов, теоретическими и практическими навыками, необходимыми для:

1. Совершенствования механизмов взаимодействия общества и окружающей среды, проектирования и изготовления новой техники, внедрения новых технологических процессов в соответствии с требованиями экологической безопасности;

2. Принятия экологически грамотных решений в условиях производства, прогнозирования и оценки своей профессиональной деятельности с точки зрения охраны и защиты окружающей среды.

3. Проведения инженерно-экологического анализа между параметрами технологических процессов и изменениями в окружающей человека среде; знаний экономических и правовых механизмов защиты окружающей среды..

Практические занятия являются необходимым структурным элементом курса дисциплины «Системы защиты среды обитания» и предназначены для укрепления, углубления полученных теоретических знаний и приобретения практических навыков расчета и выбора мероприятий по защите окружающей природной среды.

В пособии изложен теоретический материал, необходимый для выполнения заданий, и конкретные рекомендации по выполнению практических занятий. При подготовке к практическому занятию студенты должны изучить лекционный материал по теме практического занятия, ответить на теоретические вопросы преподавателя и выполнить задания.

Выполнение практических занятий по дисциплине позволит сформировать у студентов владение способностью оптимизировать методы и способы минимизации негативного антропогенного воздействия на окружающую среду и овладеть навыками расчета и выбора средств защиты. .

Тема 1 Характеристика загрязнений окружающей среды и основные методы защиты

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 1

Тема занятия: "Теоретические основы технологических процессов защиты окружающей среды"

Цель практического занятия: получение знаний об основных направлениях государственной политики в области охраны окружающей среды, а также технологических процессов, являющихся основой средозащитных технологий.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов знаний теоретических основ технологических процессов защиты окружающей среды

Теоретическая часть

Основы государственной политики в области экологического развития России на период до 2030 года(утв. Президентом РФ от 30 апреля 2012 г.) основывается на:

- Конституции Российской Федерации, принципах и нормах международного права;
- международных договорах Российской Федерации;
- а также на федеральных конституционных законах;
- федеральных законах;
- законах субъектов Российской Федерации;
- документах долгосрочного стратегического планирования, включая Концепцию долгосрочного социально-экономического развития Российской

Федерации на период до 2020 года (распоряжение Правительства Российской Федерации от 17 ноября 2008г. N1662-р).

Нормы экологического права- правила поведения, регулирующие отношения людей в области охраны и использования окружающей среды. Они подразделяются на нормы-принципы, нормы-приоритеты и нормы-правила. Нормы-принципы закрепляют основополагающие начала ООС (рисунок 1.1)



Рисунок 1.1 - Нормы-принципы экологического права

Нормы-приоритеты устанавливают правовые преимущества в охране и использовании одних объектов перед другими в интересах обеспечения качества окружающей среды.

Общеэкологические приоритеты означают, что любые хозяйственные мероприятия подлежат прекращению, если они угрожают здоровью и экологической безопасности человека. Нормы-правила содержат экологические требования - императивы, которые подразделяются на 7 категорий (рисунок 1.2)

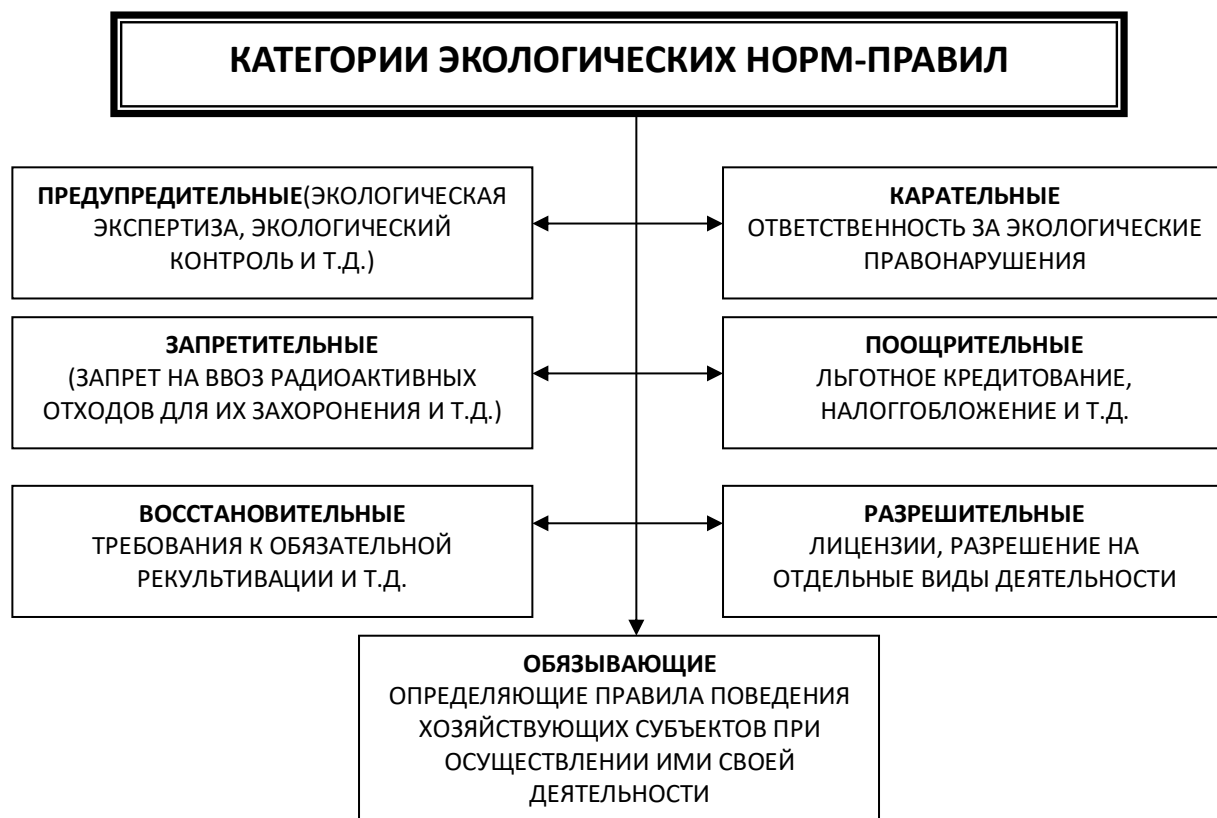


Рисунок 1.2 - Экологические требования, закрепленные в нормах-правилах

Источниками экологического права являются нормативно-правовые акты (документы), регулирующие экологические общественные отношения (рисунок 1.3). Нормативно-техническая документация по охране окружающей среды включает в себя санитарные нормы Минздрава РФ, Систему строительных норм и правил и систему стандартов "Охрана природы" (рисунок 1.4). Стратегические **цели** государственной политики в области экологического развития являются приведены на рисунке 1.5.

Одним из направлений сохранения окружающей среды является создание безотходных или малоотходных производств. Безотходное производство подразумевает некоторую идеальную технологическую модель, которая не оказывает негативного воздействия на окружающую среду. Чаще всего безотходная технологическая система не может быть реализована в полном объеме, поэтому введено понятие малоотходное производство – технология, оказывающая минимальное отрицательное воздействие на среду обитания.

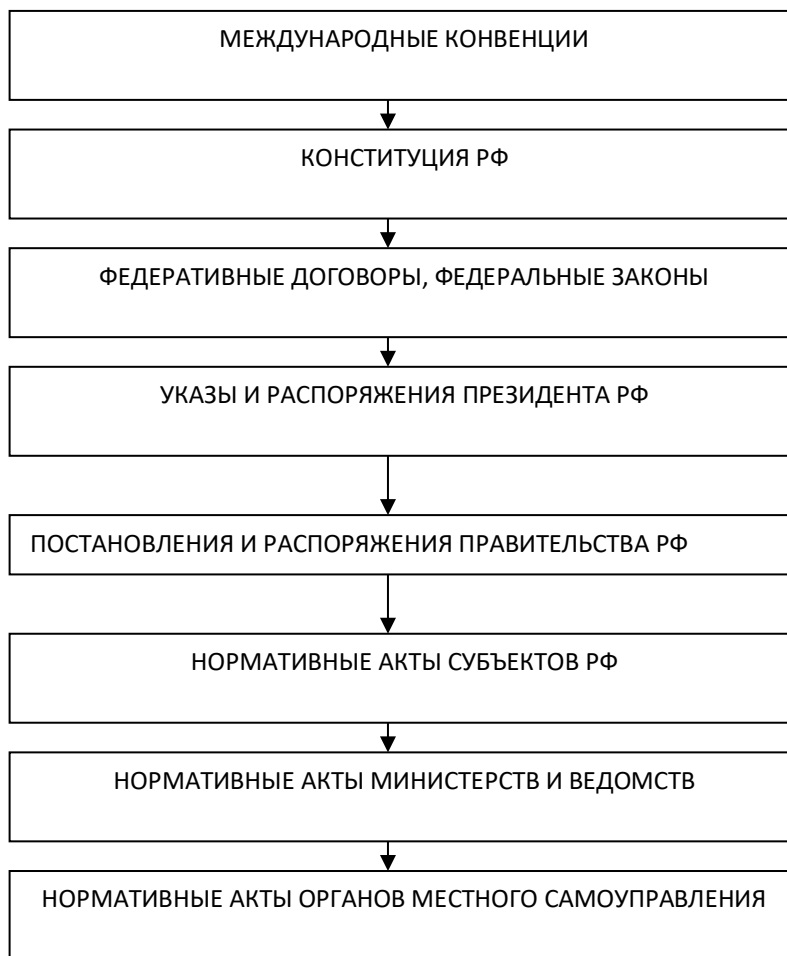


Рисунок 1.3 - Источники экологического права

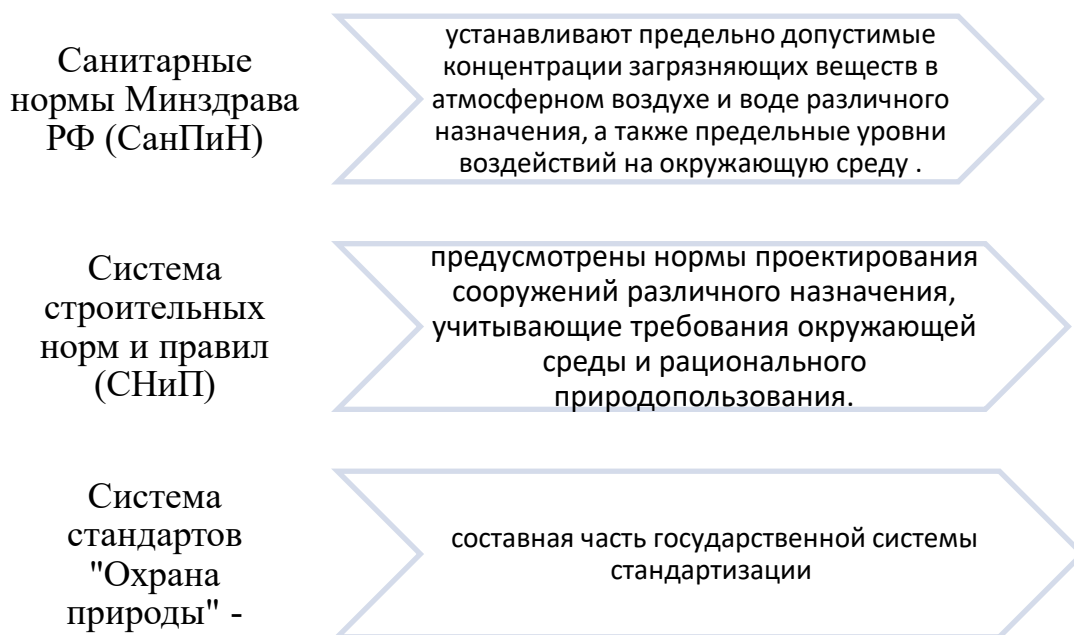


Рисунок 1.4 - Нормативно-техническая документация по охране окружающей среды

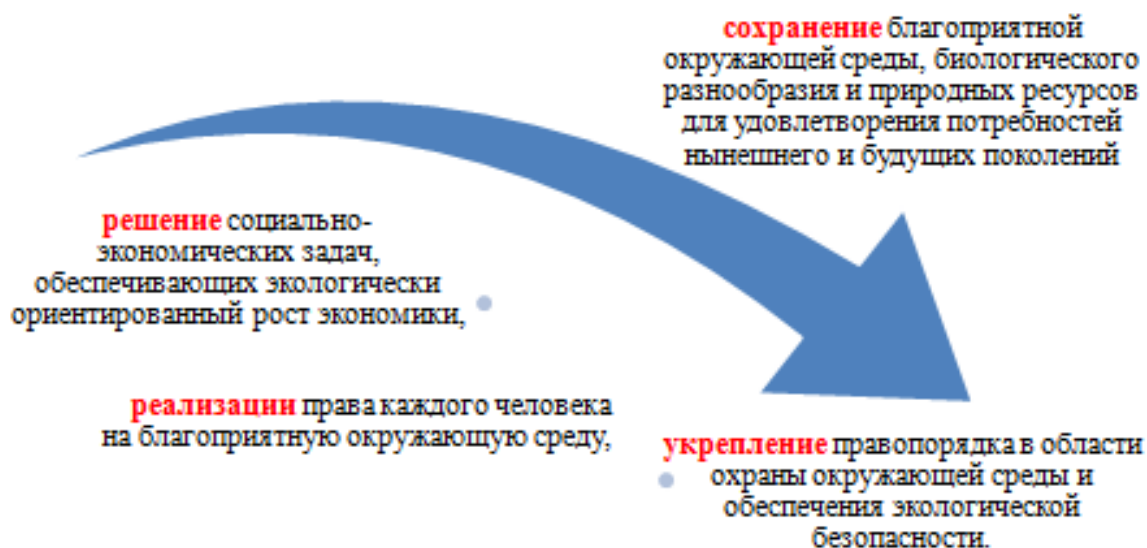


Рисунок 1.5 - Стратегические цели государственной политики

Большинство технологий основываются на физические (изменение формы, размеры пр.) и химические (изменение физических свойств исходного сырья и его химического состава превращения).

При выборе систем очистки основным критерием является агрегатное состояние загрязняющие веществ. Также необходимо учитывать способность веществ формировать различные дисперсные системы, в которых одно вещество распределено в среде другого в виде очень мелких частиц. Частным случаем дисперсий являются *коллоидные системы*. В них поверхностные свойства вещества отличаются от свойств во всем объеме. Количественное изменение поверхности приводит к появлению новых качеств и свойств, которыми обладают только коллоиды.

Дисперсная фаза и дисперсная среда коллоидной системы может находиться в любом агрегатном состоянии (таблица 1.1).

В коллоидной химии все системы, отвечающие коллоидной степени дисперсности, называют золями. Виды золь представлены на рисунке 1.6.

Поверхностные процессы. На поверхности раздела двух фаз коллоидных систем происходят активные процессы, среди которых наибольшее практическую значимость в процессах очистки имеют сорбция и поверхностное натяжение.

Таблица 1.1 – Классификация коллоидных систем в зависимости от агрегатного состояния составляющих компонентов

Дисперсная среда	Дисперсионная среда	Система	Название системы
Жидкость	Газ	<u>Ж-Г</u>	Туманы
Твердое тело	Газ	<u>Т-Г</u>	Дым, пыли
Газ	Жидкость	<u>Г-Ж</u>	Пены, газовые эмульсии
Жидкость	Жидкость	<u>Ж-Ж</u>	Эмульсии
Твердое тело	Жидкость	<u>Т-Ж</u>	Коллоидные растворы, суспензии
Газ	Твердое тело	<u>Г-Т</u>	Твердые пены, пористые тела
Жидкость	Твердое тело	<u>Ж-Т</u>	Твердые эмульсии
Твердое тело	Твердое тело	<u>Т-Т</u>	Твердые золи, сплавы



Рисунок 1.6 – Классификация зольей

Некоторые процессы способны протекать самопроизвольно и (или) разрушать коллоидные системы (рисунок 1.7). Однако системы могут обладать кинетической и агрегативно устойчивостью.

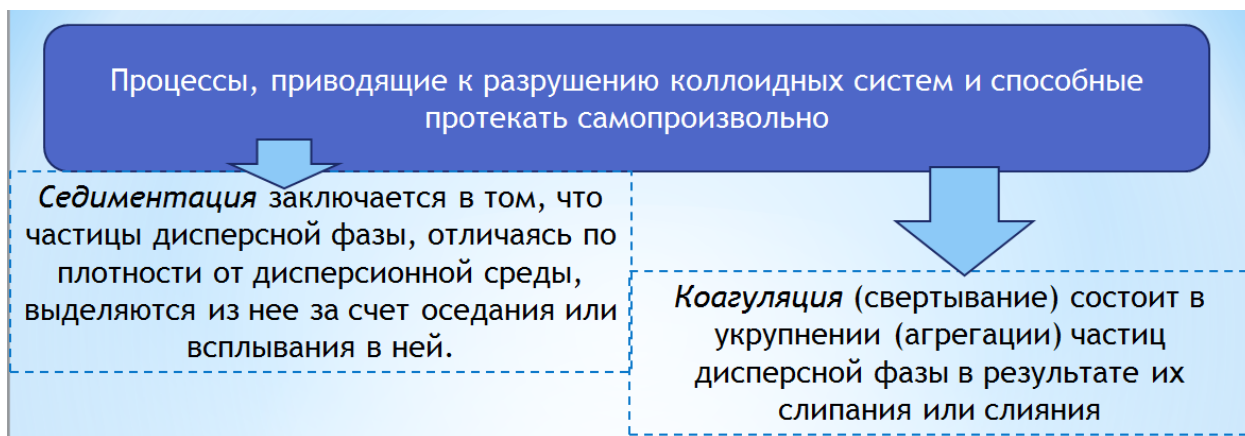


Рисунок 1.7 – Процессы, приводящие к разрушению коллоидных систем

Величина работы, которую надо произвести при разрыве связей для увеличения поверхности конденсированных веществ, отнесенной к единице площади, называется поверхностным натяжением, Дж/м².

Поверхностное натяжение жидкости при увеличении температуры уменьшается. При некоторой температуре поверхностное натяжение равно нулю и различие между жидкостью и паром исчезает. Температура, выше которой вещество не может находиться в жидком состоянии, называется критической.

Сорбция - поглощение различных веществ из окружающей среды. Сорбат (сорбтив) - вещество, поглощаемое из среды. Сорбент - поглощающее твёрдое тело или жидкость. Если процесс поглощения происходит на поверхности двух фаз, то его называю адсорбцией, а если в объеме – абсорбцией (рисунок 1.8).

Неустойчивость аэрозольных систем определяет возможность применения для очистки процессов коагуляции - увеличение размеров взвешенных частиц.

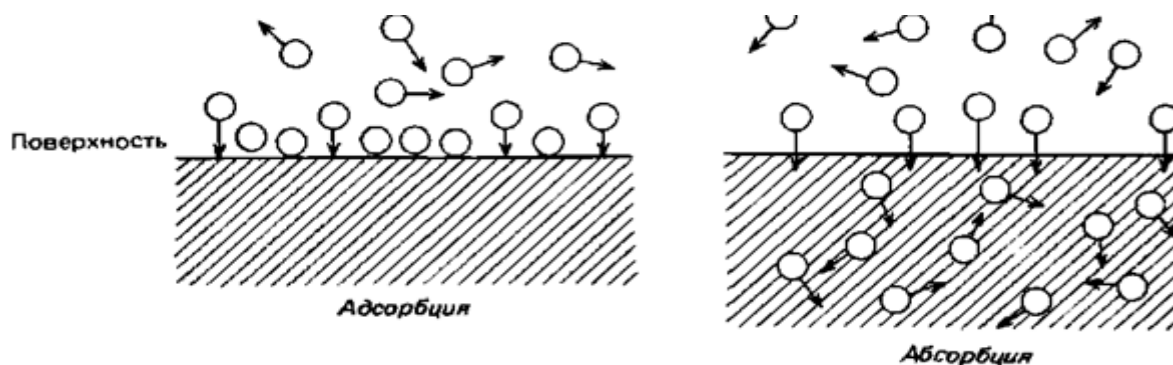


Рисунок 1.8 – Механизм поверхностных процессов

Коагуляция, происходящая за счет броуновского движения гравитационных сил, называется естественной. Если же процесс интенсифицирован, например, турбулизацией или акустической обработкой, то коагуляция считается искусственной. Виды коагуляции приведены на рисунке 1.9.

Виды коагуляции

Тепловая (броуновская) коагуляция. В основе броуновской коагуляции лежит броуновское (хаотическое, беспорядочное) движение весьма малых частиц - до 0,1 мкм.

Коагуляция происходит тем быстрее, чем больше диапазон размеров частиц, так как имеет место процесс поглощения крупными частицами мелких. Скорость тепловой коагуляции повышается с увеличением абсолютной температуры дисперсной среды. Скорость коагуляции малых частиц также вырастает с повышением давления

Градиентная коагуляция обусловлена наличием градиента скорости в потоке запыленных газов.

Действие градиентной коагуляции ограничивается в основном пристенным слоем. Поэтому она играет существенную роль при значительной длине каналов и большой поверхности, по которой происходит контакт.

Турбулентная коагуляция. Скорость коагуляции частиц в дисперсной среде может быть искусственно повышена путем турбулизации аэрозоля

Вихревое движение среды, возникающее вследствие турбулизации, увеличивает вероятность столкновения частиц и, следовательно, повышает скорость коагуляции

Кинематическая коагуляция. Процесс кинематической коагуляции происходит при относительном движении частиц различного размера под действием внешних сил — силы гравитации, центробежных сил и др.

Частицы различного размера движутся с различными скоростями. Вследствие этого происходит их столкновение и укрупнение.

Электрическая коагуляция. Между заряженными частицами, а также между заряженными и незаряженными частицами возникают силы взаимодействия.

Акустическая коагуляция. Пылегазовый поток проходит через акустическое поле, создаваемое источником звука и ультразвука.

Рисунок 1.9 - Виды коагуляции

Вопросы и задания

Задание 1. Изучите основные положения Федерального закона "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 № 7-ФЗ. Составьте краткий конспект, отразив в нем следующие вопросы:

- Основные принципы охраны окружающей среды;
- Полномочия субъектов РФ в области охраны окружающей среды.

Задание 2. Изучите статьи 34 - 39, 44 Федерального закона "Об охране окружающей среды" от 10.01.2002 № 7-ФЗ, в которых устанавливаются основные требования к обеспечению экологической безопасности при размещении, проектировании, строительстве, реконструкции, вводе в эксплуатацию, эксплуатации, консервации и ликвидации зданий, строений, сооружений и иных объектов. Заполните таблицу 1.2.

Таблица 1.2 - Требования в области охраны окружающей среды на разных этапах жизненного цикла строительного объекта

Вид градостроительной деятельности	Требования ФЗ
Размещение зданий, строений, сооружений и иных объектов	
Проектирование зданий, строений, сооружений и иных объектов	
Строительство и реконструкции зданий, строений, сооружений и иных объектов	
Ввод в эксплуатацию зданий, строений, сооружений и иных объектов	
Эксплуатация и вывод из эксплуатации зданий, строений, сооружений и иных объектов	
Размещение, проектирование, строительство, реконструкция городских и сельских поселений	

Ответьте на теоретические вопросы:

1. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения атмосферы.
2. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения литосферы.

3. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения гидросферы.

4. Для чего нужна коагуляция аэрозолей? Назовите и охарактеризуйте виды коагуляции.

5. Назовите виды промышленных сточных вод.

6. Как классифицируются примеси жидкостей по фазово-дисперсному составу?

7. Какие жидкие неоднородные системы вы знаете?

8. Дайте определения понятиям эмульсия, суспензия, пена.

9. Каким образом устанавливается класс опасности промышленных отходов?

10. Как классифицируются средозащитные технологии в зависимости от закономерностей процессов, протекающих в них?

11. Дайте определения процессам, протекающим в технологиях защиты.

12. От чего зависит скорость коагуляции?

13. Как классифицируются примеси жидкостей по фазово-дисперсному составу?

14. Назовите и охарактеризуйте виды гетерогенных и гомогенных систем.

15. Чем отличаются свойства сточных вод от свойств чистой воды? Ответ поясните.

16. Чем отличаются активные методы защиты окружающей среды от пассивных? Приведите примеры.

17. Какие процессы лежат в основе средозащитных технологий? Дайте определения, приведите примеры.

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [1, 3, 7, 15, 16]

Тема 2 Методы и аппараты очистки от аэрозольных примесей

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 2

Тема занятия: "Расчет пылеулавливающего устройства"

Цель практического занятия: получение знаний об особенностях применения и расчета пылесадочной камеры.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения экологической безопасности.

Теоретическая часть

Дисперсионные аэрозоли с твердыми частицами называются пылями. При этом дисперсность частиц не играет никакого значения. Классификация пылей приведена на рисунке 2.1.

Дисперсность - степень измельчения вещества. Под дисперсным (зерновым, гранулометрическим) составом понимают распределение частиц аэрозолей по размерам. Дисперсный состав аэрозоли характеризует ее свойства (рисунок 2.2)

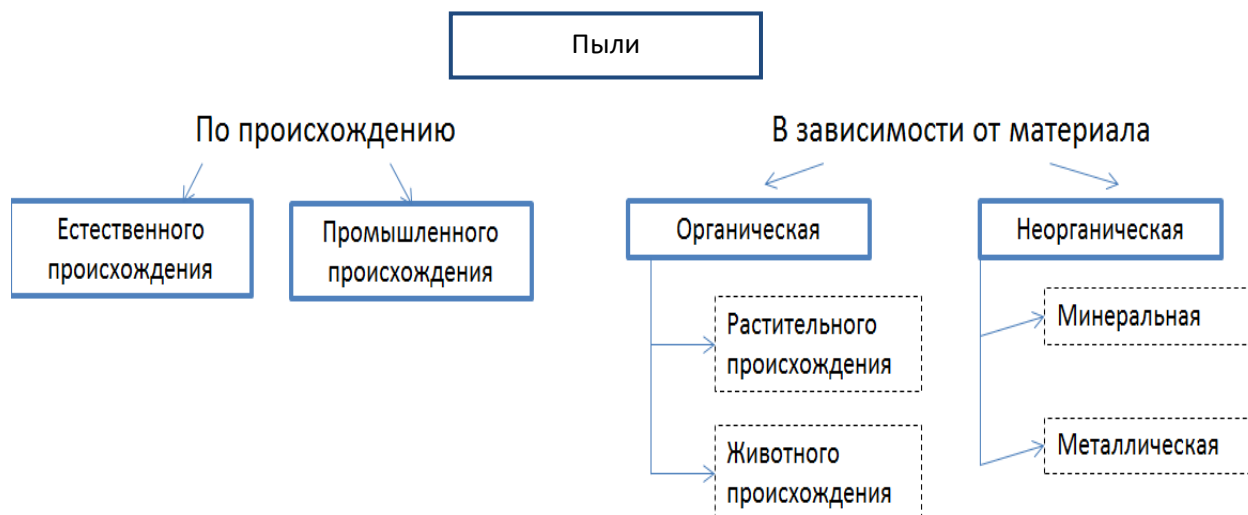


Рисунок 2.1 - Классификация пылей

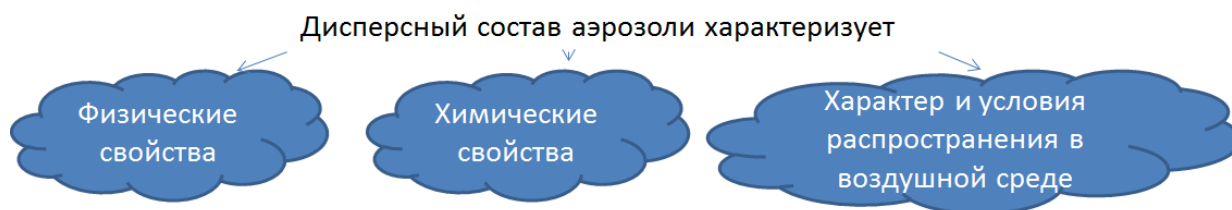


Рисунок 2.2 - Свойства, определяемые дисперсным составом аэрозоли

При определении размеров частиц устанавливают эквивалентный, седиментационный и медианный диаметры (рисунок 2.3).

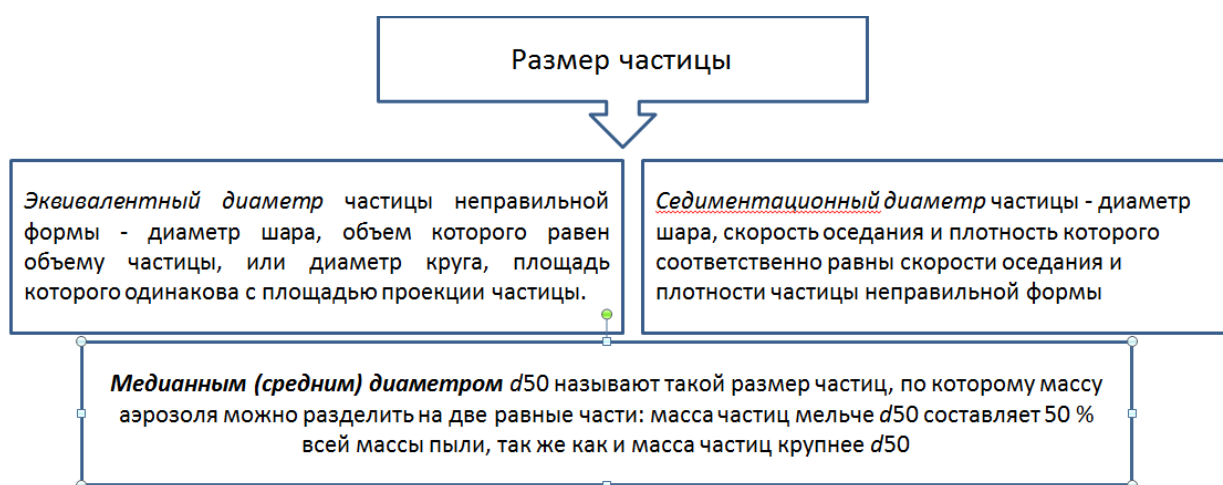


Рисунок 2.3 - Характерные размеры частиц

Частицы различных размеров разбиваются на фракции. Во фракцию включены частицы, размеры которых соответствуют рекомендуемому интервалу шкалы. Дисперсный состав представляется в виде графика или таблицы. Основным параметром, характеризующим свойства пыли, является плотность (рисунок 2.4).

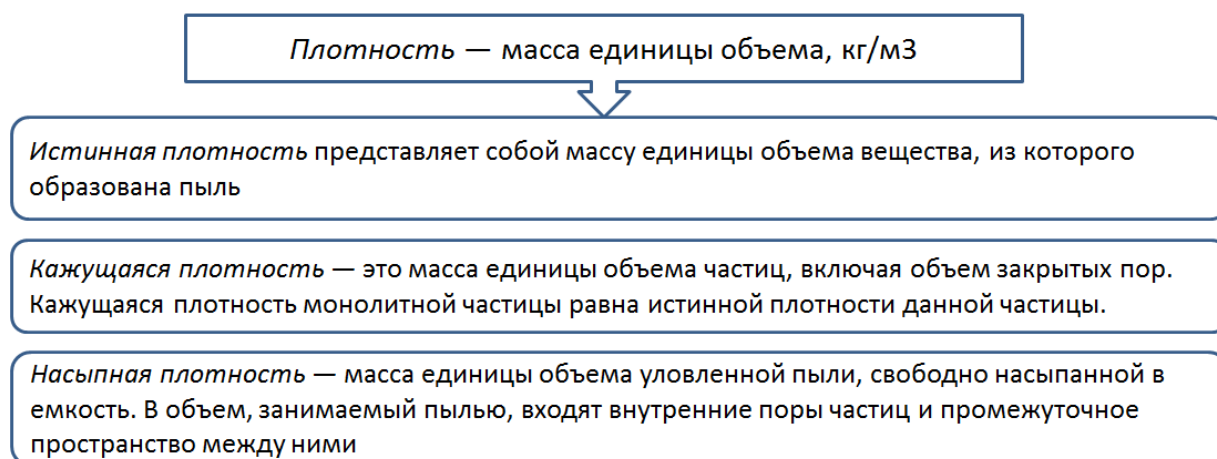


Рисунок 2.4 - Плотность пыли

Другие свойства пыли приведены в таблице 2.1.



Рисунок 2.5 - Группы слипаемости пыли

Таблица 2.1 - Свойства пылей и их характеристика

Наименование свойства	Характеристика свойства
Удельная поверхность	Отношение поверхности всех частиц к их массе или объему
Сыпучесть пыли	Характеризует подвижность частиц пыли относительно друг друга и их способность перемещаться под действием внешней силы. Сыпучесть зависит от размера частиц, их влажности и степени уплотнения
<u>Слипаемость пыли</u>	Склонность частиц к сцеплению друг с другом определяется <u>аутогезионными (когезионными) свойствами</u> (рисунок)
Гигроскопичность	Способность поглощать влагу из воздуха. Поглощение влаги оказывает влияние на такие свойства пыли, как электрическая проводимость, <u>слипаемость</u> , сыпучесть и др.
Влагосодержание	Отношение количества влаги в пыли к количеству абсолютно сухой пыли
Влажность	Соотношение количества влаги в пыли ко всему количеству пыли
<u>Смачиваемость</u>	Определяет возможность ее <u>гидроудаления</u> , применение мокрой пылеуборки производственных помещений. На смачивании пыли распыленной водой основано мокрое пылеулавливание
Горючесть и <u>взрываемость</u>	Способность образовывать с воздухом взрывоопасную смесь и способность к воспламенению являются важнейшими отрицательными свойствами многих видов пыли
Удельное электрическое сопротивление (УЭС)	Характеризует электрическую проводимость слоя пыли, равно сопротивлению прохождения электрического тока через куб пыли со стороной, равной 1 м (Ом*м): хорошо проводящая < 10 ² Ом*м, со средней проводимостью 10 ² -10 ⁸ Ом*м, <u>высокоомная</u> >10 ⁸ Ом*м.
Электрический заряд	Аэрозольная система может иметь в своем составе частицы, заряженные положительно, отрицательно, нейтральные. Соотношение этих частиц определяет суммарный заряд системы.

Для обезвреживания аэрозолей (пылей и туманов) применяют электрические, мокрые и сухие методы. Осаждение частиц при очистке сухими методами осуществляется с помощью гравитационных, инерционных, центробежных механизмов осаждения или фильтрацией. При мокрой очистке происходит тесное взаимодействие жидкости и запыленного газа на поверхности капель, жидкой пленки или пузырьков. При электрической очистке происходит ионизация молекул электрическим разрядом и электризации взвешенных в газе частиц.

Более высокий уровень эффективности аппарата достигается за счет использования не только основных механизмов улавливания, но и других закономерностей.

Пылеулавливающее оборудование может классифицироваться по ряду признаков (таблицы 2.2 – 2.5).

Таблица 2.2 - Классификация пылеуловителей

Класс аппарата	Размеры эффективно улавливаемых частиц, мкм	Эффективность по массе пыли, при группе дисперсности пыли				
		I	II	III	IV	V
I	более 0,3-0,5	-	-	-	99,9-80	<80
II	Более 2	-	-	99,9-92	92-45	-
III	Более 4	-	99,9-99	99-80	-	-
IV	Более 8	>99,9	99-95	-	-	-
V	Более 20	>99	-	-	-	-

Таблица 2.3 - Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли сухим способом

Группа оборудования	Вид оборудования	Область применения	
		Воздушных фильтров	Пылеуловителей
Гравитационное	Полное	-	+
	Полочное	-	+
Инерционное	Камерное	-	+
	Жалюзийное	-	+
	Циклонное	-	+
	Ротационное	-	+
Фильтрационное	Тканевое	-	+
	Волокнистое	+	-
	Зернистое	-	+
	Сетчатое	+	-
	Губчатое	+	-
Электрическое	Однозонное	-	+
	Двухзонное	+	+

Пылеулавливающее оборудование по принципу действия подразделяется на группы, по конструктивным особенностям на виды и действует по сухому (таблица 2.3) и мокрому (таблица 2.4) способу.

Таблица 2.4 - Группы и виды пылеулавливающего оборудования для улавливания пыли мокрым способом

 The image part with relationship ID r1d33 was not found in the file.

В основе оригинальной концепции классификации сепараторов взвешенных частиц, лежит принцип разделения пылеуловителей на классы по размерам эффективно улавливаемых частиц (таблица 2.5).

В таблице 2.6 приведены характеристики различных пылеуловителей. Эти сведения значительно облегчают выбор подходящего оборудования для систем очистки воздушно-газовых выбросов от взвешенных частиц.

Таблица 2.5 - Классификация пылеуловителей по размерам эффективно улавливаемых частиц

 The image part with relationship ID r1d33 was not found in the file.

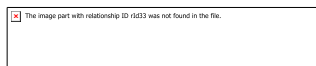
Таблица 2.6 - Структурные характеристики различных систем пылеулавливания

 The image part with relationship ID r3d33 was not found in the file.

Продолжение таблицы 2.6



Обозначения: m , d_T - масса, диаметр частицы; ω - центробежный фактор осаждения;



- критерий Стоккса

D - коэффициент диффузии;

K_E - коэффициент напряженности;

c - концентрация пыли; ,

μ_g , ν_g , ρ_g - абсолютная температура, динамическая вязкость, скорость, плотность газа;

- концентрация ионов в 1 м³;

n_i - диэлектрическая постоянная;

ϵ - диэлектрическая постоянная

E - напряженность электрического поля.;

Пылеосадительная камера является Простейшим сепаратором твердых взвешенных частиц. Гравитационное осаждение (седиментацию) транспортируемой взвеси здесь происходит из-за перемещения запыленного газового потока с малой скоростью.

Для достижения приемлемой эффективности очистки газов данными устройствами необходимо, чтобы частицы находились в пылеосадительных аппаратах возможно более продолжительное время, а скорость движения пылевого потока была незначительной. Поэтому данное оборудование относится к категории экстенсивного. Для размещения таких аппаратов необходимы большие площади, т.к. их рабочие объемы весьма

значительны. Но при этом пылеосадительные камеры и пылевые мешки обладают очень незначительным гидравлическим сопротивлением (50 - 300 Па).

На рисунке 2.6 представлены наиболее распространенные конструкции пылеосадительных камер и пылевых «мешков».

Для равномерного распределения газового потока по сечению пылеосадительные камеры могут снабжаться газораспределительными решетками и диффузорами, а для снижения высоты осаждения частиц - горизонтальными или наклонными полками. Эффективность улавливания частиц с помощью гравитационного осаждения можно повысить, уменьшая требуемый путь их падения.



Рисунок 2.6 - Пылеосадительные камеры и простейшие пылеосадители инерционного действия: а - простейшая пылеосадительная камера; б - многополочная камера; в - камера с перегородками; г - камера с цепными или проволочными завесами; д - пылевой «мешок» с центральным подводом газа; е - пылевой «мешок» с боковым подводом газа; ж - пылеосадитель с отражательной перегородкой

Конструирование осадительных камер основано на подсчете сил, действующих на частицу, и скорости вертикального движения вниз под действием результирующей силы.

Расчет пылеосадительных камер выполняется с целью подбора их габаритных размеров и определение коэффициента очистки. Без приближений коэффициенты очистки могут быть найдены опытным путем, так как процесс седиментации сопровождается турбулентной диффузией. На ухудшение оседания частиц в камерах с рассекателями и в полых осадительных аппаратах большой высоты заметно влияет турбулентность.

Расчет пылеосадительных камер выполняют в следующей последовательности

1. Определяют скорость газового потока в рабочем сечении камеры:

$$v = \frac{V}{H \cdot B} \quad (2.1)$$

где H, B - высота и ширина камеры, м, соответственно;

V - расход газов, м³/с.

С уменьшением скорости потока увеличивается степень очистки, но и увеличиваются габариты камеры. Рекомендуемая скорость потока – 0,8 - 1 м/с, но можно допускать увеличения до 2 - 3 м/с (для компактных частиц большой плотности).

2. Соотношение длины и высоты камер L/H принимают по конструктивным соображениям. Для конструкций $L/H < 3$ данная методика расчета не дает необходимой точности.

3. Задаемся отношением скорости витания частиц w_{oc} , которые будут уловлены в камере на 50 %, к скорости газового потока. Оно приблизительно соответствует полутора значениям $(w_{oc}/v) \approx 1,5 (H/L)$. Отсюда находят из этого соотношения величину w_{oc} .

4. Предполагая, что оседание происходит в соответствии с законом Стокса, находят диаметроседающих в камере на 50 % частиц находят в по формуле:

$$d_{50} = \sqrt{\frac{18 \cdot \mu \cdot w_{oc}}{g(\rho_q - \rho_c)}} \quad (2.2)$$

$$d_{50} = 1,614 \cdot 10^{-3} (273 + t)^{0,75} \cdot \left[\frac{w_{oc}}{\rho_q (384 + t)} \right]^{0,5}, \text{ (м)} \quad (2.3)$$

5. Задаются несколькими соотношениями w_{oc}/v , большими и меньшими принятого, и определяют соответствующие значения d_q .

6. Рассчитывают среднюю концентрацию частиц на выходе из камеры для каждого принятого соотношения w_{oc} / v , то есть для каждого принятого значения d_{xj} следующим образом:

а) назначают "к" точек по высоте сечения, задаваясь величиной h/H , где h - расстояние от потолка камеры до рассматриваемой точки;

б) рассчитывают параметры очистки x_1 и x_2 (параметры функции парциального распределения $f(x)$) по формулам:

$$x_1 = \frac{1 + \frac{h}{H} \cdot \frac{L}{H} \cdot \frac{w_{oc}}{v}}{\sqrt{7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{L}{H}}} \quad (2.4)$$

$$x_2 = \frac{1 - \frac{h}{H} \cdot \frac{L}{H} \cdot \frac{w_{oc}}{v}}{\sqrt{7 \cdot 10^{-3} \cdot \frac{L}{H}}} \quad (2.5)$$

в) по значениям x_1 и x_2 из таблицы 2.6 находят интегралы вероятностей $f(x_1)$ и $f(x_2)$ и подсчитывают значение N

$$N_i = f(x_1) + f(x_2) - 100 \quad (2.6)$$

г) значение N усредняют по сечению, вычисляя его как среднее арифметическое по высоте сечения:

$$N_{cp} = \sum_{i=1}^k \frac{N_i}{k} \quad (2.7)$$

Таблица 2.6 - Значения нормальной функции распределения

x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$	x	$\Phi(x)$
1	2	3	4	5	6	7	8
- 2,70	0,0035	- 1,06	0,1446	0,00	0,5000	1,08	0,8599
- 2,60	0,0047	- 1,04	0,1492	0,02	0,5080	1,10	0,8643
- 2,50	0,0062	- 1,02	0,1539	0,04	0,5160	1,12	0,8686
- 2,40	0,0082	- 1,00	0,1587	0,06	0,5239	1,14	0,8729
- 2,30	0,0107	- 0,98	0,1635	0,08	0,5319	1,16	0,8770
- 2,20	0,0139	- 0,96	0,1685	0,10	0,5398	1,18	0,8810
- 2,10	0,0179	- 0,94	0,1736	0,12	0,5478	1,20	0,8849
- 2,00	0,0228	- 0,92	0,1788	0,14	0,5557	1,22	0,8888
- 1,98	0,0239	- 0,90	0,1841	0,16	0,5636	1,24	0,8925
- 1,96	0,0250	- 0,88	0,1894	0,18	0,5714	1,26	0,8962
- 1,94	0,0262	- 0,86	0,1949	0,20	0,5793	1,28	0,8997
- 1,92	0,0274	- 0,84	0,2005	0,22	0,5871	1,30	0,9032
- 1,90	0,288	- 0,82	0,2061	0,24	0,5948	1,32	0,9066
- 1,88	0,0301	- 0,80	0,2119	0,26	0,6026	1,34	0,9099
- 1,86	0,0314	- 0,78	0,2177	0,28	0,6103	1,36	0,9131
- 1,84	0,0329	- 0,76	0,2236	0,30	0,6179	1,38	0,9162
- 1,82	0,0344	- 0,74	0,2297	0,32	0,6255	1,40	0,9192
- 1,80	0,0359	- 0,72	0,2358	0,34	0,6331	1,42	0,9222
- 1,78	0,0375	- 0,70	0,2420	0,36	0,6406	1,44	0,9251
- 1,76	0,0392	- 0,68	0,2483	0,38	0,6480	1,46	0,9279
- 1,74	0,0409	- 0,66	0,2546	0,40	0,6554	1,48	0,9306
- 1,72	0,0427	- 0,64	0,2611	0,42	0,6628	1,50	0,9332
- 1,70	0,0446	- 0,62	0,2676	0,44	0,6700	1,52	0,9357
- 1,68	0,0465	- 0,60	0,2743	0,46	0,6772	1,54	0,9382
- 1,66	0,0485	- 0,58	0,2810	0,48	0,6844	1,56	0,9406
- 1,64	0,0505	- 0,56	0,2877	0,50	0,6915	1,58	0,9429
- 1,62	0,0526	- 0,54	0,2946	0,52	0,6985	1,60	0,9452
- 1,60	0,0548	- 0,52	0,3015	0,54	0,7054	1,62	0,9474
- 1,58	0,0571	- 0,50	0,3085	0,56	0,7123	1,64	0,9495
- 1,56	0,0594	- 0,48	0,3156	0,58	0,7190	1,66	0,9515
- 1,54	0,0618	- 0,46	0,3228	0,60	0,7257	1,68	0,9535
- 1,52	0,0643	- 0,44	0,3300	0,62	0,7324	1,70	0,9554
- 1,50	0,0668	- 0,42	0,3372	0,64	0,7389	1,72	0,9573
- 1,48	0,0694	- 0,40	0,3446	0,66	0,7454	1,74	0,9591
- 1,46	0,0721	- 0,38	0,3520	0,68	0,7517	1,76	0,9608
- 1,44	0,0749	- 0,36	0,3594	0,70	0,7580	1,78	0,9625
- 1,42	0,0778	- 0,34	0,3669	0,72	0,7642	1,80	0,9641
- 1,40	0,0808	- 0,32	0,3745	0,74	0,7703	1,82	0,9656
- 1,38	0,0838	- 0,30	0,3821	0,76	0,7764	1,84	0,9671

Продолжение таблицы 2.5							
1	2	3	4	5	6	7	8
- 1,36	0,0869	- 0,28	0,3897	0,78	0,7823	1,86	0,9686
- 1,34	0,0901	- 0,26	0,3974	0,80	0,7881	1,88	0,9699
- 1,32	0,0934	- 0,24	0,4052	0,82	0,7939	1,90	0,9713
- 1,30	0,0968	- 0,22	0,4129	0,84	0,7995	1,92	0,9726
- 1,28	0,1003	- 0,20	0,4207	0,86	0,8051	1,94	0,9738
- 1,26	0,1038	- 0,18	0,4286	0,88	0,8106	1,96	0,9750
- 1,24	0,1075	- 0,16	0,4364	0,90	0,8159	1,98	0,9761
- 1,22	0,1112	- 0,14	0,4443	0,92	0,8212	2,00	0,9772
- 1,20	0,1151	- 0,12	0,4522	0,94	0,8264	2,10	0,9821
- 1,18	0,1190	- 0,10	0,4602	0,96	0,8315	2,20	0,9861
- 1,16	0,1230	- 0,08	0,4681	0,98	0,8365	2,30	0,9893
- 1,14	0,1271	- 0,06	0,4761	1,00	0,8413	2,40	0,9918
- 1,12	0,1314	- 0,04	0,4840	1,02	0,8461	2,50	0,9938
- 1,10	0,1357	- 0,02	0,4920	1,04	0,8508	2,60	0,9953
- 1,08	0,1401	- 0,00	0,5000	1,06	0,8554	2,70	0,9965

д) определяют средний парциальный коэффициент осаждения частиц рассматриваемого размера (с принятой скоростью осаждения-витания):

$$\varepsilon_{п.ср} = 100 - N_{ср} \quad (2.8)$$

7. Находят полный коэффициент очистки n - сумму произведений долей частиц соответствующих фракций на их фракционные (парциальные) коэффициенты очистки по формуле

$$\varepsilon = \sum \varepsilon_{п} \cdot \frac{N_{вх}}{100} \Delta d_{ч} \quad (2.9)$$

Вопросы и задания

1. Ответьте на вопросы

- 1) Что такое аэрозоль? Назовите виды аэрозолей.
- 2) Дайте определения понятиям: пыль, туман, дым.
- 3) Что такое дисперсность? Каким образом она влияет на свойства аэрозолей?
- 4) Какая характеристика аэрозолей является основной при разработке и выборе пылеулавливающих аппаратов?
- 5) Что понимается под «фракционным составом аэрозолей»?

6) Назовите основные характеристики размеров частиц аэрозолей.
Дайте определения.

7) Что называют пылью? Каким образом классифицируются пыли?

8) Что характеризует сыпучесть пылей?

9) Что такое слипаемость пылей? Назовите группы пылей по слипаемости.

10) Дайте определения и охарактеризуйте следующие свойства пылей: гигроскопичность, влагосодержание, влажность, смачиваемость.

11) Какие показатели характеризуют электрические свойства пылей?

12) Чем определяется горючесть и взрываемость пылей?

13) Каким образом определяют дисперсный состав пылей? С какой целью определяют дисперсный и фракционный состав пылей?

14) Почему плотность является основным свойством пылей? Какие виды плотности разделяют для пылей?

2. Решите задачу. Рассчитайте эффективность работы пылеосадительной камеры, если ее габаритные размеры длина L , м, высота H , м, ширина B , м. Принять, что расход воздуха через камеру $V = 3600$ м³/ч. В исходных данных (табл. 2.7) указаны плотность частиц $\rho_{\text{ч}}$, кг/м³, вязкость газа μ , Па*с.

Таблица 2.7 – Варианты исходных данных

Вариант	Исходные параметры				
	L , м	H , м	B , м	$\rho_{\text{ч}}$, кг/м ³	μ , Па*с
1	10	0,8	2	500	$8 \cdot 10^{-6}$
2	8	1	1,8	700	$8,5 \cdot 10^{-6}$
3	7	1,2	2,5	1000	$9 \cdot 10^{-6}$
4	12	1,5	2,4	500	$7 \cdot 10^{-6}$
5	11	0,9	2,1	700	$8 \cdot 10^{-6}$
6	6,5	1,1	2,2	1000	$8,5 \cdot 10^{-6}$
7	9	0,7	1,9	500	$9 \cdot 10^{-6}$
8	6	0,9	1,8	700	$7 \cdot 10^{-6}$
9	9,5	0,9	2,1	1000	$8 \cdot 10^{-6}$
10	8	1,1	2,2	500	$8,5 \cdot 10^{-6}$

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [2, 5, 10]

Тема 3. Очистка воздуха от аэрозольных примесей

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 3

Тема занятия: "Расчет и обоснование мероприятий по снижению выбросов в атмосферу"

Цель практического занятия: ознакомление с активными и пассивными методами защиты атмосферы.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета мероприятий по снижению выбросов от организованных источников в окружающую среду

Теоретическая часть

Для защиты атмосферы от вредных выбросов опасных производств применяют активные и пассивные методы. Первые подразумевают очистку выбросов с применением специальных устройств, вторые - позволяют не вносить изменение в технологические процессы и применяются лишь нейтрализация или ограничение вредного воздействия (санитарно-защитные зоны, рассеивание загрязняющих веществ за счет строительства высоких труб и др.).

При планировании деятельности необходима разработка проектной документации, в которую следует включать не только создание малоотходных технологий, совершенствование конструкций аппаратов и оборудования, разработку систем очистки и рекуперации выбросов, но и определение допустимых выбросов, создание санитарно-защитных зон.

Минимальные расстояния от объектов до населенных мест определяются в зависимости от класса опасности предприятия (таблица 3.1).

Таблица 3.1 – Размеры СЗЗ в зависимости от класса опасности предприятия

Класс опасности предприятия	1	2	3	4	5
Размер СЗЗ	1000	500	300	100	50

При планировании предприятий необходимо иметь в виду следующее.

Для регулирования и контроля качества воздушной среды введено понятие предельно допустимого выброса (ПДВ) для источников загрязнения.

Предельно допустимые выбросы (ПДВ) – это нормативы, которые регламентируют максимально допустимый объём вредных веществ, выбрасываемых предприятием в атмосферный воздух. Этот показатель устанавливают для стационарного источника загрязнений, учитывая общее содержание загрязняющих веществ в воздухе. При этом источник не должен превышать установленные экологические нормативы.

Проект нормативов ПДВ необходим для любого предприятия, которое имеет хотя бы один источник вредных веществ (срок действия - пять лет). В некоторых особых условиях обязателен пересмотр нормативов ПДВ раньше срока, например, изменение состояния атмосферы на территории, появление новых или устранение существующих источников выбросов, изменение технологических процессов на предприятии или оборудования. Процесс разработки норм ПДВ сопровождается обязательной инвентаризацией выбросов (сбор данных о наличии и распределении источников на территории предприятия, количестве и составе выбросов).

Активные методы защиты от промышленных выбросов не обеспечивают высокоэффективные результаты. Для достижения в приземном слое не превышение предельно допустимых концентраций вредных веществ пылегазовые выбросы подвергают рассеиванию в атмосфере через высокие трубы (рисунок 3.1).

Рисунок 3.1 - Рассеивание вредных веществ в атмосфере от организованного высокого источника: 1 – зона неорганизованного загрязнения; 2 – зона переброса факела (небольшие концентрации загрязняющих веществ); 3 – зона задымления (на расстоянии $10 - 40 H_{\min}$); 4 – зона снижения уровня загрязнения.

Для построения границ санитарно-защитной зоны (СЗЗ) необходимы ситуационный план объекта и роза ветров территории его размещения. На плане отмечают:

- нормативные границы СЗЗ вокруг каждого источника выброса предприятия и определяют общую границу санитарной зоны;
- уточненные границы СЗЗ в зависимости от розы ветров (при этом необходимо учитывать, что величина уточненной санитарно-защитной зоны противоположна рассматриваемому направлению ветра).

СЗЗ определяется как итог наложения обеих линий.

Одним из простых и экономичных методов снижения выбросов является увеличение высоты трубы для рассеивания выбросов. Это может гарантировать достижение ПДВ, предприятие по классу опасности становится менее опасным, и санитарно-защитная зона предприятия может быть уменьшена.

Расчет предельно-допустимых выбросов (ПДВ). Одним из основных показателей экологической безопасности предприятий является величина ПДВ вредных веществ. При превышении суммы фоновое загрязнение атмосферы и приземных концентраций от выбросов рассматриваемого предприятия выше ПДК_{м.р.}, то органами экологического и санитарного надзора строительство (реконструкции) предприятия не разрешается. Чем сильнее фоновое загрязнение воздуха на участке строительства, тем меньше величина ПДВ для проектируемого предприятия.

ПДК_{м.р.} (предельно-допустимая концентрация максимально разовая) – концентрация вредного вещества в воздухе населенных мест, не вызывающая в течение двадцати минут рефлекторных реакций в организме человека.

Степень опасности загрязнения приземного слоя атмосферного воздуха выбросами вредных веществ определяется сопоставлением значений ПДК_{м.р.} и рассчитанного значения приземной концентрации вредных веществ C (мг/м³), установленного на границе с жилой застройкой при наиболее неблагоприятных метеорологических условиях (опасные значения скорости ветра).

Должно соблюдаться условие:

$$C_n + C_{нф} \leq ПДК_{нм.р.}, \quad (3.1)$$

где C_n и $C_{нф}$ – расчетная и фоновая концентрация n-ого вещества на границе санитарно-защитной зоны предприятия с жилой застройкой соответственно;

$ПДК_{нм.р.}$ – максимально разовая ПДК n-ого вещества.

Максимальное значение приземной концентрации вредного вещества c_m (мг/м³) при выбросе газовой-воздушной смеси из одиночного точечного источника с круглым устьем достигается при неблагоприятных метеорологических условиях на расстоянии x_m (м) от источника и определяется по формуле

$$c_m = \frac{AMF_{mn\eta}}{H^2 \sqrt[3]{V_1 \Delta T}}, \quad (3.2)$$

где A - коэффициент, зависящий от температурной стратификации атмосферы;

M (г/с) - масса вредного вещества, выбрасываемого в атмосферу в единицу времени;

F - безразмерный коэффициент, учитывающий скорость оседания вредных веществ в атмосферном воздухе;

m и n - коэффициенты, учитывающие условия выхода газовой смеси из устья источника выброса;

H (м) - высота источника выброса над уровнем земли (для наземных источников при расчетах принимается $H = 2$ м);

η - безразмерный коэффициент, учитывающий влияние рельефа местности, в случае ровной или слабопересеченной местности с перепадом высот, не превышающим 50 м на 1 км, $\eta = 1$;

ΔT (°C) - разность между температурой выбрасываемой газовой смеси T_c и температурой окружающего атмосферного воздуха T_a ;

V_1 (м³/с) - расход газовой смеси, определяемый по формуле

$$V_1 = \frac{\pi D^2}{4} \omega_0, \quad (3.3)$$

где D (м) - диаметр устья источника выброса; ω_0 (м/с) - средняя скорость выхода газовой смеси из устья источника выброса.

Значение коэффициента A , соответствующее неблагоприятным метеорологическим условиям, при которых концентрация вредных веществ в атмосферном воздухе максимальна, по территориальному признаку принимается равным:

а) 250-для районов Средней Азии южнее 40° с. ш., Бурятской АССР и Читинской области;

б) 200-для Европейской территории СССР: для районов РСФСР южнее 50° с. ш., для остальных районов Нижнего Поволжья, Кавказа, Молдавии; для Азиатской территории СССР: для Казахстана, Дальнего Востока и остальной территории Сибири и Средней Азии;

в) 180 - для Европейской территории СССР и Урала от 50 до 52° с. ш. за исключением попадающих в эту зону перечисленных выше районов и Украины;

г) 160 - для Европейской территории СССР и Урала севернее 52° с. ш. (за исключением Центра ЕТС), а также для Украины (для расположенных на Украине источников высотой менее 200 м в зоне от 50 до 52° с. ш. - 180, а южнее 50° с. ш. - 200);

д) 140 - для Московской, Тульской, Рязанской, Владимирской, Калужской, Ивановской областей.

При проектировании предприятий значения расхода газовой смеси V_1 (м³/с) и мощности выброса M (г/с) определяются расчетом в технологической части проекта или принимаются в соответствии с действующими для данного производства (процесса) нормативами.

При определении значения ΔT (°C) температуру окружающего атмосферного воздуха T_e (°C) принимают равной средней максимальной температуре наружного воздуха наиболее жаркого месяца года по СНиП 2.01.01-82, а температуру выбрасываемой в атмосферу газовой смеси T_2 (°C) - по действующим для данного производства технологическим нормативам.

Значение безразмерного коэффициента F принимается:

а) для газообразных вредных веществ и мелкодисперсных аэрозолей (пыли, золы и т. п., скорость упорядоченного оседания которых практически равна нулю) - 1;

б) для мелкодисперсных аэрозолей при среднем эксплуатационном коэффициенте очистки выбросов не менее 90 % - 2; от 75 до 90 % - 2,5; менее 75 % и при отсутствии очистки - 3.

Значения коэффициентов m и n определяются в зависимости от параметров f , v_m , v'_m и f_e .

$$f = 1000 \frac{\omega_0^2 D}{H^2 \Delta T} ; , \quad (3.4)$$

$$v_m = 0,65 \sqrt[3]{\frac{V_1 \Delta T}{H}} ;, \quad (3.5)$$

$$v'_m = 1,3 \frac{\omega_0 D}{H} ;, \quad (3.6)$$

$$f_e = 800(v'_m)^3 ., \quad (3.7)$$

Коэффициент n :

$$m = \frac{1}{0,67 + 0,1\sqrt{f} + 0,34 \sqrt[3]{f}} \text{ при } f < 100 ;, \quad (3.9)$$

$$m = \frac{1,47}{\sqrt[3]{f}} \text{ при } f \geq 100 . \quad (3.10)$$

Для $f_c < f < 100$ значение коэффициента m вычисляется при $f = f_e$.

Коэффициент n при $f < 100$ зависит от v_m по формулам

$$n = 1 \text{ при } v_m \geq 2; \quad (3.11)$$

$$n = 0,532 v_m^2 - 2,13 v_m + 3,13 \text{ при } 0,5 \leq v_m < 2; \quad (3.12)$$

$$n = 4,4 v_m \text{ при } v_m < 0,5 \quad (3.13)$$

Для холодных выбросов при $f \geq 100$ (или $\Delta T \approx 0$) и $v'_m \geq 0,5$ при расчете c_m вместо формулы (3.2) используется формула

$$c_m = \frac{A M F n \eta}{H^{4/3}} K, \quad (3.14)$$

где

$$K = \frac{D}{8V_1} = \frac{1}{7,1 \sqrt{\omega_0 V_1}}, \quad (3.15)$$

Значения n определяется по формулам (3.11) - (3.13) при $v_m = v'_m$.

В случаях предельно малых опасных скоростей ветра при $f < 100$ и $v_m < 0,5$ или $f \geq 100$ и $v'_m < 0,5$ расчет c_m вместо (3.2) производится по формуле

$$c_m = \frac{A M F m' \eta}{H^{7/3}}, \quad (3.16)$$

где

$$m' = 2,86 m \text{ при } f < 100, v_m < 0,5; \quad (3.17)$$

$$m' = 0,9 \text{ при } f \geq 100, v'_m < 0,5 . \quad (3.18)$$

Расстояние x_m (м) от источника выбросов, на котором приземная концентрация c (мг/м³) при неблагоприятных метеорологических условиях достигает максимального значения c_m , определяется по формуле

$$x_m = \frac{5 - F}{4} d H, \quad (3.19)$$

где безразмерный коэффициент d при $f < 100$ находится по формулам:

$$d = 2,48 \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f_e} \right) \text{ при } v_m \leq 0,5; , \quad (3.20)$$

$$d = 4,95 v_m \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right) \text{ при } 0,5 < v_m \leq 2; , \quad (3.21)$$

$$d = 7 \sqrt{v_m} \left(1 + 0,28 \sqrt[3]{f} \right) \text{ при } v_m > 2. , \quad (3.22)$$

При $f > 100$ или $\Delta T \approx 0$ значение d находится по формулам:

$$d = 5,7 \text{ при } v'_m \leq 0,5; , \quad (3.23)$$

$$d = 11,4 v'_m \text{ при } 0,5 < v'_m \leq 2; , \quad (3.24)$$

$$d = 16 \sqrt{v'_m} \text{ при } v'_m > 2. , \quad (3.25)$$

При опасной скорости ветра u_m приземная концентрация вредных веществ c (мг/м³) в атмосфере по оси факела выброса на различных расстояниях x (м) от источника выброса определяется по формуле

$$c = s_1 c_m, \quad (3.26)$$

где s_1 - безразмерный коэффициент, определяемый в зависимости от отношения x/x_m и коэффициента F по формулам:

$$s_1 = 3(x/x_m)^4 - 8(x/x_m)^3 + 6(x/x_m)^2 \text{ при } x/x_m \leq 1; , \quad (3.27)$$

$$s_1 = \frac{1,13}{0,13(x/x_m)^2 + 1} \text{ при } 1 < x/x_m \leq 8; , \quad (3.28)$$

$$s_1 = \frac{x/x_m}{3,58(x/x_m)^2 - 35,2(x/x_m) + 120} \text{ при } F \leq 1,5 \text{ и } x/x_m > 8; \quad (3.29)$$

$$s_1 = \frac{1}{0,1(x/x_m)^2 + 2,47(x/x_m) - 17,8} \text{ при } F > 1,5 \text{ и } x/x_m > 8. \quad (3.30)$$

Минимальная высота одиночного источника выброса (трубы) H (м), если установлены значения M (г/с), ω_0 (м/с), V_1 (м³/с), D (м), в случае $\Delta T \approx 0$ определяется по формуле:

$$H = \left[\frac{A M F D \eta}{8 V_1 (ПДК - c_\phi)} \right]^{3/4}. \quad (3.31)$$

Разработка нормативов предельно допустимых и временно согласованных выбросов (ПДВ и ВСВ) для стационарных источников.

ПДВ вредных веществ в атмосферу устанавливается для каждого источника загрязнения атмосферы таким образом, что выбросы вредных веществ от данного источника и от совокупности источников города или другого населенного пункта не создают приземную концентрацию, превышающую их ПДК для населения, растительного и животного мира (ГОСТ 17.2.3.02-78) с учетом перспективы развития промышленных предприятий и рассеивания вредных веществ в атмосфере.

ПДВ (г/с) устанавливаются для условий полной нагрузки технологического и газоочистного оборудования и их нормальной работы.

Кроме ПДВ для одиночных источников данный норматив устанавливается и для предприятия в целом. ПДВ определяется для каждого вещества отдельно, в том числе и в случаях учета суммации вредного действия нескольких веществ.

При установлении ПДВ учитываются фоновые концентрации c_ϕ .

Значение ПДВ (г/с) для одиночного источника с круглым устьем в случаях $c_\phi < \text{ПДК}$ определяется по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - c_\phi) H^2}{A F m n \eta} \sqrt[3]{V_1 \Delta T}. \quad (3.32)$$

В случае $f \geq 100$ или $\Delta T \approx 0$ ПДВ определяется по формуле:

$$\text{ПДВ} = \frac{(\text{ПДК} - c_\phi) H^{4/3}}{A F n \eta} \cdot \frac{8 V_1}{D}, \quad (3.33)$$

Размеры санитарно-защитной зоны (СЗЗ), l_0 , м, установленные в Санитарных нормах проектирования промышленных предприятий, должны

проверяться расчетом загрязнения атмосферы с учетом перспективы развития предприятия и фактического загрязнения атмосферного воздуха.

Если в результате расчета $C_{max} + C_{\phi} \geq ПДК$, то за размер СЗЗ принимается расстояние от источника выброса до дальней границы зоны максимального задымления, где величина загрязнения равна $0,8 * C_{max}$.

Если же $C_{max} + C_{\phi} \leq ПДК$, то

$$l = L_0 \frac{P}{P_0}, \quad (3.34)$$

где l – расчетный размер СЗЗ, м;

L_0 – размер санитарно-защитной зоны, м, (по варианту);

P – среднегодовая повторяемость направления ветров рассматриваемого румба, %;

P_0 – повторяемость направлений ветров одного румба при круговой розе ветров, %. Например, при восьмирумбовой розе ветров $P_0 = \frac{100}{8} = 12,5 \%$.

Значения l и L_0 отсчитываются от границы источников.

Для наглядности изображения уточненных размеров санитарно-защитной зоны размеры наносятся на рисунок, основой которого является действительный размер санитарно-защитной зоны: он наносится в виде окружности радиусом L_0 , м. Меньше этой величины размер уточненной санитарно-защитной зоны быть не может. В случае, если $l > L_0$, в данном направлении на рисунке изображается необходимое увеличение размера санитарно-защитной зоны (рисунок 3.2).

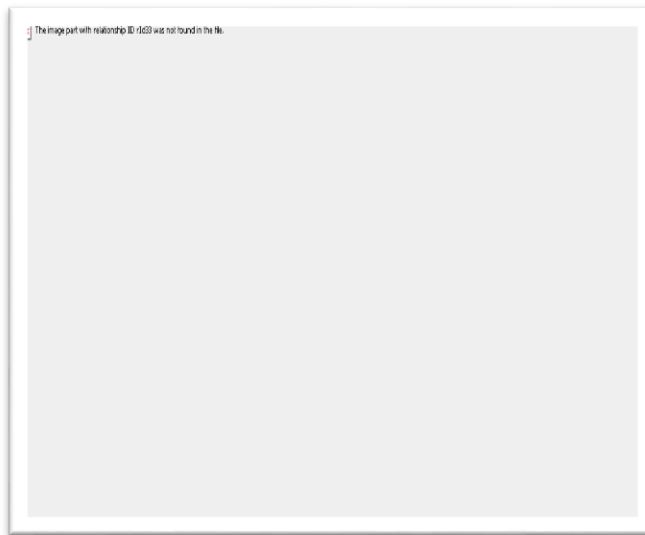


Рисунок 3.2 – Пример нанесения поправок в размеры санитарно-защитной зоны

Одним из наиболее распространенных устройств, применяемых для очистки газовых выбросов, является циклон.

При проектировании циклона последовательно определяют его геометрию, габаритные размеры, фракционную эффективность, перепад давления и необходимую мощность. Исходными данными для расчета являются заданные скорости потока газа, состав, температур, давление, концентрация пыли, дисперсный состав пыли. Эти данные необходимы, чтобы сформулировать требования к устройству для вторичного улавливания пыли, если таковое предполагается использовать. Циклоны обычно выбирают из числа серийных, исходя из производительности по газовому потоку.

Для расчета циклонов необходимы следующие данные:

- расход газа (воздуха), подлежащего очистке, $V_p, \text{ м}^3/\text{с}$;
- плотность газа при рабочих условиях $\rho_z, \text{ кг/м}^3$;
- динамическая вязкость газа при рабочей температуре $\mu_z, \text{ Па}\cdot\text{с}$;
- дисперсный состав пыли, который задается двумя параметрами:

d_m - такой размер пыли, при котором количество частиц крупнее d_m равно количеству частиц мельче d_m ;

$\lg \sigma_{\text{ч}}$ - среднее квадратическое отклонение в функции распределения частиц по размерам;

- запыленность газа $C_{\text{вх}}$, г/м³;

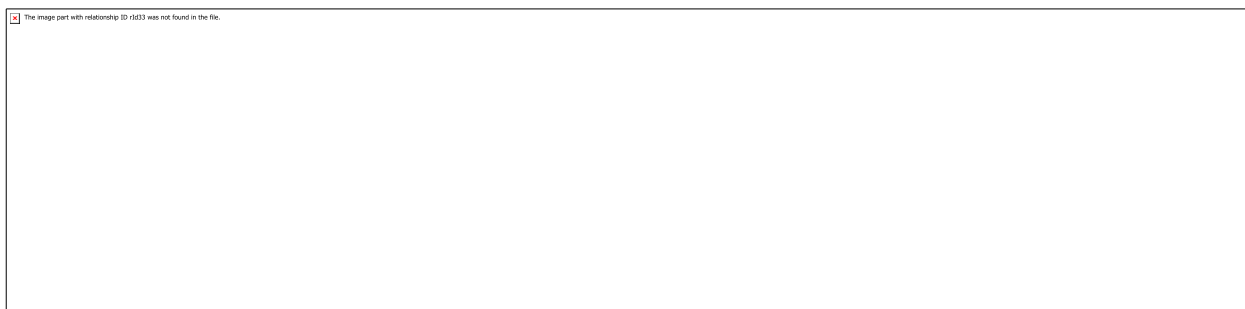
- плотность частиц пыли $\rho_{\text{ч}}$, кг/м³;

- требуемая эффективность очистки газа ε , %.

Расчет циклонов выполняют в такой последовательности:

1. Задаются типом циклона и определяют оптимальную скорость газа в аппарате $v_{\text{опт}}$ (таблица 3.2).

Таблица 3.2 - Параметры, определяющие эффективность циклонов



Примечания: 1. Значения d_{50}^T в таблице, соответствуют следующим условиям работы циклонов: средняя скорость газа в циклоне $v = 3,5$ м/с; диаметр циклона $D = 0,6$ м; плотность частиц $\rho_{\text{ч}} = 1930$ кг/м³; динамическая вязкость газа $\mu_{\text{г}} = 22,2 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

2. Рассчитываю необходимую площадь сечения циклона, м²:

$$F = \frac{V_p}{v_{\text{опт}}} \quad (3.35)$$

3. Задавшись количеством циклонов N , определяют диаметр циклона:

$$D_{\text{ц}} = \sqrt{\frac{F}{0,785 \cdot N}} \quad (3.36)$$

Диаметр циклона округляют до стандартной величины (для выбранного типа циклона).

4. Определяют действительную скорость газа в циклоне

$$v = \frac{V_p}{0,785 \cdot D_{\text{ц}}^2 \cdot N} \quad (3.37)$$

Отклонение рассчитанной скорости газа в циклоне должно быть не более 15 %.

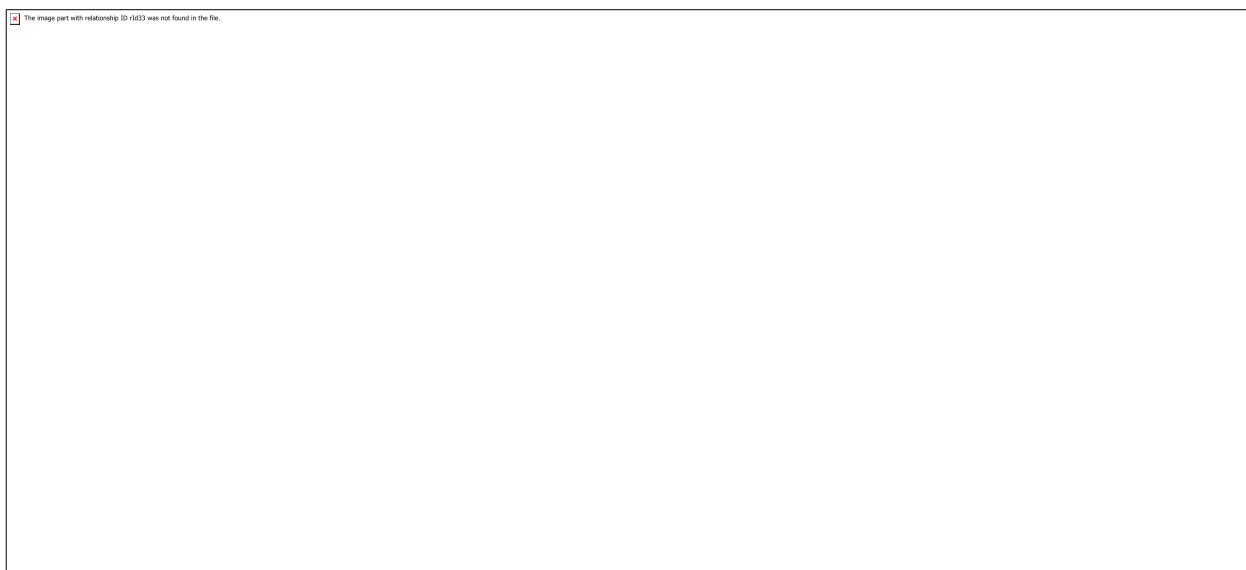
5. По таблице 3.3 выбирают коэффициент гидравлического сопротивления для данного циклона. Для циклонов НИИОГаз вносят поправки по таблицам 3.4-3.5 .

6. Определяют потери давления в циклоне, Па, по формуле:

$$\Delta P = \zeta \cdot \frac{\rho_{\text{г}} \cdot v^2}{2} \quad (3.38)$$

Если потери ΔP приемлемы, переходят к определению эффективности очистки газа в циклоне.

Таблица 3.3 - Коэффициенты гидравлического сопротивления ЦИКЛОНОВ



7. С учетом принятых по таблице 3.2 значений d_{50}^T и $\lg \sigma_{\text{ч}}^T$ для табличных условий, определяют значения d_{50} при рабочих условиях (диаметре циклона, скорости потока, плотности пыли, динамической вязкости газа) по уравнению

$$d_{50} = d_{50}^m \cdot \left(\frac{D}{D_m} \cdot \frac{\rho_{\text{ч},m}}{\rho_{\text{ч}}} \cdot \frac{\mu}{\mu} \cdot \frac{v_m}{v} \right)^{0,5} \quad (3.39)$$

Таблица 3.4 - Поправочный коэффициент K_1 на диаметр циклона

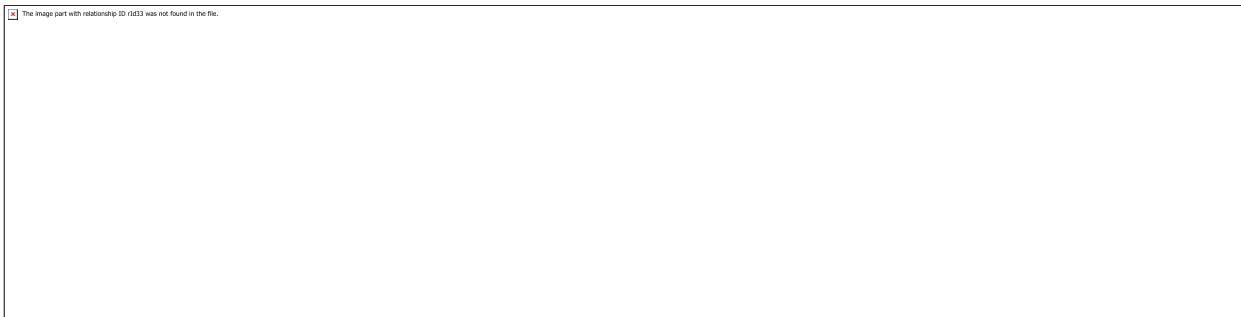
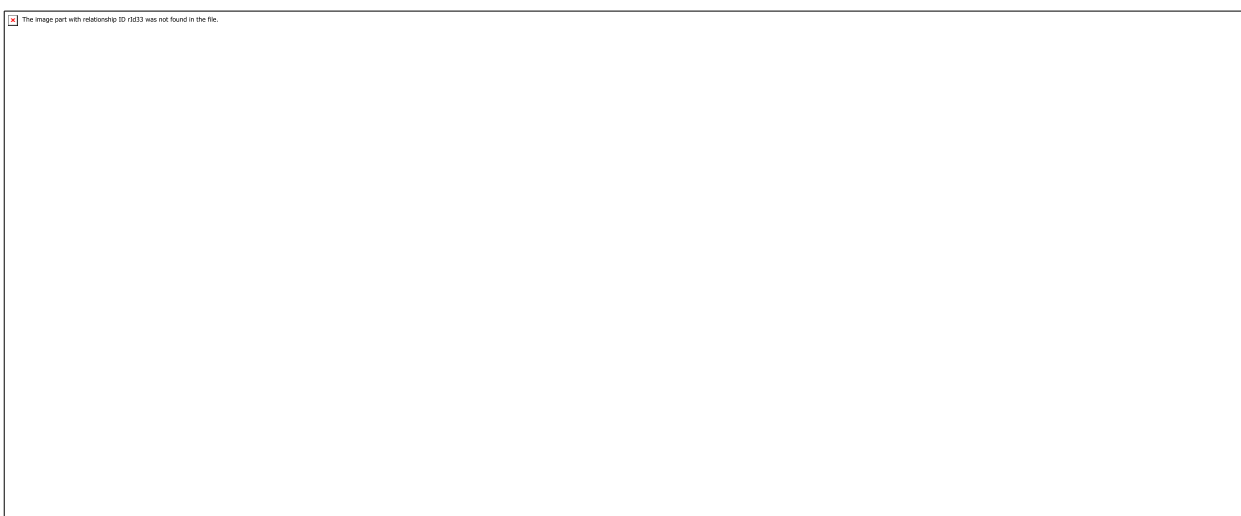


Таблица 3.5 – Поправочный коэффициент K_2 на запыленность ($D = 500$ мм)



8. Определяют параметр x по формуле

$$x = \frac{\lg \frac{d_m}{d_{50}}}{\lg^2 \sigma_m + \lg^2 \sigma} \quad (3.28)$$

где $\zeta_{\text{ц}} = K_1 \cdot K_2 \cdot \zeta_{\text{табл}} + K_3$.

9. По таблице 2.6 (практическое занятие 2) определяют значение $f(x)$, которое представляет собой эффективность очистки газа, выраженную в долях единицы. Полученное значение сравнивают с требуемым. Если оно меньше требуемого, принимают другой циклон и рассчитывают его.

Приближенное определение эффективности улавливания пыли в циклоне может быть выполнено с помощью номограммы, рисунок 3.3, с учетом типа циклона, его диаметра, гидравлического сопротивления, среднего медианного размера пыли, ее плотности, температуры среды.

Пользование номограммой) показано на примере 1.

Пример 1. Для пыли плотностью 3000 кг/м^3 , средним медианным размером 8 мкм требуется рассчитать гидравлическое сопротивление циклона СДК-ЦН-33 если планируемая эффективность аппарата - 75% . Учтем, температура очищаемого газа 400°C , что диаметр циклона 1000 мм .

На рисунке 3.3 выбираем точку на шкале выражающую сопротивление циклона, 1000 Па в верхнем правом углу и соединяем ее с точкой 11, соответствующей циклону заданного типа. Проводим прямую до пересечения с горизонтальной шкалой в правой средней части номограммы. Из точки пересечения проводим вертикальную линию до пересечения с линией, характеризующей температуру газа. Из точки пересечения проводим горизонтальную линию до пересечения с линией, выражающей диаметр циклона, далее - вертикальную линию до пересечения с прямой, характеризующей плотность пыли. Далее чертим горизонтальную прямую до пересечения с линией, выражающей средний медианный размер частиц пыли. Вертикальная линия, проведенная из точки пересечения до шкалы эффективности, пересекается с ней в точке, характеризующей эффективность 85% .

При эксплуатации очистных устройств иногда применяют последовательную установку циклонов различной по конструкции. Для расчета таких групп циклонов учитывают величину парциального проскока через каждый аппарат. Расчет обычно выполняют в следующей последовательности:

1. Определяют значения d_{50} отдельно для каждого из установленных циклонов по изложенной выше методике.

Рисунок 3.3 - Номограмма для определения эффективности циклона

2. Для каждого из циклонов находят диаметры частиц, улавливаемых на 15,9%, по формуле:

$$\lg d_{15,9} = \lg \sigma + \lg d_{50} \quad (3.29)$$

3. В вероятностно-логарифмической системе координат наносят точки $d_{15,9}$ и d_{50} и проводят через них прямые, получая тем самым линии парциальных проскоков через каждый циклон.

4. Определяют величины парциальных проскоков ε_j через все циклоны перемножением парциальных проскоков ε_i через каждый циклон:

$$\varepsilon_j = \prod_{i=1}^N \varepsilon_i \quad (3.30)$$

где N - количество последовательных циклонов.

5. Полученные значения ε_j наносят на график, аппроксимируют точки прямой линией, находят по ней значения D_{50} и $\lg \sigma$.

6. По уравнению (3.28) находят значение x , а из таблицы 2.6 - $\Phi(x)$, которое считают равным полному коэффициенту очистки газов, последовательно про-шедших через все циклоны.

Последовательная установка однотипных циклонов не практикуется, хотя имеются сведения об успешном опыте применения и такого способа сепарации.

Вопросы и задания

1. Ответьте на вопросы:

- Какие основные вещества являются загрязнителями окружающей среды в современном городе?
- Как можно классифицировать антропогенные загрязнения окружающей среды? Приведите примеры.
- Какие токсичные выбросы являются приоритетными загрязнителями атмосферы?
- Что такое «кислотные дожди»? Какие методы их утилизации вы знаете?
- Какие токсичные вещества содержат выхлопные газы автомобилей? Как их обезвреживают?
- Что такое смог? Какие способы удаления частиц пыли из воздуха вы знаете?
- Что такое «парниковый эффект»?

2. Решите задачи

Задача 1. На основании исходных данные о технологических характеристиках объекта определить:

1. Максимальную приземную (на высоте 2,0 м) концентрацию загрязняющих веществ;
2. *ПДВ* загрязняющих веществ одиночного источника;

3. Безопасное расстояние до жилой застройки;
4. Сопоставить реальную высоту источника выброса с минимально возможной;
5. Уточнить размеры санитарно-защитной зоны в соответствии с розой ветров для данного района.

Исходные данные (численные значения представлены в таблицах 3.6, 3.7:

- вредное вещество, масса выброса, M , г/с;
- источником выброса является круглая труба диаметром D , м;
- высота источника, H , м;
- скорость выхода газовой смеси, ω , м/с;
- температура выхода ГВС, T_z , °C;
- расположение объекта – Ставропольский край, средняя температура самого жаркого месяца, $T_{в}=27^{\circ}\text{C}$;
- фоновая концентрация, C_{ϕ} мг/м³.
- предельно допустимая концентрация (максимально разовое значение) ПДК_{мр} (по таблице А.1);
- среднегодовая повторяемость направления ветров при восьмиугольной розе ветров в районе расположения объекта;
- размер санитарно-защитной зоны, L_0 , м.

Таблица 3.6 – Исходные данные для решения задачи

Вариант	Наименование вещества	M , г/с	D , м	H , м	ω , м/с	T_z , °C	C_{ϕ} , мг/м ³	L_0 , м
1	Сернистый ангидрид SO ₂	12,0	0,8	30	5	90	0,2	50
2		10,1	0,9	32	6	95	0,1	50
3		15,5	1,0	28	7	100	0,15	100
4		13,0	1,2	36	8	100	0,09	50
5		11,2	1,5	45	4	120	0,12	50
6		14,5	1,6	40	5	125	0,09	50
7		13,6	1,4	25	6	100	0,075	50
8		12,8	1,3	29	7	120	0,2	30
9		12,4	0,8	31	8	90	0,18	50
10		13,3	1,1	34	4	110	0,09	100

Таблица 3.7 – Исходные данные по среднегодовой повторяемости ветров

Повторяемость ветров, %	Вариант									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
	С-17	С-10	С-9	С-12	С-12	С-5	С-12	С-15	С-8	С-16
	СВ-17	СВ-15	СВ-10	СВ-10	СВ-12	СВ-10	СВ-12	СВ-16	СВ-10	СВ-12
	В-16	В-17	В-11	В-12	В-12	В-8	В-12	В-15	В-12	В-10
	ЮВ-12	ЮВ-17	ЮВ-14	ЮВ-12	ЮВ-12	ЮВ-10	ЮВ-12	ЮВ-12	ЮВ-15	ЮВ-9
	Ю-10	Ю-14	Ю-16	Ю-11	Ю-12	Ю-16	Ю-10	Ю-10	Ю-16	Ю-7
	ЮЗ-7	ЮЗ-12	ЮЗ-16	ЮЗ-14	ЮЗ-12	ЮЗ-17	ЮЗ-12	ЮЗ-8	ЮЗ-15	ЮЗ-11
	З-9	З-7	З-15	З-15	З-16	З-17	З-16	З-11	З-13	З-18
	СЗ-12	СЗ-8	СЗ-9	СЗ-14	СЗ-12	СЗ-17	СЗ-14	СЗ-13	СЗ-11	СЗ-17

Задача 2. Определите гидравлическое сопротивление циклона ВЦНИИОТ если: требуемая эффективность улавливания $\varepsilon = 75 \%$; средний медианный размер пыли $d_{50}^T = 8$ мкм; плотность пыли $\rho = 3000$ кг/м³; диаметр циклона 1000 мм, температура газа 400°С.

Задача 3. Рассчитать циклон, необходимый для очистки воздуха при следующих условиях (таблица 3.8): температура воздуха $t = 40^\circ\text{C}$, расход очищаемого воздуха V , м³/ч, начальная концентрация пыли с начальной концентрацией C_1 , мг/м³, медианный диаметр частиц d_{50} , мкм, плотность пыли $\rho_{\text{п}}$, кг/м³. При расчетах учитывать, что плотность воздуха ρ при $t = 40^\circ\text{C}$ равна 1,128 кг/м³, динамическая вязкость воздуха $\mu = 19,3 \cdot 10^{-6}$ Па·с.

Таблица 3.8 - Варианты исходных данных для решения задачи 3.7

Вариант	Параметр			
	V , м ³ /ч,	C_1 , мг/м ³	$\rho_{\text{п}}$, кг/м ³ ,	d_{50} , мкм
1	10000	10000	2900	12
2	9000	11000	2500	11
3	8000	9000	2600	13
4	11000	12000	2400	14
5	12000	9500	2340	15
6	10000	12200	3000	16
7	9000	11500	2000	12
8	8000	10500	2100	11
9	11000	7890	3200	13
10	12000	10000	2500	14

Задача 4. Рассчитать эффективность очистки в сепараторе циклонного типа продуктов сгорания угля, если: плотность дымовых газов при нормальных условиях $\rho_0 = 1,31 \text{ кг/м}^3$, $d_m = 20 \text{ мкм}$; $\sigma = 3,0$; $\rho_{\text{ч}} = 2240 \text{ кг/м}^3$; динамическая вязкость газовой смеси в рабочих условиях $\mu = 6,55 \cdot 10^{-6} \text{ Па} \cdot \text{с}$. Расход газа-носителя $10000 \text{ м}^3/\text{ч}$ ($2,78 \text{ м}^3/\text{с}$), зольность 42 г/м^3 , температура 140°C .

Рекомендуемая последовательность расчета задачи 4:

1. Задаемся типом циклона. Принимаем к расчету возвратно-поточный циклон типа ЦН-11. По таблице 3.2 принимаем величину оптимальной скорости потока в циклоне $w_{\text{опт}}$, м/с. Подсчитываем скорость потока в циклоне с диаметром 1000 мм (формула 3.25).

2. Подбираем значения ζ_{500} , K_1 , K_2 , K_3 для циклона ЦН-11, работающего на выхлоп в атмосферу, по таблицам 3.3-3.5 и определяем коэффициент гидравлического сопротивления циклона (формула 3.26):

Примечание. Значения ζ отнесены к средней скорости газового потока в аппарате и определены для циклонов ЦН, СДК-ЦН, СК-ЦН при $D = 500 \text{ мм}$, $v = 3 \text{ м/с}$.

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [4, 6, 11, 13]

Тема 4 Очистка газовых выбросов

Практическое занятие 4

Тема занятия: "Расчет и выбор газовых фильтров"

Цель практического занятия: получение знаний об особенностях применения и рукавных фильтров.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

Теоретическая часть

Расчеты фильтров сводятся к определению площади, гидравлического сопротивления перегородки, по поверхности которой происходят процессы фильтрации, и аппарата в целом, а также характеристик процессов регенерации фильтрующих элементов (частоты и продолжительности циклов).

При выборе конструкции фильтра с гибкой фильтровальной перегородкой приходится учитывать следующие факторы:

- характеристику очищаемых газов на входе в устройство(фильтр);
- свойства пылевых частиц;
- характеристику источника пылевыделения: сведения о технологическом процессе, оборудовании, характеристиках процесса, материалыоборудования;
- характеристику уловленных компонентов (возможность регенерации, ценность и пр.);
- основные требования к фильтрам и установкам в целом.

Эффективность очистки газов фильтрацией оценивают на основании сведений о характеристиках выбросов, вида производства и др. факторов, задаются типом фильтрующей среды и фильтра, выбирают подходящий материал волокон (ткани или гранул); для тканых и зернистых фильтров определяют также способ регенерации фильтрующего слоя.

Фильтрующая поверхность аппарата определяется из выражения:

$$F_{\phi} = \left[\frac{(V_{\Pi} + V_p)}{60q} \right] + F_p \quad (4.1)$$

где V_{Π} - объем газа, поступающего на очистку, м³/ч;

V_p - объем газа или воздуха, расходуемого на регенерацию ткани, м³/ч;

q - удельная газовая нагрузка фильтровальной перегородки при фильтровании, м³/(м²·мин);

F_p - фильтрующая поверхность, отключаемая на регенерацию в течение 1 ч, м², определяемая по зависимости

$$F_p = \frac{N_c \cdot F_c \cdot \tau_p' \cdot m_p}{3600} \quad (4.2)$$

где N_c - число секций в фильтре;

F_c - фильтрующая поверхность секции, м²;

τ_p' - время регенерации секции, с;

m_p - число регенерации в течение 1 ч.

Для рукавных фильтров удельная газовая нагрузка на фильтровальную перегородку колеблется от 0,3 до 6 м³/(м²·мин). Выбор оптимального значения внутри указанного диапазона зависит от многих факторов, первостепенными из которых являются свойства улавливаемой пыли, особенности и возможность регенерации фильтровальных элементов, содержание пыли в газе, требуемая степень очистки и прочие.

Удельная газовая нагрузка в рукавных фильтрах q [м³/(м²·мин)] определяется из выражения:

$$q = q_n c_1 c_2 c_3 c_4 c_5, \quad (4.3)$$

где q_n - нормативная удельная нагрузка, зависящая от вида пыли и ее склонности к агломерации (таблица 4.1);

c_1 - коэффициент, характеризующий особенность регенерации фильтрующих элементов;

c_2 - коэффициент, учитывающий влияние концентрации пыли на удельную газовую нагрузку (рис. 4.1);

c_3 - коэффициент, учитывающий влияние дисперсного состава пыли в газе (таблица 4.2);

c_4 - коэффициент, учитывающий влияние температуры газа (таблица 4.3);

c_5 - коэффициент, учитывающий требования к качеству очистки.

Таблица 4.1 - Значения нормативной удельной газовой нагрузки q_n , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$ для различных материалов

Материал	Величина q_n , $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{мин})$
зерно комбикорм, жмыховая смесь, опилки, картонная пыль, пыль кожи поливинилхлорид после распылительной сушки, мука, табак	3,5
гипс, волокнистые целлюлозные материалы, известь гашеная, пыль при выбивке отливок из форм, кальцинированная сода, асбест, соль, песок, пыль от полировки, тальк, пыль пескоструйных аппаратов,	2,6
каолин, уголь, пыль горных пород, резина, плавиковый шпат, сахар, известняк, керамические красители,	2,0
летучая зола, красители, крахмал, кокс, окислы металлов, металлопорошки, химикаты из нефтесырья, пластмассы, силикаты, смолы сухие	1,7
моющие средства, активированный уголь, технический углерод, порошковое молоко, возгоны цветных и черных металлов	1,7

Фильтр импульсной продувкой сжатым воздухом с рукавами из ткани принимается в качестве базового варианта для коэффициента, учитывающего влияние особенностей регенерации фильтровальных элементов. При использовании рукавов из нетканых материалов значение коэффициента может увеличиваться на 5-10%. Коэффициент $c_1=0,70 - 0,85$ для фильтров с регенерацией путем обратной продувки и одновременного встряхивания или

покачивания рукавов принимается. Для более плотной ткани принимается меньшее значение. При регенерации только обратной продувки $c_1=0,55-0,70$.

Величина, обратная эффективности очистки называется проскоком. При проектировании фильтрационных установок степень очистки принимают по справочной информации, приводимой в каталогах заводов-изготовителей. Данная величина рассматривается как оценочная. Величина проскока при эксплуатации фильтра изменяется во времени. По мере накопления пыли в фильтре проскок уменьшается до минимального значения. При дальнейшей эксплуатации фильтра проскок снижается в течение длительного времени, но, в конечном итоге, опять начинает расти из-за износа материала.

Концентрация пыли (коэффициент c_2) сказывается на продолжительности цикла фильтрования. При увеличении концентрации увеличивается частота регенерации и удельная нагрузка должна снижаться. Наиболее заметно изменение концентрации проявляет себя в интервале концентраций $1 - 30 \text{ г/м}^3$ (рис. 4.1). При более высоких значениях усиливается влияние коагуляции частиц пыли, и часть ее в виде агломератов падает в бункер до ее осаждения на фильтровальных элементах.

Значения коэффициента c_3 , учитывающего влияние дисперсного состава пыли, приведены в таблице 4.3.

Таблица 4.2 - Зависимость коэффициента c_3 от диаметра частиц d_m , мкм

Зависимость коэффициента c_3 от диаметра частиц d_m , мкм	<3	3-10	10-50	50-100	>100
c_3	0,7-0,9	0,9	1,0	1,1	1,2-1,4



Рисунок 4.2 - Зависимость коэффициента c_2 от концентрации пыли на входе в фильтр $c_{вх}$.

Таблица 4.3 - Зависимость коэффициента c_4 от температуры газа t , °C

Зависимость коэффициента c_4 от температуры газа t , °C	20	40	60	80	100	120	140	160
c_4	1	0,9	0,84	0,78	0,75	0,73	0,72	0,70

Коэффициент c_5 учитывает требования к качеству очистки, оценивается по концентрации пыли в очищенном газе. При концентрации пыли в отходящих газах 30 мг/м^3 $c_5=1$, а при 10 мг/м^3 - $c_5=0,95$.

Энергетические затраты и эффективность процесса очистки зависят от сопротивления, создаваемого фильтрующим слоем. Установлено, что в порах ткани после регенерации остается некоторое количество пыли. Остаточное сопротивление ткани – это составляющая сопротивления, зависящая от структуры ткани. Однако величина остатка зависит не только от способа регенерации. Поэтому остаточное сопротивление после регенераций может изменяться в достаточно широких пределах.

Важным параметром при выборе рукавных фильтров является гидравлическое сопротивление, определяющее энергетические затраты на

фильтрование. Данная величина зависит от сопротивления сопротивления фильтровальной перегородки ΔP_{Π} и корпуса ΔP_{κ} .

$$\Delta P_{\phi} = \Delta P_{\kappa} + \Delta P_{\Pi} \quad (4.4)$$

Гидравлическое сопротивление корпуса аппарата определяется величиной местных сопротивлений, возникающих на входе в аппарат и выходе из него и при раздаче потока по фильтровальным элементам. В общем виде гидравлическое сопротивление оценивается коэффициентом сопротивления корпуса аппарата, определяемым из соотношения:

$$\xi_{\kappa} = \frac{\Delta P_{\kappa}^2}{v_{\text{вх}}^2 \cdot \rho_{\Gamma}} \quad (4.5)$$

где $v_{\text{вх}}$ - скорость газа во входном патрубке, м/с.

При конструировании фильтров величина ξ_{κ} обычно принимается равной 1,5-2,0.

Гидравлическое сопротивление фильтровальной перегородки определяется в зависимости от потери за счет осевшей на перегородку пыли ($\Delta P_{\Pi}''$) и потери напора за счет самой перегородки ($\Delta P_{\Pi}'$):

$$\Delta P_{\Pi} = \Delta P_{\Pi}' + \Delta P_{\Pi}'' \quad (4.6)$$

$$\Delta P_{\Pi}' = K_{\Pi} \cdot \mu \cdot w^n, \quad (4.7)$$

где K_{Π} - коэффициент, характеризующий сопротивление фильтровальной перегородки, м⁻¹;

μ - динамическая вязкость газа, Па·с;

w - скорость фильтрования, м/с;

n - показатель степени, зависящий от режима течения газа сквозь перегородку (для ламинарного режима $n = 1$, для турбулентного $n > 1$).

K_{Π} определяют экспериментально, т.к. он зависит от толщины и проницаемости фильтровальной перегородки, количества пыли, оставшейся на перегородке после регенерации, свойств пыли.

Сопротивление, вызванное осевшей на перегородку пылью, рассчитывается по выражению:

$$\Delta P_n'' = \mu \cdot \tau \cdot c_{ex} \cdot w^2 \cdot K_1 \quad (4.8)$$

где τ - продолжительность фильтровального цикла, с;

c_{ex} - концентрация пыли на входе в фильтр, кг/м³;

K_1 - параметр сопротивления слоя пыли, м/кг, зависящий от свойств пыли и порозности слоя пыли на перегородке.

Продолжительность цикла фильтрации определяется из условия:

$$\tau = \frac{\Delta P_n''}{(\mu \cdot c_{ex} \cdot w^2 \cdot K_1)} \quad (4.9)$$

Общее сопротивление рукавных фильтров не должно превышать 2800 Па, а сопротивление слоя пыли на перегородке – 600-800 Па.

Ориентировочные значения коэффициентов очистки некоторых видов выбросов в рукавных фильтрах приведены в табл. 4.4.

Таблица 4.4 - Эффективность очистки пыли в рукавных фильтрах

Процесс производства или оборудование, выделяющее дисперсные	Содержание частиц менее 5 мкм, мг/м ³	Конечная концентрация, %	Степень очистки %	Способ регенерации*	Удельная нагрузка м ³ /(м ² с)
1	2	3	4	5	6
Переработка алюминиевой руды	-	3	-	В	0,041
Медная руда:					
погрузка	30	13	98,15	-	-
разгрузка	67	18	86,47	В	0,015
измельчение	2	6	99,75	В	0,015
Переработка железной руды:					
разгрузка вагонеток	-	3	-	-	-
вторичное и третичное дробление	-	3	-	-	-
транспорт тонкоизмельченной руды	-	4	99,69	-	-
Производство известняка:					
первичное измельчение	-	6	-	И	0,028
сита первичного измельчения	-	6	-	И	0,035
транспортировка	-	2	-	И	0,035

обдирка и молотковая мельница	-	2	99,84	В	0,012
----------------------------------	---	---	-------	---	-------

продолжение таблицы 4.4

1	2	3	4	5	6
вторичное измельчение	-	4	-	В	0,011
сита вторичного измельчения	-	1	-	И	0,026
калибровочное сито	-	2	-	В	0,010
Переработка золотой руды, регенерация на складах	12...21	7	95,88	И	0,046
Дробление полевого шпата	-	5	99,92	О	0,015
Размол каолина:					
мельница Раймонда	70	16	99,65	-	-
валковая мельница	70	7	99,60	-	-
Стеклоплавильные печи:					
сода, известняк	-	11	72	О	0,003
сода, свинец, боросиликат	-	9	94,80	В/О	0,003
Производство стекловолокна:					
боросиликатного	-	15	-	В/О	0,004
содоизвестковоборос иликатного	-	59	-	В/О	0,003
Приготовление опок:					
водяная мельница	92	3	99,71	О	0,026
мельница Раймонда	-	2	99,96	О	0,030
Электроплавильная печь	40...65	2	98,67...9 6,67	В	0,016
Промышленные котельные	-	37	93,15	О	0,025
Отопительные котельные:					
пылевидное сжигание	23...65	2	99,92	О	0,010
механическое слоевое сжигание	5...60	4	99,80	В/О	0,015
Мусоросжигатели	20...65	0,7	99,86	О	0,015

Примечание: В - встряхивание, И - импульсный, О - обратная продувка

Таблица 4.5 - Свойства исходных полимеров (сырья)

Исходный полимер или сырье	Название волокна	Плотность ³ кг/м	Термостойкость, °С		Химическая стойкость		Стойкость в средах		Горючесть	Прочность на разрыв, МПа	Разрывное удлинение, %	Стойкость к исторанию	Влагоемкость, % при 20 °С	
			При длительном воздействии	При кратковременном воздействии	кислоты	щелочи	Окисляющие агенты	Растворители					При φ=65%	При φ=90-95%
1	2	3	4	5	6	7								
Целлюлоза	Хлопок	1520	65-85	90-95	ОП	Х	У	ОХ	Да	360-530	7-8	У	7-8,5	24-27
Протеины	Шерсть	1320	95-100	120	У	ОП	У	Х	Да	130-200	30-40	У	13-15	21,9
Полиамид	Капрон	1140	80-90	120	ОП	ОХ	У	Х	Да	450-600	18-32	ОХ	3,5-4,5	7-8,5
	Номекс	1380	220	260	У	ОХ	Х	Х	Нет	400-800	14-17	ОХ	-	-
Полиэфир	Лавсан	1380	130	160	Х	У – П	Х	Х	Да	450-700	15-25	ОХ	0,4	0,5
Полиакрилонитрил	Нитрон	1170	120	150	Х – У	У	Х		Да	300-470	15-17	У	0,9-2	4,5-5
Полиолефин	Полипропилен	920	85-95	120	ОХ	ОХ	Х	Х	Да	440-860	22-25	ОХ	0	0
Поливинилхлорид	Хлорин, ацетохлорин, ПВХ	1380-1470	65-70	80-90	ОХ	ОХ	ОХ	У-Х	Нет	120-230	15-30	ОП-П	0,17-0,3	0,7-0,9
Политетрафторэтилен	Фторопласт, полифен	2300	220	270	ОХ	ОХ	ОХ	ОХ	Нет	350-400	50	У-П	0	0
Полиоксидиазол	Оксалон	-	250	270	Х	-	-	-	-	-	-	Х	-	-
Алюмосиликатное стекло	Стекло-лянное волокно	2540	240	315	Х	У – П	ОХ	ОХ	нет	1600-3000	3-4	ОП	0,3	-

Условные обозначения: ОХ – очень хорошая; Х – хорошая; У - удовлетворительная; П - плохая; ОП - очень плохая.

Таблица 4.6 - Рекомендуемые нагрузки на фильтровальные ткани

Рекомендуемые нагрузки на фильтровальные ткани, $\frac{м^3}{(м^2 \cdot ч)}$ Ткань	Начальная запыленность воздуха (в $\frac{г}{м^3}$) до			
	1	5	10	20
Фильтр-сукно № 2	1	2	3	4
Сукно ЧШ, ткань ЦМ, нитрон, лавсан, хлопчатобумажная	120-150	80-100	60-70	40-50.
Стеклоткань аппретированная	60-90	50-60	40-50	30-50
Фильтр-сукно № 2	5	6	7	8
Сукно ЧШ, ткань ЦМ, нитрон, лавсан, хлопчатобумажная	70-90 50-70		40-50	30-40
Стеклоткань аппретированная	50-60 40-50		30-50	30-40

Примечание. Данные первых четырех граф относятся к крупнодисперсной пыли 2-й и 3-й групп, последних четырех - к мелкодисперсной и очень мелкодисперсной пыли 4-й и 5-й групп

Таблица 4.7 - Характеристика фильтров ФВ (Г4-1БФМ)

Показатели	ФВ-30	ФВ-45	ФВ-60	ФВ-90
Поверхность фильтровальной ткани, м ²	30	45	60	90
Число секций	2	3	4	6
Число рукавов	36	54	72	108
Материал рукавов	Сукно фильтровальное № 2, нитрон, лавсан НФМ			
Размеры рукавов, мм: диаметр длина Сопротивление фильтра, Па, не бо-лее Период между встряхиванием сек-ции, мин	135 2090 450 3-4			
Мощность электро-двигателя, кВт	0,6			1,1
Частота вращения, об/мин	1350			1400
Масса, кг	900	1210	1460	2000

Таблица 4.8 - Технические характеристики рукавных фильтров

Марка фильтра	Площадь фильтрующей поверхности, м ²	Количество секций, шт	Количество рукавов в секции, шт.	Диаметр рукава, мм	Высота рукава, м	Пропускная способность, м ³ /с/сопротивление, Па
ФР-6П	18	1	6	390	2,5	1/500...1000
ФТ-2М	20	1	12	300	1,8	2,5/600
ФТНС-4М	12,4	1	4	386	2,6	-/490
ФТНС-8М	24,8	2	4	386	2,0	-/490
ФТНС-12М	37,2	3	4	386	2,6	-/490
ЦА-3804	4140	3	-	-	-	5,6/-
ФРУ	2,5...50	1...4	14;28;42;56	125	0,9;1;2;2,5	/1500
ФРВ-20	20	2	32	130	1,63	-
ФРН-30	30	2	48	130	1,63	-
ФР-250	281	4	288	135	2,3	-/1000...2000
СМЦ-101А	50;55;110;115;205	2	36	200	2,2;2,45;4,9;5,1;9,1	-/1900
РФГ	112;168;224;280	4;6;8;10	56;84;112;140	220	3,1	-
УРФМ	1610;2300	14;20	588;840	220	4,063	-/700...1500
Г4-1БФМ	30;45;60;90	2;3;4;6	36;54;72;108	135	2,09	-/1300
Г4-2БФМ	60;90	4;6	72;108	135	2,09	-/1300
ФР-518 (650)	518 (650)	6	72 (90)	127	3	2,5...3,33/1600
ФР-5000	5000	8	504	127	3,09	-/1500...2000
ФРДО-6500	6500	10	212	130	7,85	-
ФРО-2400-1	2400	8	42	200	8	≥14/2000
ФРО-6000-2	6000	10	54	300	10	≥14/2000
ФРО-20300-3	20300	10	216	300	10	≥14/2000
РФОСП	1,9...136	-	2...24	-	1...6	0,17...11,4/2000
РФСП-П	370	4	22	300	4,8	-
РФСП-1580	1580	20	24	-	-	до 130/-
ФРКИ-30	30	1	36	135	2	-/2000
ФРКН-В-30	30	1	36	135	2	-/2000
ФРКИ-60	60	2	36	135	2	-/2000
ФРКН-В-60	60	2	36	135	2	-/2000
ФРКИ-90	90	3	36	135	2	-/2000
ФРКН-В-90	90	3	36	135	2	-/2000
ФРКИ-180	180	4	36	135	3	-/2000
ФРКИ-360	360	8	36	135	3	-/2000
ФРКДИ-550	550	6	36	135	6	-/2800
ФРКДИ	720	8	36	135	6	-/2800
ФРКДИ-1100	1100	12	36	135	6	-/2800

Таблица 4.9 - Технические характеристики зернистых фильтров типа
ЗФ

The image part with relationship ID r1d33 was not found in the file.	
--	--

Таблица 4.10 - Техническая характеристика гравийных фильтров
циклонов типа ФГЦН

The image part with relationship ID r1d33 was not found in the file.	
--	--

Вопросы и задания

1. Рассчитать параметры рукавного фильтра (ткань – лавсан), предназначенного для очистки газов, исходящих от электросталеплавильной печи. Учесть, что процесс регенерации длится $\tau_p=40$ с (обратная продувка со встряхиванием). Исходные данные: среднегеометрический размер частиц пыли $d_m=3$ мкм; динамический коэффициент вязкости $\mu_0=17,9 \cdot 10^{-6}$ Па·с; расход газа при нормальных условиях $V_{0r}=125000$ м³/ч; разрежение перед фильтром $P_r=300$ Па; температура газа перед фильтром $t_r=145$ °С; барометрическое давление $P_6=101,3$ кПа; плотность газа $\rho_{0r}=1,3$ кг/м³; концентрация пыли в газе перед фильтром $Z_0=13,3$ г/м³; плотность частиц пыли $\rho_n=5500$ кг/м³; гидравлическое сопротивление фильтра $\Delta P=1,4$ кПа.

2. Рассчитать фильтр для очистки воздуха от пыли глинозема. Атмосферное давление нормальное, температура воздуха 20 °С, вязкость воздуха $\mu=18 \cdot 10^{-6}$ Па·с, плотность частиц загрязнителя $\rho_{\text{ч}}=3,9 \cdot 10^3$ кг/м³. Исходные данные (таблице 4.11): начальное сопротивление фильтра $\Delta P_{\text{нач}}=10$ кПа; наибольшее допустимое (конечное) сопротивление фильтра $\Delta P_{\text{кон}}$, Па; требуемая тонкость очистки $d_{\text{тоабс}}$; время непрерывной работы фильтра τ . Расход воздуха - Q. Концентрация пыли в воздухе $C_{\text{вх}}$.

Таблица 4.11 - Исходные данные (варианты)

Вариант	Q, м ³ /ч	C _{вх} , мг/м ³	d _{то абс} , мкм	ΔP _{кон} , кПа	τ, ч	Пористый материал	Форма частиц	П	h, мм
1	150	5	5	20	50	Бронза	Сфера	0,33	1
2	160	10	4	25	45	СТ50ХГ	Сфера	0,25	0,7
3	120	15	3	15	40	Железо	80%Сф	0,30	0,5
4	140	20	10	20	35	Бронза	20%Сф	0,28	2
5	100	25	16	15	30	СТ50ХГ	Лепестковая	0,26	3

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [2, 4, 5, 10]

Тема 5. Принципы очистки сточных и производственных вод

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 5

Тема занятия: "Управление качеством водных объектов"

Цель практического занятия: получение знаний об особенностях оценки качества водного объекта

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

Теоретическая часть

Водные объекты подразделяются по виду водопользования на объекты хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового назначения и рыбохозяйственного водопользования.

Нормирование качества воды в водных объектах хозяйственно-питьевого, коммунально-бытового проводят по общим требованиям и по содержанию вредных веществ в воде в соответствии с ГН 2.1.5.1315-03 «Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно бытового водопользования». В том случае, если в воде водного объекта присутствуют вещества 1-го и 2-го класса опасности, то дополнительно оценка производится по обобщенному показателю с учетом суммирующего действия этих компонентов.

Нормирование качества питьевой воды производят в соответствии с СанПиН 2.1.4.1074-01 «Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения» и СанПиН 2.1.4-

1175-02 «Гигиенические требования к качеству воды нецентрализованного водоснабжения»

Питьевая вода должна быть безопасна в эпидемическом и радиационном отношении, безвредна по химическому составу и иметь благоприятные органолептические свойства. Качество питьевой воды должно соответствовать гигиеническим нормативам перед ее поступлением в распределительную сеть, а также в точках водоразбора наружной и внутренней водопроводной сети. Безопасность питьевой воды в эпидемическом отношении определяется ее соответствием нормативам по микробиологическим и паразитологическим показателям, представленным в таблице 5.1.

Безвредность питьевой воды по химическому составу определяется ее соответствием нормативам по:

- содержанию вредных химических веществ, наиболее часто встречающихся в природных водах на территории Российской Федерации, а также веществ антропогенного происхождения, получивших глобальное распространение (таблица 2 прил. Б);

- обобщенным показателям в табл. 5.2.

- содержанию вредных химических веществ, поступающих и образующихся в воде в процессе ее обработки в табл. 5.3.

Таблица 5.1 - Микробиологические и паразитологические показатели

Показатели	Единицы измерения	Нормативы
Термотолерантные колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общие колиформные бактерии	Число бактерий в 100 мл	Отсутствие
Общее микробное число	Число образующих колонии бактерий в 1 мл	Не более 50
Колифаги	Число бляшкообразующих единиц (БОЕ) в 100 мл	Отсутствие
Споры сульфитредуцирующих клостридий	Число спор в 20 мл	Отсутствие
Цисты лямблий	Число цист в 50 л	Отсутствие

Таблица 5.2 - Обобщенные показатели качества воды

№ п/п	Наименование показателя	Единица измерения	Величина ПДК, не более
1	Водородный показатель	Единицы pH	В пределах -9
2.	Общая минерализация (сухой остаток)	мг/л	1000
3.	Жесткость	мг-экв/л	7
4.	Окисляемость перманганатная	мгО/л	5
5.	Поверхностно-активные вещества(ПАВ)	мг/л	0,5
6.	Нефтепродукты (суммарно)	мг/л	0,1
7.	Фенольный индекс		0,25

Оценка качества воды для водоемов рыбохозяйственного водопользования производится по обобщенным гидрохимическим показателям каждого лимитирующего показателя вредности (ЛПВ). Нормативные требования по некоторым компонентам приведены в табл. 3. прилБ.

По санитарно - токсикологическому ЛПВ:

$$J_p^{\frac{c}{m}} = \sum_{i=1}^N \frac{C_i^{\frac{c}{m}}}{\text{ПДК}_i}, \quad (5.1)$$

где N - количество компонентов, проходящих по санитарно - токсикологическому ЛПВ.

Таблица 5.3 - Вредные химические вещества, поступающие и образующиеся в воде в процессе ее обработки в системе водоснабжения

№	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Хлор - остаточный свободный -остаточный связанный	0,3-0,5 0,8-1,2	органолептический органолептический	3 3
2.	Хлороформ (при хлорировании воды)	0,2	санитарно- токсикологический	2
3.	Озон остаточный	0,3	органолептический	-
4.	Формальдегид(при озонировании воды)	0,05	санитарно- токсикологический	2
5.	Полиакриламид	2,0	санитарно- токсикологический	2
6.	Активная кремниевая кислота	10	санитарно- токсикологический	2
7.	Полифосфат (по PO ₄)	3,5	органолептический	3

8.	Остаточный алюминий (при использовании алюминиевого коагулянта)	0,5	санитарно- токсикологический	2
9.	Остаточное железо (при использовании железосодержащего коагулянта)	0,3	органолептический	3

По токсикологическому ЛПВ:

$$J_p^m = \sum_{i=1}^{N_1} \frac{C_i^m}{\text{ПДК}_i}, \quad (5.2)$$

где N_1 - количество компонентов по токсикологическому ЛПВ.

По рыбохозяйственному ЛПВ:

$$J_p^{p-x} = \sum_{i=1}^{N_2} \frac{C_i^{p-x}}{\text{ПДК}_i}, \quad (5.3)$$

где N_2 - количество компонентов по рыбохозяйственному ЛПВ.

Дополнительная оценка качества водных объектов производится по интегральным показателям, которые учитывают степень деградации водоемов.

К показателям деградации водоемов, в общем случае, могут быть отнесены:

- признаки эвтрофикации (массовое размножение сине-зеленых водорослей, повышенное содержание азота и фосфора в разных формах);
- разрушение береговой линии как следствие природных или антропогенных процессов;
- скопление или чрезмерное разрастание (более чем на 20% от общей площади водоема) водной растительности - макрофитов;
- изменение видового стада рыб в направлении увеличения доли сорных видов;
- появление большого количества донных червей;
- появление рыб с патологиями и др.

Таким образом, оценка по показателям деградации водоема включает разнообразные методы исследований - методы визуального наблюдения и

счета (со сбором или отловом гидробионтов), гидрохимические измерения содержания в воде соединений азота и фосфора в формах нитратов, нитритов, аммонийных органических и неорганических соединений, орто- и полифосфатов и др. Каждый из показателей качества воды в отдельности, хотя и несет информацию о качестве воды, все же не может служить мерой качества воды, т.к. не позволяет судить о значениях других показателей, хотя иногда косвенно бывает связан с некоторыми из них.

Например:

- увеличенное по сравнению с нормой значение БПК₅ косвенно свидетельствует о повышенном содержании в воде легкоокисляющихся органических веществ;

- увеличенное значение электропроводности - о повышенном солесодержании и др.

Вместе с тем, результатом оценки качества воды должны быть некоторые интегральные показатели, которые охватывали бы основные показатели качества воды (либо те из них, по которым зафиксировано неблагополучие).

При наличии результатов анализов по достаточному количеству показателей можно определять классы качества воды, которые являются интегральной характеристикой загрязненности поверхностных вод. Классы качества определяются по индексу загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических значений 6 основных показателей качества воды (табл.5.4).

Таблица 5.4 - Характеристики интегральной оценки качества воды

ИЗВ	Класс качества воды	Оценка качества (характеристика) воды
Менее и равно 0,2	I	Очень чистые
Более 0,2-1	II	Чистые
Более 1-2	III	Умеренно загрязненные
Более 2-4	IV	Загрязненные
Более 4-6	V	Грязные

Более 6-10	VI	Очень грязные
Свыше 10	VII	Чрезвычайно грязные

В число 6 основных, так называемых "лимитируемых" показателей, при расчете ИЗВ входят, в обязательном порядке, концентрация растворенного кислорода и значение БПК₅, а также значения еще 4 показателей, являющихся для данного водоема (воды) наиболее неблагоприятными, или которые имеют наибольшие приведенные концентрации (отношение $C_i/ПДК_i$).

Для расчета ИЗВ показатели выбираются независимо от лимитирующего признака вредности, однако при равенстве приведенных концентраций предпочтение отдается веществам, имеющим санитарно-токсикологический признак вредности (как правило, такие вещества обладают относительно большей токсичностью).

Для оценки качества источника в соответствии с санитарными требованиями, предъявляемыми к водоемам хозяйственно-питьевого назначения, необходимо:

1. Выписать исходную информацию по составу речной воды в таблицу 5.5- Гидрохимическая характеристика водного объекта.

2. В нормативной литературе найти необходимую информацию для водоемов хозяйственно-питьевого назначения (табл.1 прил. 2). Исходную и нормативную информацию занести в табл.5.5

3. Качество воды оценить в соответствии с санитарными требованиями к водоемам хозяйственно-питьевого назначения, проверив выполнение следующих условий:

$C_i \leq ПДК_i^{ХП}$ - это условие выполняется для веществ, относящихся к 3 и 4-му классу опасности ;

$$\sum_{i=1}^N \frac{C_i}{ПДК_i} \leq 1 \text{ - для веществ, относящихся к 1 и 2-му классу опасности.}$$

Сделать вывод о соответствии качества воды предъявляемым требованиям.

5. В нормативной литературе найти необходимую информацию по гигиеническим требованиям к качеству питьевой воды (табл. 2 прил. Б). Исходную и нормативную информацию занести в табл.5.5.

6. Качество воды оценить в соответствии с требованиями СанПиН 2.1.4. 1074 «Питьевая вода. Требования к качеству воды централизованных систем водоснабжения », проверив выполнение следующих условий:

$$\sum_{i=1}^N \frac{Ci}{ПДК_i} \leq 1 \text{ - для веществ, относящихся к 1 и 2-му классу опасности.}$$

Сделать вывод о возможности использования данного водного объекта в качестве источника водоснабжения и предложить мероприятия по водоподготовке.

Для оценки качества воды в источнике в соответствии требованиями, предъявляемыми к водоемам рыбохозяйственного назначения, необходимо:

1. В нормативной литературе найти необходимую информацию для веществ , присутствующих в воде заданного источника (табл.3 прил. Б). Исходную и нормативную информацию занести в табл. 5.6.

Таблица 5.5 - Гидрохимическая характеристика водного объекта

Показатели состава	Единицы измерения	Состав речной воды	Требования к качеству воды					
			К водоемам хозяйственно-питьевого назначения			К качеству питьевой воды		
			ПДК	ЛПВ	Класс опасности	ПДК	ЛПВ	Класс опасности
Цветность								
Взвешенные вещества (мутность)								
БПК _{полн}								
ХПК								
Нефтепродукты								
Азот аммонийный								
Азот нитритный								
Азот нитратный								
Железо								
Медь								
Никель								
Свинец								
Алюминий								
Фосфаты								
Хлориды								
Сульфаты								
Кремний (по Si)								
Фенолы								
СПАВ								

Таблица 5.6 - Гидрохимическая характеристика водного объекта

Показатели состава	Единицы измерения	Состав речной воды	Требования, предъявляемые к водоемам рыбохозяйственного назначения			Сi/ПДКи
			ПДК	ЛПВ	Класс опасности	
Взвешенные вещества (мутность)						
БПК _{полн}						
ХПК						
Нефтепродукты						
Азот аммонийный						
Азот нитритный						
Азот нитратный						
Железо						
Медь						
Никель						
Свинец						
Алюминий						
Фосфаты						
Хлориды						
Сульфаты						
Кремний (по SiO ₂)						
Фенолы						
СПАВ						

3. Качество воды для водоемов рыбохозяйственного назначения оценить по обобщенным гидрохимическим показателям для каждого ЛПВ:

$$\text{- для рыбохозяйственного } J_p^{P/X} = \sum_{i=1}^n \frac{Ci^{P/X}}{ПДК_i} < 1, \quad (5.4)$$

$$\text{- для санитарно-токсикологического } J_p^{C/T} = \sum_{i=1}^n \frac{Ci^{C/T}}{ПДК_i} < 1, \quad (5.5)$$

$$\text{- для токсикологического } J_p^T = \sum_{i=1}^n \frac{Ci^T}{ПДК_i} < 1, \quad (5.6)$$

Сделать вывод о соответствии качества воды требованиям, предъявляемым к водоемам рыбохозяйственного назначения по признакам вредности.

4. Определить индекс загрязненности воды (ИЗВ), который рассчитывается как сумма приведенных к ПДК фактических концентраций из 6 приоритетных показателей качества воды. Сделать вывод о классе качества воды.

Для определения требуемой производительности водозаборных сооружений населенного пункта с заданной численностью населения и от предприятий (для вида производства и его производительности) и оценки допустимой гидравлической нагрузки на водоём при условии, что населенный пункт имеет централизованное холодное и горячее водоснабжение, необходимо:

1. Установить по СНиП 2.04.02-85 норму водоотведения от 1 человека в сутки по степени благоустройства населенного пункта;

2. По укрупненным нормам водопотребления (прил. Б) найти норму водопотребления для заданных предприятий.

3. Найденную информацию занести в табл. 5.7 и произвести расчеты требуемой производительности водозаборных сооружений

4. Оценить гидравлическую нагрузку на водоём при заборе воды из источника путем определения величины фактического санитарного пропуска.

Таблица 5.7 - Расчет требуемой производительности водозаборных сооружений

Источник	Режим работы	Норма водопотребления	Расход			
			м ³ /год	м ³ /сут	м ³ /час	м ³ /с
Питьевая вода						
Населенный пункт Численность населения- _____ чел		0,3 м ³ в сутки на человека				
Предприятие _____. Производительность – _____ тонн в год						
Предприятие _____. Производительная мощность – _____ руб в год						
Итого						
Техническая вода						
Предприятие _____.						
Предприятие _____.						
Итого						
Забор воды из источника						

Допустимая гидравлическая нагрузка на водный объект состоит в обеспечении санитарного пропуска в реках с незарегулированным стоком после забора воды, который не должен быть менее 75 % :

$$P_{\text{гид.}} = (Q_p - Q_v) / Q_p, \quad (5.7)$$

где Q_p – минимальный среднемесячный расход речной воды в год с 95 % обеспеченностью, $6 \text{ м}^3/\text{с}$;

Q_v – производительность водозаборных сооружений, $0,242 \text{ м}^3/\text{с}$.

При водоотведении возвратных (сточных) вод в водный объект должно обеспечиваться нормативное качество воды в контрольных створах водного объекта. Количество допустимых сбросов вредных веществ устанавливается для каждого контролируемого показателя с учетом фоновой концентрации, категории водопользования и ассимилирующей способности (для водоемов рыбохозяйственного назначения)

На основании расчетов устанавливаются для каждого выпуска предельно допустимые сбросы (ПДС) веществ, соблюдение которых должно обеспечить нормативное качество воды в водных объектах.

Предельно допустимые концентрации вредных примесей при отведении сточных вод в водные объекты рассчитывают по формуле материального баланса:

$$C_i^{CM} (\gamma \cdot Q + q) = C_i^{CB} \cdot q + C_i^P \cdot \gamma \cdot Q, \quad (5.8)$$

где C_i^{CM} - концентрация i -й примеси в водном объекте после смешения, $\text{г}/\text{м}^3$;

γ - коэффициент смешения;

Q - расход воды в водном объекте, $\text{м}^3/\text{с}$; q - расход сточной воды, $\text{м}^3/\text{с}$;

C_i^{CB} - концентрация i -й примеси в сточной воде, $\text{г}/\text{м}^3$;

C_i^P - концентрация i -й примеси в речной воде, $\text{г}/\text{м}^3$;

Учитывая, что величина $(\gamma Q + q) / q$ - кратность разбавления n , получаем следующее уравнение определения допустимой концентрации i -й примеси при сбросе сточной воды в водный объект:

$$C_i^{CB} = n \cdot C_i^{CM} - (n - 1) C_i^P, \quad (5.9)$$

В том случае, если сточные воды содержат примеси, проходящие по одному и тому же ЛПВ, то расчет ведут по обобщенным гидрохимическим характеристикам.

Определяют обобщенные гидрохимические характеристики допустимого состава сточных ЛПВ из условия:

$$\text{если } J_p^{\text{ЛПВ}} < 1, \text{ то } J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = n - (n - 1) J_p^{\text{ЛПВ}}. \quad (5.10)$$

Если $J_p^{\text{ЛПВ}} > 1$, т. е. фоновое загрязнение водоема не позволит получить требуемое качество воды в расчетном створе, тогда $J_{\text{св}}^{\text{ЛПВ}} = 1$ и устанавливается исходя из отношения нормативных требований к составу и свойствам воды водных объектов и самим сточным водам.

Для всех веществ, сбрасываемых в водоемы рыбохозяйственного назначения, и для веществ 1-го и 2-го классов опасности, сбрасываемых в водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения, допустимая концентрация к водоотведению определяется по формуле

$$C_i = \frac{J_{\text{CD}}^{\text{ЛПВ}}}{N^{\text{ЛПВ}}} \text{ПДК}_i \quad (5.11)$$

где $N^{\text{ЛПВ}}$ - количество компонентов, проходящих по одному и тому же ЛПВ для рыбохозяйственных водоемов, или компонентов 1-го и 2-го классов опасности по соответствующему ЛПВ для водоемов хозяйственного или культурно-бытового назначения.

Допустимая концентрация при водоотведении в водоемы хозяйственно-питьевого и культурно-бытового назначения для всех веществ, кроме 1-го и 2-го классов опасности, определяется по формуле

$$C_{\text{ПДСи}} = n (C_{\text{ПДРi}} - C_{\text{фи}}) + C_{\text{фи}}, \quad (5.12)$$

где $C_{\text{ПДРi}}$ – предельно допустимая концентрация i -го компонента;

$C_{\text{фи}}$ – фоновая концентрация i -го компонента в воде водного объекта.

Таблица 5.8 - Расход сточных вод, принимаемый в канализацию

Источник	Режим поступления сточных вод, час	Норма водоотведения	Расход			
			м³/год	м³/сут	м³/час	м³/с
Населенный пункт Численность населения-_____ чел						
Предприятие _____. Производительность – _____ тонн в год						
Предприятие _____. Производительная мощность – _____ руб в год						
Итого						

Для расчета требуемой глубины очистки, допустимой к водоотведению в заданный водный объект (ПДС), необходимо:

1. Установить по СНиП 2.04.02-85 норму водоотведения от 1 человека в сутки по степени благоустройства населенного пункта (приложение Б).

2. По укрупненным нормам (приложение Б) найти норму водоотведения для заданных предприятий. Найденную информацию занести в табл. 5.8 и произвести расчеты расходов сточных вод исходя из численности населения населенного пункта, производительности предприятия и режимов поступления сточных вод.

3. Состав сточных вод от населенного пункта принять по приложению Б и привести в табл. 5.9. Определить количество загрязнений, поступающее от населенного пункта ($P_{н.п.}$).

4. Состав сточных вод от предприятий принять по укрупненным нормам (приложение Б) и привести в табл. 5.10 и 5.11.

5. Определить количество загрязнений, поступающих от предприятий (P_1 и P_2).

Количество загрязнений, поступающее со сточными водами, определить по формуле

$$P_i = C_i \cdot q_i, \text{ г /час}, \quad (5.13)$$

где q - расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{час}$.

6. Определить кратность смешения

6.1. Определить коэффициент диффузии:

$$D = \frac{VH}{200}, \quad (5.14)$$

где V - средняя скорость течения реки,

H – глубина в месте выпуска

6.2. Определить коэффициент, учитывающий влияние места выпуска:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{D}{q}}, \quad (5.15)$$

где φ - коэффициент извилистости русла; ξ - коэффициент типа выпуска, для берегового -1, для руслового -1,5.

6.3. Определить коэффициент смешения:

$$\gamma = \frac{1 - l^{-\alpha\sqrt{L}}}{1 + \frac{Q}{q} l^{-\alpha\sqrt{L}}} \quad (5.16)$$

где L- расстояние до расчетного створа, м

6.4. Определить кратность разбавления:

$$n = \frac{(\gamma \cdot Q + q)}{q} \quad (5.17)$$

Таблица 5.9 - Состав сточных вод и количество загрязнений, поступающее от населенного пункта

№ п/п	Показатели состава	Концентрация, мг/л	Количество, г/час
1.	Взвешенные вещества		
2.	БПК полн.		
3.	ХПК		
4.	Азот аммонийный		
5.	Хлориды		
6.	Сульфаты		
7.	Нефтепродукты		
8.	СПАВ (анионные)		
9.	Фенолы		
10.	Железо общее		
11.	Медь		
12.	Никель		
13.	Цинк		
14.	Хром (+3)		
15.	Хром (+6)		
16.	Свинец		
17.	Кадмий		
18.	Алюминий		
19.	Марганец		
20.	Фториды		
21.	Фосфор фосфатов		

Таблица 5.10- Состав сточных вод и количество загрязнений, поступающее от завода по производству аммиачной селитры

№ п/п	Показатели состава	Концентрация, мг/л	Количество, г/час
1.	Взвешенные вещества		
2.	ХПК		
3.	БПК полн.		
4.	Хлориды		
5.	Сульфаты		
6.	Азот аммонийный		
7.	Азот нитратный		
8.	Нефтепродукты		

Таблица 5.11 - Состав сточных вод и количество загрязнений, поступающее от завода по производству напольного электротранспорта

№ п/п	Показатели состава	Концентрация, мг/л	Количество, г/час
1.	Взвешенные вещества		
2.	ХПК		
3.	БПК полн.		
4.	Хлориды		
5.	Сульфаты		
6.	Хром(+3)		
7.	Никель		
8.	Медь		
9.	Железо		
10.	Кадмий		
11.	Цинк		
12.	Нефтепродукты		

7. Оценить качество речной воды в соответствии с требованиями, предъявляемыми к водоемам рыбохозяйственного назначения

Рассчитать обобщенные гидрохимические показатели качества речной воды по требованиям к водоемам рыбохозяйственного назначения

$$\text{ - для рыбохозяйственного } J_p^{P/X} = \sum_{i=1}^n \frac{Ci^{P/X}}{ПДК_i}, \quad (5.18)$$

$$\text{ -для санитарно-токсикологического } J_p^{C/T} = \sum_{i=1}^b \frac{Ci^{C/T}}{ПДК_i}, \quad (5.19)$$

$$- \text{ для токсикологического } J_p^T = \sum_{i=1}^n \frac{Ci^T}{ПДК_i}, \quad (5.20)$$

где n - количество компонентов речной воды, имеющих одинаковый ЛПВ

Таким же образом провести расчет - для санитарно ЛПВ, для БПК_{полн.} и для взвешенных веществ.

Таблица 5.12 - Гидрохимическая характеристика водного объекта

Показатели состава речной воды	Концентрация загрязнений, м/л	ПДК, мг/л	ЛПВ
Взвешенные вещества			
БПК _{полн}			
Нефтепродукты			
Азот аммонийный			
Азот нитритный			
Азот нитратный			
Железо			
Медь			
Никель			
Свинец			
Алюминий			
Фосфаты			
Хлориды			
Сульфаты			
Кремний (по SiO ₂)			
Фенолы			
СПАВ			

8. Определить обобщенные гидрохимические показатели допустимого состава сточной воды для каждого ЛПВ по формуле

$$J_{св}^X = n - (n - 1) \cdot J_p^X : \quad (5.21)$$

n - кратность разбавления

9. Определить допустимый состав сточный вод к водоотведению в заданный объект по формуле

$$C_i = \frac{J_{CD}^{ЛПВ}}{N^{ЛПВ}} ПДК_i \quad (5.22)$$

где $N^{ЛПВ}$ - количество показателей с данным ЛПВ

Расчет привести в табл. 5.13

Основные методы обезвреживания сточных вод, т.е. существующие методы очистки в зависимости от дисперсного состояния загрязнений:

- очистка от грубодисперсных загрязнений (ГДП)
- очистка от мелкодисперсных и коллоидных примесей
- очистка от растворимых молекулярных (органических) загрязнений.
- очистка от растворимых минеральных загрязнений

Таблица 5.13 - Состав сточных вод, допустимый к водоотведению в водный объект

Показатели загрязнения сточных вод	ПДК мг/л	ЛПВ	Состав сточных вод допустимый, расчетный, мг/л (ПДС расчетный.)
Взвешенные вещества			
БПК полн.			
Азот аммонийный			
Азот нитратный			
Хлориды			
Сульфаты			
Нефтепродукты			
СПАВ (анионные)			
Фенолы			
Железо общее			
Медь			
Никель			
Цинк			
Хром (+3)			
Хром (+6)			
Свинец			
Кадмий			
Алюминий			
Марганец			
Фториды			
Фосфор фосфатов			

Очистка от грубодисперсных загрязнений включает:

- процеживание (использование решеток и сит для извлечения крупных загрязнений, которые могут засорить трубы и каналы);
- отстаивание (осаждение загрязнений под действием силы тяжести в песколовках, отстойниках, осветителях, нефтеловушках, жироловках);
- центробежное воздействие на частицы ГДП (гидроциклоны, центрифуги, сепараторы);

-флотацию (процесс заключается в насыщении жидкости пузырьками воздуха, примыкании частиц загрязнения к пузырьку и всплывании пузырька с извлекаемой примесью);

-осветление во взвешенном слое осадка (фiltrация сточных вод через слой взвешенных частиц);

-фiltrацию (разделение ГДП и жидкости путем пропускания сточной воды через пористые перегородки).

Очистка от мелкодисперсных эмульгированных загрязнений включает:
-реагентную коагуляцию (использование для укрупнения дисперсных и эмульгированных частиц сорбционных свойств гидроокисей, которые образуются при гидролизе солей алюминия или железа, вводимых в обрабатываемую воду);

-флокуляцию (агрегация мелкодисперсных частиц высокомолекулярными соединениями, называемыми флокулянтами);

-электрокоагуляцию (использование для дозирования ионов железа или алюминия, электрохимического растворения стальных или алюминиевых анодов; образование гидроокисей металлов с последующей агрегацией загрязнений и их осаждением).

Методы очистки от растворенных органических загрязнений подразделяются:

-на регенеративные (выделение органических загрязнений без нарушения их структуры);

-деструктивные (обезвреживание сточных вод посредством деструкции загрязнений).

Методы очистки от растворенных минеральных загрязнений:

-дистилляция (использование выпарных испарительных установок, выпарных установок с гидрофобным теплоносителем и т.д.);

-замораживание (использование криогенных процессов обессоливания);

-ионный обмен (использование процесса взаимодействия раствора с твердой фазой, обладающей свойствами обменивать ионы, содержащиеся в ней, на другие ионы, присутствующие в растворе);

-реагентные методы (использование всевозможных химических реакций, позволяющих перевести растворенные неорганические загрязнения в- нерастворимые, с последующим выводом их из системы в виде ГДП).

-обратный осмос;

Технологические схемы очистки городских и производственных сточных вод

К типовой технологии очистки городских и производственных сточных вод относятся три способа очистки сточных вод:

- полная биологическая - ПБО;
- полная биологическая с симультанным осаждением для улучшения очистки по фосфору - ПБО с АСО
- полная биологическая очистка с нитрификацией и денитрификацией для улучшения очистки по примесям азотной группы - ПБО с АНД

Улучшенная технология водоохраны предусматривает следующие варианты обработки дополнительно к типовой:

- фильтрование на зернистых фильтрах (ФЗ)
- фильтрование с предварительной реагентной обработкой воды для удаления фосфатов -ФЭР

Наилучшая технология предусматривает обработку сточных вод

- адсорбцией на угольных фильтрах (АУ)
- доочистку в биопрудах(БП)

По рекомендуемым технологиям указана эффективность извлечения компонентов в приложении Б

Для выбора технологической схемы, позволяющей получить требуемую глубину очистки, и определения концентрации загрязнений в очищенной сточной воде на выходе из сооружений, необходимо:

1. Определить фактический состав сточных вод (внести в таблицу 5.14)
2. Концентрацию загрязнений в сточной воде определить как средневзвешенную по формуле

$$C_{\phi} = (P_1 + P_2 + P_{н.п.}) / \sum q, \quad (5.23)$$

где $\sum q$ - суммарный часовой расход очистных сооружений, м³/ч (табл.8);
 $P_1, P_2, P_{н.п.}$ - количество загрязнений, поступающее соответственно от заводов и населенного пункта, г/ч (по табл. 9-11)

3. Принять технологическую схему очистки городских сточных вод (приложение Б).

4. По выбранной технологии определить глубину очистки на каждой стадии технологической схемы по формуле

$$C_i^{\kappa} = \frac{C_i^{\text{вх}}(100 - \text{Э})}{100}, \quad (5.24)$$

где C_i^{κ} и $C_i^{\text{вх}}$ концентрация загрязнения на входе и выходе их сооружений; Э - эффект очистки на рассматриваемой стадии (прил. Б).

5. Сравнить полученные расчетные данные концентрации загрязнений на выходе из сооружений с требованиями на сброс.

- 6.. Прогноз качества водотока в контрольном створе определить по формуле

$$C_{п.в} = [C_{о.с} + (n-1) \cdot C_{\phi}] / n, \quad (5.25)$$

где $C_{п.в}$ - концентрация ингредиента в контрольном створе;

$C_{о.с}$ - проектные концентрации состава на выпуске из очистных сооружений;

C_{ϕ} - фоновые концентрации речной воды; n - кратность разбавления.

Таблица 5.14 - Расчет концентраций загрязнений на выходе с очистных сооружений(по выбранной схеме очистки)

№ п/п	Компоненты в сточных водах	С _ф , г/м ³	Изменение концентрации загрязнений по стадии очистки				ΣЭ _ф , %
			ЭО, %	С _к , г/м ³	ЭО, %	С _к , г/м ³	
1	Взвешенные вещества						
2	БПК полн.						
3	Азот аммонийный						
4	Азот нитратный						
5	Хлориды						
6	Сульфаты						
7	Нефтепродукты						
8	СПАВ (анионные)						
9	Фенолы						
10	Железо общее						
11	Медь						
12	Никель						
13	Цинк						
14	Хром (+3)						
15	Хром (+6)						
16	Свинец						
17	Кадмий						
18	Алюминий						
19	Марганец						
20	Фториды						
21	Фосфор фосфатов						

Таблица 5.15 - Прогноз качества водного источника в контрольном створе

Наименование ингредиентов	Концентрация загрязняющих веществ, г/м ³		Нормы ПДК для водных объектов, мг/л		Фоновая концентрация в реке, мг/л	Прогноз качества в контрольном створе, мг/л	С _i /ПДК ^{рх}	
	Требуемая ПДС (расчетная)	Проектная С _к ,	рыбохозяйственного водопользования	хозяйственно-бытового водопользования			до сброса	после сброса
Взвешенные вещества								
БПК полн.								
Азот аммонийный								
Азот нитратный								
Хлориды								
Сульфаты								
Нефтепродукты								
СПАВ (анионные)								
Фенолы								
Железо общее								
Медь								
Никель								
Цинк								
Хром (+3)								
Хром (+6)								
Свинец								
Кадмий								
Алюминий								
Марганец								
Фториды								
Фосфор фосфатов								

Расчет представить в форме табл.5.15. Сделать вывод о качестве воды в расчетном створе, привести рассчитанные значения показателей качества. Обосновать необходимость (или отсутствие необходимости) дополнительных мероприятий по улучшению качества возвратных вод.

Вопросы и задания

1. Оценить антропогенное воздействие на окружающую среду проектируемой системы водоснабжения и водоотведения населённого пункта. Исходные данные приведены в таблица 5.16 - 5.19.

Таблица 5.16 - Гидрологическая характеристика водного объекта

Показатель характеристики	Номер варианта				
	1,5,12,20	2,6,11,18	3,7,13,17	4,8,14,16	9,10,15,19
Вид водопользования и категории	Рыбохозяйственный I категории				
Средняя скорость течения реки, м/с	0,6	0,8	0,5	1,1	1,2
Глубина реки в месте выпуска, м	0,7	3	4	4,4	6
Расход речной воды, м ³ /с	12	8,0	6,0	12,0	11,2
Коэффициент извилистости русла	1,25	1,02	1,1	1,03	1,1
Расстояние от истока, км	100	50	200	300	70

Таблица 5.17 - Технологические показатели водозаборных сооружений.

Показатель характеристики	Номер варианта				
	1,2	3,4	5,6	7,8	9,10
Тип водозабора	Ковшевой	Русловой	Береговой	Ковшевой	Русловой
Метод обеззараживания	Хлорирование	Озонирование+хлорирование	Хлорирование	Хлорирование	Озонирование
Доза обеззараживающего реагента, г/м ³	4,0	3,0 2,0	5,0	2,8	3,0

Таблица 5.18 - Гидрохимическая характеристика объекта

Показатель характеристики	Концентрация по вариантам*, г/м ³				
	1,5,15,19	2,6,12,18	3,7,14,20	4,8,11,17	9,10,13,16
БПК _{полн}	2,8	2,6	2,7	2	2,4
Взвешенные вещества (мутность)	4,1	6,6	7,2	3	4,6
Нефтепродукты	0,002	0,007	0,008	0,003	0,005
Азот аммонийный	0,02	0,009	0,01	0,03	0,02
Азот нитритный	0,002	0,005	0,004	0,003	0,002
Азот нитратный	2	3	0,9	3,2	2,6
Железо	0,007	0,04	0,004	0,003	0,004
Медь	0,0001	0,0007	0,0002	0,0003	0,0004
Никель	0,002	0,008	0,006	0,003	0,004
Свинец	0,02	0,008	0,0008	0,003	0,004
Алюминий	0,02	0,01	0,005	0,015	0,005
Фосфаты	0,06	0,04	0,06	0,03	0,04
Хлориды	20	70	80	30	40
Сульфаты	4	14	16	13	24
Кремний (по SiO ₂)	4,0	4,0	5,0	2,0	1,0
Фенолы	0,0009	0,0007	0,0003	0,0002	0,0004
СПАВ	0,2	0,004	0,03	0,01	0,08
Цветность	60	80	40	70	90

Таблица 5.19 - Объекты канализирования

№ варианта	Предприятие	Планируемая мощность
1,14,19	По производству полиэтилена высокой плотности Завод низковольтной аппаратуры	3000000 м/год 6000000 руб./год
6,12,17	По производству карбамида Завод электроизоляционных материалов	650000 т/год 200000 т/год
2,7,11	По производству аммиачной селитры Завод конденсаторного оборудования	450000 т/год 8000000 руб./год
3,20	По производству аммиака Завод светотехнического оборудования	200000 т/год 7000000 руб./год
5,8,13	По производству катионита КУ2-8 Завод по производству кабеля	80 000 т/год 400000 км/год
4,9,16	По производству анионита АВ-18 Завод светотехнического оборудования	200 000 т/год 10000000 руб./год
10,15,18	По производству капролактама Завод напольного транспорта	100 000 т/год 60000000 руб./год

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [4, 8, 12]

Тема 6. Управление качеством гидросферы

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 6

Тема занятия: "Расчет средств механической очистки сточных вод"

Цель практического занятия: закрепление знаний о способах механической очистки сточных вод и приобретение навыков расчета средств гидромеханической очистки.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

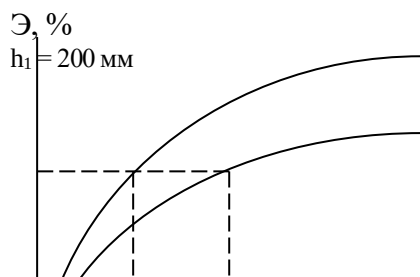
Теоретическая часть

Согласно СНиП 2.04.03 – 85 расчет первичных отстойников следует производить по кинетике осаждения (всплывания) взвешенных веществ с учетом необходимой эффективности отстаивания.

Кинетику осаждения (всплывания) взвешенных веществ изучают экспериментально в лабораторных условиях в цилиндрах диаметром 120 мм при высоте слоя отстаивания $h_1 = 200$ мм и $h_2 = 500$ мм.

При расчете тонкослойных отстойников кинетику отстаивания изучают при высоте слоя отстаивания равной расстоянию между наклонными перегородками. Обычно $h = 100$ мм.

Кинетические кривые отстаивания – это зависимость эффективности отстаивания $\mathcal{E}$ от времени τ при постоянной высоте отстаивания h . Кинетические кривые отстаивания приведены на рис. 6.1.



$$h_2 = 500 \text{ мм}$$

Э

$\tau_1 \tau_2 \tau$, мин

Рисунок 6.1 - Экспериментальные кинетические кривые отстаивания при $t = 20^\circ\text{C}$

Гидравлическая крупность частиц U_0 , осаждающихся в лабораторных условиях, при эффективности отстаивания Э равна

$$U_0 = \frac{h_1}{\tau_1} = \frac{h_2}{\tau_2}, \quad (6.1)$$

Для расчета гидравлической крупности частиц, осаждение которых обеспечивает эффективность отстаивания Э в реальных условиях при глубине отстойника Н и температуре t, используется формула

$$U_0 = \frac{H * K * 10^3}{\tau * \alpha * \left(\frac{H * K}{h} \right)^n} - \omega, \quad (6.2)$$

где U_0 – гидравлическая крупность в мм/с;

Н – глубина проточной части отстойника в м;

τ – время отстаивания, найденное по кинетической кривой при эффективности отстаивания Э и высоте слоя отстаивания h, с;

К – коэффициент использования объема проточной части отстойника;

α – коэффициент, учитывающий влияние температуры;

ω – вертикальная составляющая скорости воды в отстойнике, зависящая от линейной скорости потока w, мм/с;

h – высота слоя отстаивания, м;

n – показатель степени, зависящий от агломерации взвешенных веществ.

Показатель степени n вычисляется по формуле:

$$n = \frac{\lg \tau_1 - \lg \tau_2}{\lg h_1 - \lg h_2}, \quad (6.3)$$

где τ_1 и τ_2 – продолжительность отстаивания воды в секундах, при которой достигается требуемая эффективность отстаивания в цилиндрах с высотой столба воды соответственно h_1 и h_2 в мм.

Расчет отстойников для сточных вод, содержащих загрязняющие вещества легче воды, следует выполнять с учетом гидравлической крупности всплывающих веществ. При наличии в воде частиц тяжелее и легче воды за расчетную надлежит принимать меньшую гидравлическую крупность.

Опыт обследования промышленных предприятий показывает, что гидравлическая крупность частиц, которые должны быть выделены из воды для обеспечения требуемой эффективности очистки, колеблется в пределах $0,2 \div 0,5$ мм/с. для ориентировочных расчетов отстойных сооружений U_0 можно принимать равной 0,3 мм/с.

Численные значения величин α и ω приведены в табл. 6.1 и 6.2.

Таблица 6.1 - Зависимость вертикальной составляющей скорости ω от линейной скорости потока воды w

w , мм/с	5	10	15	20
ω , мм/с	0	0,05	0,2	0,5

Таблица 6.2 - Зависимость температурного коэффициента α от температуры воды в отстойнике

t , °C	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
α	0,45	0,55	0,66	0,8	0,9	1,0	1,3	1,4	1,5	1,8

Турбулентная составляющая скорости ω может быть рассчитана по формуле

$$\omega = 0,05 w, \quad (6.4)$$

Численные значения коэффициента использования объема отстойников различных конструкций и другие их расчетные параметры приведены в табл. 6.3.

Таблица 6.3 - Расчетные параметры первичных отстойников

Тип отстойника	Коэффициент использования объема К	Рабочая глубина проточной части отстойника Н, м	Ширина В, м	Скорость потока w, мм/с	Уклон дна i	Угол наклона пластин α, град.
1	2	3	4	5	6	7
Горизонтальный	0,5	1,5 – 4	(2-5)Н	5 – 10	0,005	—
Радиальный:						
- с центральным вводом	0,45	1,5 – 5	—	5 – 10	0,05	—
- с периферийным вводом	0,65 – 0,75	1,5 – 5	—	5 – 10	0,05	—
Вертикальный:						
- с центральным впуском	0,35	2,7 – 3,8	—	—	—	—
- с периферийным впуском	0,65 – 0,7	2,7 – 3,8	—	—	—	—
С вращающимся сборно-распределительным устройством	0,85	0,8 – 1,2	—	—	0,05	—
С нисходяще-восходящим потоком	0,65	2,7 – 3,8	—	(2-3)U ₀	—	—
Тонкослойный:						
противоточная и	0,5 – 0,7	0,025 – 0,2	2 – 6	—	—	45–60
прямоточная схемы						
- перекрестная схема	0,8	0,025 – 0,2	1,5	—	0,005	45–60

Рекомендуемые диаметры

- радиальных отстойников – 18; 24; 30; 40 м;
- вертикальных отстойников – 4; 6; 9 м;
- отстойников с нисходяще-восходящим потоком – 4; 5; 6; 9 м;
- отстойников с вращающимся сборно-распределительным устройством – 18; 24 м.

Расчет первичных отстойников сводится к определению длины или радиуса сооружения, его производительности, количества рабочих единиц отстойников.

Основные расчетные зависимости для первичных отстойников приведены в табл. 6.4.

Таблица 6.4 - Основные расчетные зависимости для первичных отстойников

Тип отстойника	Основной размер, м	Пропускная способность q, м ³ /ч
Горизонтальный	$L = \frac{H \cdot w}{K \cdot (U_0 - \omega)}$	$q = 3600 \cdot H \cdot B \cdot w$
Радиальный С вращающимся сборно-распределительным устройством Вертикальный	$R = \sqrt{\frac{q \cdot 10^{-3}}{11,3 \cdot K \cdot (U_0 - \omega) + \frac{d_{вп}^2}{4}}}$	$q = \frac{Q}{N}$
С нисходяще-восходящим потоком	$R = \sqrt{\frac{q \cdot 10^{-3}}{5,6 \cdot K \cdot U_0}}$	$q = \frac{Q}{N}$
Тонкослойный: с противоточной и прямоточной схемой; - с перекрестной схемой	$L_{БЛ} = \frac{w \cdot h}{U_0}$ $L_{БЛ} = \frac{w \cdot h \cdot K_1}{U_0}$	$q = 3600 \cdot K \cdot H_{БЛ} \cdot B \cdot w$ $q = 7200 \cdot K \cdot H_{БЛ} \cdot B \cdot w$

Условные обозначения: L, B – длина, ширина отстойника, м;

R – радиус отстойника, м;

q – пропускная способность, м³/ч;

N – число секций;

Q – расход воды, м³/ч;

d_{вп} – диаметр впускной трубы, м;

U₀ – гидравлическая крупность, м/с;

ω – вертикальная составляющая скорости, м/с;

w – скорость потока воды, м/с;

h – высота слоя отстаивания в тонкослойном отстойнике, м;

L_{БЛ} – длина яруса в тонкослойном отстойнике, м;

H_{БЛ} – глубина тонкослойного отстойника с ярусами, м;

K – коэффициент использования объема;

K₁ – коэффициент выноса частиц:

K₁ = 1,2 – для плоских пластин,

K₁ = 1 – для рифленых пластин.

Если при проектировании очистных установок применяются типовые или экспериментальные конструкции отстойных сооружений с известными геометрическими размерами, за расчетную величину следует принимать производительность одного отстойника q, при которой обеспечивается заданный эффект очистки. Производительность отстойника рассчитывается по формулам,

приведенным в табл. 4. После расчета q , исходя из общего расхода сточных вод Q , определяется число отстойников N

$$N = \frac{Q}{q}. \quad (6.5)$$

Кроме того, необходимо рассчитать объем осадка, выделяемого при отстаивании, и решить вопрос о способе перемещения осадка к приемке и выгрузки его из отстойника.

Объем осадка V_{oc} , выделяемого при отстаивании, определяется по формуле

$$V_{oc} = \frac{24 \cdot (C_n - C_k) \cdot Q \cdot 10^{-3}}{\left(1 - \frac{x_{oc}}{100}\right) \cdot \rho_{oc}}, \quad (6.6)$$

где V_{oc} – объем осадка, м³/сут.;

C_n и C_k – концентрация примесей в исходной воде и после отстаивания, мг/л;

Q – часовой расход сточных вод, м³/ч;

x_{oc} – влажность осадка, %;

ρ_{oc} – плотность осадка, кг/м³.

При проектировании первичных отстойников необходимы следующие данные:

- расход сточных вод Q , м³/ч;
- температура сточных вод t , °С;
- периодичность образования сточных вод;
- содержание тяжелых механических примесей $C_{нт}$, мг/л;
- содержание нефтепродуктов и масла $C_{нл}$, мг/л;
- плотность тяжелых и легких загрязнений ρ_t , ρ_l , кг/м³;
- требуемая степень очистки Ξ , % или допустимое содержание тяжелых $C_{кт}$ и легких $C_{кл}$ примесей в очищенной воде, мг/л;

- кинетика осаждения примесей тяжелее и легче воды при их расчетной концентрации в исходной воде, т.е. зависимость $\Xi = f(\tau)$ при $h = \text{const}$ и $t = 20^\circ\text{C}$.

- влажность осадка $x_{\text{ос}}$, %.

Горизонтальные отстойники

Схема горизонтального отстойника изображена на рис. 6.2.

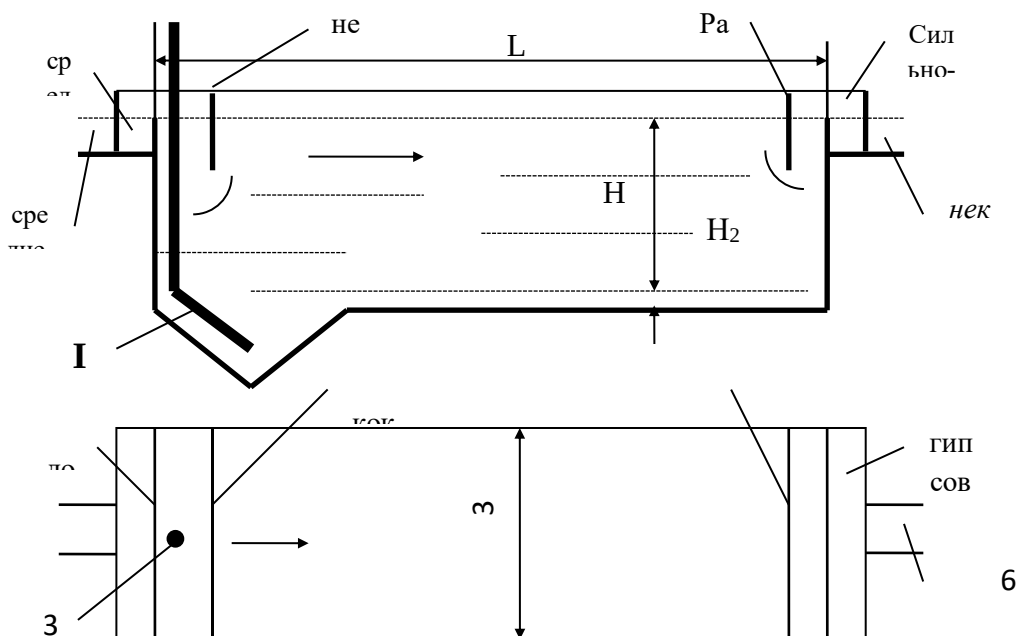


Рисунок 6.2 - Схема горизонтального отстойника:

1 - подводящий лоток; 2 - распределительный лоток; 3 - полупогружные доски; 4 - сборный лоток; 5 - отводной лоток; 6 - трубопровод для удаления осадка.

H - глубина проточной части отстойника; H₂ - высота нейтрального слоя (от дна на выходе отстойника); L - длина отстойника; B - ширина.

Горизонтальные отстойники применяют при расходе сточных вод более 15000 м³/сут. Глубина отстойников достигает 1,5 – 4 м, отношение длины к глубине 8 – 12 (до 20), ширина отстойника зависит от способа выгрузки осадка и обычно находится в пределах 6 – 9 м. Число отстойников применяется не менее двух. В табл. 6.5 приведены основные показатели типовых первичных горизонтальных отстойников.

Таблица 6.5- Основные показатели типовых первичных горизонтальных отстойников

Число отделений	Объем отстойной зоны, м ³	Пропускная способность при времени отстаивания $\tau = 1,5$ ч, м ³ /ч	Глубина, м	Длина, м	Ширина отделения, м	Номер типового проекта
4	3475	2132	3,2	30	9	902-2-386.85
6	5214	3198	3,2	30	9	902-2-387.85
8	6952	4264	3,2	30	9	902-2-388.85

Днище отстойника имеет уклон к приямку не менее 0,005. Перемещение выпавшего осадка к приямку осуществляется скребковыми механизмами тележечного или ленточного типа, сдвигающими выпавший осадок в приямок. Объем приямка равен двухсуточному количеству выпавшего осадка. Из приямка осадок удаляют насосами, гидроэлеваторами, грейдерами или под гидростатическим давлением. Угол наклона стенок приямка принимается равным 50 – 60°.

Основной расчетной величиной горизонтального отстойника является его длина (табл. 6.5). Для расчета общей длины отстойника используется уравнение

$$L = \frac{H \cdot w}{K \cdot (U_0 - \omega)}, \quad (6.7)$$

где L – общая длина отстойника, м (см. рис. 6.2);

H – глубина проточной части отстойника;

w – линейная скорость потока, мм/с;

K – коэффициент использования объема отстойника;

U_0 – гидравлическая крупность, рассчитанная по уравнению (6.2), мм/с;

ω – вертикальная составляющая скорости, мм/с;

Величины H и w назначаются по табл. 6.3; ω берется по табл. 6.1 или рассчитывается по уравнению (6.4).

Ширина отстойника B определяется по формуле

$$B = \frac{q}{3600 \cdot H \cdot w} = \frac{Q/N_c}{3600 \cdot H \cdot w}, \quad (6.8)$$

где B – ширина отстойника, м;

q – производительность отделения (секции) отстойника, м³/ч;

Q – расход сточных вод, м³/ч;

N_c – число отделений (секций) отстойника.

При расчете ширины B числом отделений отстойника N_c необходимо задаваться, учитывая, что ширина отстойника лежит в пределах 6 – 9 м.

Действительная скорость $w_{дейст}$ потока вычисляется по уравнению

$$q = \frac{Q}{N_c} = 3600 \cdot H \cdot B \cdot w, \quad (6.9)$$

откуда
$$w_{дейст} = \frac{Q/N_c}{H \cdot B}. \quad (6.10)$$

Если поступление воды в отстойник неравномерно, то расчет отстойника выполняется по максимальному расходу Q_{max}

$$Q_{max} = K_N \cdot Q, \quad (6.11)$$

где Q_{max} – максимальный расход сточных вод, м³/ч;

K_N – коэффициент неравномерности поступления воды;

Q – средний часовой расход сточных вод, м³/ч.

Вопросы и задания

1. Зарисовать схему горизонтального отстойника (рисунок 6.2).

2. Рассчитать горизонтальный отстойник для очистной станции производительностью $Q = 40000$ м³/сут. Средняя температура воды $t = 30^\circ\text{C}$. Коэффициент часовой неравномерности $K_N = 1,4$. Начальная концентрация взвешенных веществ $C_H = 1000$ мг/л, остаточная концентрация взвешенных веществ в очищенной воде $C_K = 300$ мг/л. Влажность выпавшего осадка $x_{oc} = 75\%$, плотность осадка $\rho_{oc} = 1800$ кг/м³. Зависимость продолжительности отстаивания воды от эффекта ее осветления при $t = 20^\circ\text{C}$ при высоте слоя отстаивания $h = 500$ мм приведена в табл. 6.6.

Таблица 6. Продолжительность отстаивания воды в зависимости от эффекта ее осветления при $t = 20^\circ\text{C}$, $h = 500$ мм, $C_H = 1000$ мг/л

Эффективность отстаивания Ξ , %	30	40	50	60	70
Продолжительность отстаивания τ , с	260	390	450	680	1830

Результаты расчетов свести в табл. 6.7.

Таблица 7 – Результаты расчета

№ варианта	H, м	U_0 , мм/с	N	B, м	$W_{\text{дейст}}$, мм/с	L, м	$V_{\text{от}}$, м ³	$\tau_{\text{от}}$, ч
1								
2								
3								

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [3, 5, 8]

Тема 6. Управление качеством гидросферы

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 7

Тема занятия: "Расчет физико-химических методов очистки сточных вод"

Цель работы: Формирование навыков расчета физико-химических методов очистки сточных вод.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

Теоретическая часть

Процесс обмена между ионами, находящимися в растворе, и ионами, присутствующими на поверхности твердой фазы (ионита) называется ионным обменом (ионообменной сорбцией). Данный способ является основным, применяемым для рекуперации растворенных ионных компонентов, а также для опреснения, умягчения и обессоливания вод. Метод позволяет извлекать и утилизировать ценные примеси (соединения фосфора, мышьяка, а также цинк, хром, медь, свинец, ртуть и пр. металлы), радиоактивные вещества и ПАВ, очищать сточную воду до предельно допустимых концентраций с возможностью ее последующего использования в технологических процессах или в системах оборотного водоснабжения.

Ионы, присутствующие на поверхности твердой фазы, называются ионитами. Катиониты – это ионы, поглощающие положительные ионы из растворов электролитов. Аниониты поглощают отрицательные ионы. Аниониты проявляют основные свойства, катиониты - кислотные. Иониты

бывают искусственными (синтетическими) и природными. Наибольшую практическую значимость имеют неорганические гидроокиси, алюмосиликаты природные и соли многовалентных металлов. Также применяются также иониты, полученные химической обработкой целлюлозы, угля и лигнина. Но ведущая роль принадлежит ионообменным смолам -синтетическим органическим ионитам.

Важнейшим свойством ионитов является их обменная емкость (поглотительная способность). Выделяют полную и рабочую емкости ионита. *Полная емкость ионита* — количество грамм-эквивалентов ионов в сточной воде, которое может поглотить до полного насыщения 1 м³ ионита. *Рабочая емкость ионита* — количество грамм-эквивалентов ионов,находящихся в воде, которое может поглотить до начала проскока в фильтрат поглощаемых ионов 1 м³ ионита.

Обменная емкость определяется как число активных групп ионита, принимающих участие в обмене.

При контакте ионитов с водой ихобъем обычно увеличивается в 1,2-2 (вследствие осмотических явлений). Кинетика ионного обмена зависит также от концентрация ионов,величины температуры и др.

Обратимость - возможность проведения реакции в обратном направлении - характерная особенность ионитов. Регенерация ионитов происходит именно за счет данного свойства.

Процессы ионообменной очистки сточных вод осуществляются в фильтрах -аппаратах периодического действия или устройствах непрерывного действия (рис. 7.1).

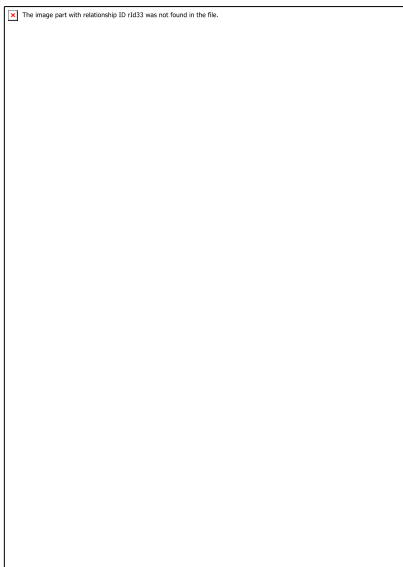
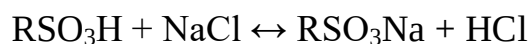


Рисунок 7.1 - Ионообменный аппарат непрерывного действия:

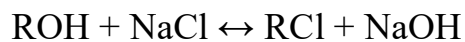
1 - подача воды; 2, 3 - устройство соответственно для транспортирования и отбора ионита; 4 — подача сточной воды; 5 - регулятор скорости движения потока воды в регенераторе; 6 - подача регенерационного раствора; 7 - внутренний корпус для регенерации

Ионный обмен происходит в эквивалентных отношениях. Обменные реакции протекают до установления ионообменного равновесия из-за разности химических потенциалов обменивающихся ионов. Пример реакции ионного обмена:

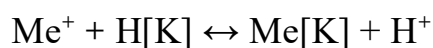
при контакте с катионитом



при контакте с анионитом



Если катиониты находятся в H^+ - или Na^+ - форме, обмен катионов будет проходить по реакции:



где Me^+ — катион, находящийся в сточной воде; $[\text{K}]$ — сложный комплекс катионита.

Расчет установок ионного обмена заключается в определении количества катионитовых и анионитовых фильтров, необходимого для очистки сточной воды гальванического производства в зависимости от состава загрязняющих ионов.

1. Расчет катионитового фильтра

Объем катионита, м³, определяется по формуле

$$V_{кат} = \frac{K_{сн} \cdot Q_{пол} [\Sigma K]}{n_{фц} \cdot E_{раб.к}}, \quad (7.1)$$

где $K_{сн}$ – коэффициент учета воды на собственные нужды, равный 1,1 – 1,35;

$Q_{пол}$ – расход сточной воды, необходимый к обработке, м³/сут;

$n_{фц}$ – число регенераций каждого фильтра (не более двух);

$[\Sigma K]$ – суммарная концентрация катионов в сточной воде, г-экв/м³;

$E_{раб.к}$ – рабочая обменная емкость катионита, г-экв/м³, определяемая по формуле:

$$E_{раб.к} = a_{эф} \cdot K_{обм} \cdot E_{полн} - K_{ion} \cdot q_k [\Sigma K], \quad (7.2)$$

где $a_{эф}$ – коэффициент эффективности регенерации, учитывающий полноту регенерации и принимаемый равным при удельных расходах H₂SO₄ в г/г-экв поглощаемых катионов:

расход H₂SO₄ 50 100 150 200

величина $a_{эф}$ 0,68 0,85 0,91 0,93

$K_{обм}$ – коэффициент снижения обменной способности катионита, принимается равным 0,8-0,9;

$E_{полн}$ – полная обменная емкость катионита г-экв/м³, определяемая по заводским паспортным данным (для катионита КУ-1 = 300 г-экв/м³; для КУ-2 = 800 г-экв/м³);

$K_{ion} = 0,5$ – коэффициент, учитывающий тип ионита;

q_k – удельный расход воды на промывку ионита, м³/м³ (на промывку 1 м³ Н-катионита принимается 4-6 м³/м³).

Принимая высоту загрузки $H_k = 2,5$ м, определяется площадь катионитовых фильтров, м²

$$F_{кат} = \frac{V_{кат}}{H_k}, \quad (7.3)$$

Диаметр катионитовых фильтров принимается равным $D_k = 2\text{ м}$ и определяется количество рабочих фильтров:

$$n = \frac{F_{кат}}{(\pi \cdot r^2)} \quad (7.4)$$

Число округляется до целого, после чего уточняется общая площадь катионитовых фильтров, м^2 :

$$F_{общ} = n \cdot \pi \cdot r^2 \quad (7.5)$$

Для установки принимается n рабочих фильтров и 1 резервный.

Определяется скорость фильтрования воды, м/ч , через катионитовые фильтры:

$$V_k = \frac{Q_{пол}}{24 \cdot F_{общ}} \quad (7.6)$$

Регенерация катионитового фильтра проводится 7-10 % -ми растворами кислот (соляной или серной), затем катионит промывают водой со скоростью 6-8 $\text{м}^3/\text{ч}$.

2. Расчет анионитового фильтра (очистка от анионов сильных кислот)

Расчетная скорость фильтрования воды через фильтры, м/ч , определяется по формуле

$$V_{ан} = \frac{E_{раб.ан} \cdot H_{ан} - 0,5 H_{ан} \cdot [A]}{T[A] + 0,02 E \cdot \ln[A] - 0,1 [A] \cdot \ln[A]} \quad (7.7)$$

где $E_{раб ан}$ – рабочая обменная емкость анионитов, г-экв/м^3

(для анионита АВ-17 $E_{раб ан} = 80$; для АН-18 = 1000, для ЭДЭ -1050 = 800).

$H_{ан}$ – высота загрузки анионитного фильтра, принимается равной 2,5 м;

$[A]$ – содержание анионов сильных кислот в сточной воде (Cl^- , SO_4^{2-}), г-экв/м^3 ;

T – продолжительность работы каждого цикла между регенерациями, ч, которая находится по формуле

$$T = \frac{24}{n_{\text{рег}}} - (t_1 + t_2 + t_3) \quad (7.8)$$

здесь $n_{\text{рег}} = 2 - 3$ – число регенераций в сутки;

$t_1 = 0,25$ ч – продолжительность взрыхления анионита;

$t_2 = 1,5$ ч – продолжительность пропускания через анионит регенерационного раствора щелочи;

$t_3 = 3$ ч – продолжительность отмывки анионита после регенерации.

Общая площадь анионитовых фильтров, м^2 , определяется как

$$T = \frac{24}{n_{\text{рег}}} - (t_1 + t_2 + t_3) \quad (7.9)$$

Принимается диаметр анионитовых фильтров равным $D_k = 2\text{м}$ и определяется количество рабочих фильтров:

$$F_{\text{ан}} = \frac{Q_{\text{пол}}}{n_{\text{рег}} \cdot T \cdot V_{\text{ан}}} \quad (7.10)$$

Число округляется до целого, после чего уточняется общая площадь катионитовых фильтров, м^2 :

$$n = \frac{F_{\text{ан}}}{(\pi \cdot r^2)} \quad (7.11)$$

$$F_{\text{общ}} = n \cdot \pi \cdot r^2$$

Принимается n рабочих фильтров и 1 резервный.

Далее определяется фактическая скорость фильтрования воды через анионитовые фильтры, м/ч :

$$v_k = \frac{Q_{\text{пол}}}{(n_{\text{рег}} \cdot T \cdot F_{\text{общ}})} \quad (7.12)$$

Регенерация анионитовых фильтров осуществляется 4-6 %-м раствором кальцинированной соды, NaOH или аммиака. При необходимости выбираются (рассчитываются) фильтры для проведения 2-ой ступени очистки.

Флотация — процесс молекулярного прилипания частиц флотируемого материала к поверхности раздела двух фаз газа (чаще воздуха) и жидкости, происходящий вследствие поверхностных явлений смачивания или избытка свободной энергии поверхностных пограничных слоев.

Флотационные установки применяют для удаления из сточных вод жиров, гидроксидов, масел, смол, нефтепродуктов, ПАВ и других органических соединений, твердых частиц с гидравлической крупностью менее 0,01 мм/с, волокнистых материалов, полимеров, а также для разделения иловых смесей.

Процесс очистки сточных вод методом флотации заключается в образовании комплексов «частицы—пузырьки», всплывании этих комплексов на поверхность и удалении пенного слоя, образовавшегося на поверхности обрабатываемой жидкости. Прилипание частицы, находящейся в ней, к поверхности газового пузырька возможно только тогда, когда наблюдается несмачивание или плохое смачивание частицы жидкостью.

С возрастом полярности жидкости ее способность смачивать твердые тела уменьшается. Величина поверхностного натяжения жидкости на границе с газовой фазой, а также разность полярностей на границе жидкой и твердой фаз являются внешними проявлениями способности жидкости к смачиванию. Процесс флотации идет эффективно при поверхностном натяжении воды не более 60-65 мН/м. При флотации важное значение имеют размер, равномерность распределения и количество воздушных пузырьков в сточной воде. Оптимальные размеры воздушных пузырьков 15-30 мкм, а максимальные 100-200 мкм.

Для интенсификации образования агрегатов пузырьков — частица в воду добавляют различные реагенты: пенообразователи, собиратели, регуляторы, которые увеличивают дисперсность, гидрофобизацию поверхности частиц и устойчивость газовых пузырьков.

Наиболее благоприятные условия разделения достигаются при соотношении между твердой и газообразной фазами $G_{\text{возд}}/G_{\text{ч}} = 0,01-0,1$. Это соотношение определяется по формуле

$$G_{\text{возд}}/G_{\text{ч}} = 1,3 Y^*(f P - 1) Q_1 / C Q, \quad (7.13)$$

где $G_{\text{возд}}$ — масса воздуха, г;

$G_{\text{ч}}$ — масса суспензированных веществ, г;

Y^* — растворимость воздуха в воде при атмосферном давлении и данной температуре, см³/л;

f — степень насыщения; обычно $f = 0,5 \dots 0,8$;

P — абсолютное давление, при котором вода насыщается воздухом;

Q_1 — количество воды, насыщенной воздухом, м³/ч;

Q — расход сточной воды, м³/ч;

$C_{\text{ч}}$ — концентрация суспензированных веществ, г/м³.

В практике очистки сточных вод разработаны различные конструктивные схемы, приемы и методы флотации. Метод пенной флотации применяют для извлечения нерастворенных и частичного снижения концентрации некоторых растворенных веществ, метод пенной сепарации — для удаления растворенных веществ.

Существенные отличия способов флотации связаны с насыщением жидкости пузырьками воздуха определенной крупности. По этому принципу можно выделить следующие способы флотационной обработки производственных сточных вод:

- 1) флотация с механическим диспергированием воздуха (импеллерные, безнапорные и пневматические флотационные установки);
- 2) флотация с выделением воздуха из раствора (вакуумные, напорные и эрлифтные флотационные установки);
- 3) электрофлотация;
- 4) флотация с подачей воздуха через пористые материалы;
- 5) биологическая и химическая флотация.

Флотационные установки могут состоять из одного или двух отделений (камер). В однокамерных установках в одном и том же отделении происходят одновременно насыщение жидкости пузырьками воздуха и всплывание флотирующихся загрязнений. В двухкамерных установках, состоящих из приемного и отстойного отделений, в первом отделении происходит

образование пузырьков воздуха и агрегатов «пузырек—частица», а во втором — всплывание шлама (пены) и осветление жидкости.

Пневматические флотационные установки применяют при очистке сточных вод, содержащих растворенные примеси, агрессивные к механизмам (насосам, импеллерам и др.), имеющим движущиеся части.

Расчет пневматической флотационной установки

Расчет флотационной установки очистки сточных вод сводится к определению размеров флотатора и характеристик устройства для подачи воздуха во флотационную камеру.

Объем флотатора, м^3 , определяется по формуле

$$V_{\phi} = \frac{Q \cdot t_{\phi}}{[60 \cdot (1 - K_{\text{аэр}})]}. \quad (7.14)$$

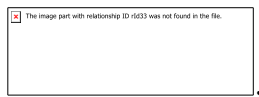
где Q — расход сточных вод, $\text{м}^3/\text{ч}$;

t_{ϕ} — время флотации, мин;

$K_{\text{аэр}}$ — коэффициент аэрации.

Площадь флотатора, м^2 , рассчитывается по формуле

$$F_{\phi} = \frac{V_{\phi}}{H_{\phi}}. \quad (7.15)$$



(14)

где H_{ϕ} — рабочая глубина флотатора.

Требуемый расход воздуха на проведение процесса флотации, $\text{м}^3/\text{ч}$, находится по формуле

$$Q_{\text{в}} = I \cdot F_{\phi}. \quad (7.16)$$

где I — интенсивность аэрации, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$.

Количество флотаторов (n_{ϕ}) для проведения процесса флотации принимается, исходя из ширины $B_{\phi} = 3$ м и длины $l_{\phi} = 7,5$ м. По дну флотаторов поперек секций располагаются воздухораспределительные трубы на расстоянии $l_{\text{тр}} = 0,25$ м друг от друга; общее число труб в каждом флотаторе равно

$$n_{\text{тр}} = \frac{l_{\phi}}{l_{\text{тр}}} = \frac{7,5}{0,25} = 30 \quad (7.17)$$

Общее число сопл во флотаторе

$$n_c = \frac{Q_{\text{в}}}{(3600 \cdot f_c \cdot v_c)} \quad (7.18)$$

где f_c – площадь отверстия каждого сопла, $f_c = 0,000000785 \text{ м}^2$ (если диаметр отверстия

сопла $d_c = 1 \text{ мм}$);

v_c – скорость выхода струи воздуха из сопел, $v_c = 100 \text{ м/с}$.

Число сопл на каждой воздухораспределительной трубе  находятся по формуле

$$n'_c = \frac{n_c}{(2n_{\text{тр}})} \quad (7.19)$$

Расстояние между соплами на воздухораспределительной трубе

$$l_c = \frac{B_{\phi}}{n'_c} \quad (7.20)$$

Вопросы и задания

1. Рассчитать ионообменную установку для обезвреживания сточных вод гальванического цеха после их предварительной механической очистки.

Исходные данные (таблица 7.2):

- расход сточных вод $Q_{\text{пол}}, \text{ м}^3/\text{сут}$;
- марка катионита;
- марка анионита
- Удельный расход H_2SO_4
- Ионный состав сточных вод приведен в следующей таблице 7.1

Таблица 7.1 – Ионный состав сточных вод

The image part with relationship ID r1633 was not found in the file.

Для расчета количества вещества в г/м^3 на 1 г-экв/м^3 необходимо молярную массу иона разделить на заряд иона. Содержание вещества в г-экв/м^3 определяется отношением содержания вещества в г/м^3 к найденному значению количества вещества в г/м^3 на 1 г-экв/м^3 .

Пересчет количества вещества в г-экв/м^3

The image part with relationship ID r1633 was not found in the file.

Таблица 7.2 - Варианты исходных данных

Вариант	Qпол, $\text{м}^3/\text{сут}$	Марка катионита;	марка анионита	Удельный расход H_2SO_4
1	1200	КУ-1	АВ-17	50
2	1500	КУ-2	АН-18	100
3	1000	КУ-1	ЭДЭ-1050	150
4	1700	КУ-2	АВ-17	200
5	2000	КУ-1	АН-18	50
6	1600	КУ-2	ЭДЭ-1050	100
7	1100	КУ-1	АВ-17	150
8	1300	КУ-2	АН-18	200
9	1800	КУ-1	ЭДЭ-1050	50
10	1200	КУ-2	АВ-17	100

2. Рассчитать пневматическую флотационную установку при следующих исходных данных (таблица 7.3):

Расход сточных вод -

$Q, \text{м}^3 / \text{ч}$

Время флотации -

$t_{\text{ф}}, \text{мин}$

Коэффициент аэрации -

$K_{\text{аэр}}$

Рабочая глубина флотатора -
Интенсивность аэрации -

$H_{\text{ф}}, \text{м}$
 $I, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$

Таблица 7.3- Варианты расчетных данных

Вариант	$Q, \text{м}^3 / \text{ч}$	$t_{\text{ф}}, \text{мин}$	$K_{\text{аэр}}$	$H_{\text{ф}}, \text{м}$	$I, \text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ч}).$
1	400	12	0,25	3	20
2	300	13	0,2	2,2	19
3	500	14	0,21	2,5	18
4	350	15	0,22	3,1	17
5	450	16	0,3	2,3	19
6	500	17	0,23	2,4	20
7	330	18	0,4	2,6	21
8	370	11	0,3	2,7	23
9	430	12	0,25	2,8	24
10	400	15	0,27	2,9	21
11	500	14	0,28	2,5	22
12	500	20	0,3	2,8	23
13	350	16	0,35	3,0	24
14	450	13	0,36	3,2	21
15	500	17	0,39	3,3	22
16	330	18	0,4	3,5	23
17	400	19	0,3	3,4	24

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [2, 5, 8]

Тема 6. Управление качеством гидросферы

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 8

Тема занятия: "Расчет аппаратов биологической очистки сточных вод"

Цель работы: приобретение навыков расчета аппаратов биологической очистки сточных вод от загрязнений

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

Теоретическая часть

Процесс биологической очистки основан на способности микроорганизмов использовать загрязняющие вещества сточных вод для своего питания. Контактируя с органическим веществом, микроорганизмы частично разрушают его, превращая в воду, CO₂ и другие простые вещества. Разрушение органических веществ с помощью микроорганизмов называется биохимическим окислением. Для этой цели используют, преимущественно, аэробные процессы биохимического окисления органических веществ, растворенных в жидкой фазе сточных вод [1]. Такие процессы осуществляются как в естественных условиях (поля фильтрации или орошения и биологические пруды), так и в искусственно созданных очистных сооружениях – биологических реакторах (биофильтры и аэротенки). Действующим началом биологической очистки в аэротенках является активный ил, а в биофильтрах – биопленка, представляющие собой частицы органического вещества, населенные различными группами микроорганизмов. Методы биологической очистки по

типу дыхания микроорганизмов, обеспечивающих протекание процессов биохимического окисления, подразделяются на анаэробные и аэробные. При аэробном методе очистки микроорганизмы культивируются в активном иле или в биопленке.

Биофильтры классифицируются по ряду признаков.

По способу подачи воздуха: с искусственной аэрацией (*аэрофильтры*) и с естественной подачей воздуха.

По технологической схеме: одно- и двухступенчатые биофильтры.

По пропускной способности: биофильтры малой пропускной способности (*капельные*) и большой (*высоконагружаемые*).

По типу загрузочного материала: биофильтры с объемной загрузкой (гравий, шлак, керамзит, щебень) и с плоскостной загрузкой (пластмассы, ткани, асбоцемент, керамика, металл).

По степени очистки: на полную и неполную биологическую очистку.

По режиму работы: с рециркуляцией сточной воды, т.е. с возвратом части очищенной жидкости в биофильтр или без нее.

Биофильтры с объемной загрузкой подразделяются по высоте загрузки на *капельные* ($1 \div 2$ м); *высоконагружаемые* ($2 \div 4$ м) и *башенные* ($8 \div 16$ м).

Биофильтры с плоскостной загрузкой подразделяются на биофильтры:

- *с жесткой засыпной загрузкой* (керамические, пластмассовые или металлические насыпные элементы);
- *с жесткой блочной загрузкой* (гофрированные или плоские листы или пространственные элементы);
- *с мягкой или рулонной загрузкой*, выполненной из металлических или пластмассовых сеток, синтетических тканей, которые крепят на каркасах или укладывают в рулонах;
- *погружные биофильтры*, состоящие из пакетов дисков, насаженных на горизонтальную ось вращения.

Высоконагружаемые биофильтры применяют для полной и неполной биологической очистки сточных вод на станциях производительностью до

50000 м³ в сутки. Допустимое значение БПК_{полн} сточных вод без рециркуляции составляет 300 мг/л, а гидравлическая нагрузка – 10÷30 м³ на 1 м² поверхности загрузки в сутки.

Биофильтры с плоскостной загрузкой компактны, имеют малую энергоемкость, надежны в эксплуатации, не подлежат заилению. Плотность загрузки составляет 10÷250 кг/м³, удельная площадь поверхности 60÷250 м²/м³. Гидравлическая нагрузка на 1 м³ объема биофильтра в сутки составляет 6÷18 м³.

Капельные биофильтры рекомендуется применять при полной биологической очистке сточных вод при их расходе не более 1000 м³ в сутки. Гидравлическая нагрузка на капельных биофильтрах составляет 1÷3 м³ на 1 м² поверхности загрузки в сутки. Рециркуляцию сточной воды на капельных биофильтрах применяют при значении БПК_{полн} сточной воды более 220 мг/л. Недостатками капельных биофильтров являются низкая производительность и частые заилении поверхности загрузочного материала.

Башенные биофильтры применяются для очистных сооружений с производительностью до 50000 м³ в сутки и при БПК_{полн} очищенных сточных вод до 20÷25 мг/л.

Погружные биофильтры представляют собой комбинированные сооружения для биологической очистки сточных вод, имеющие признаки биофильтров и аэротенков. По виду пространственных конструкций погружные фильтры бывают *дисковые, шнековые, трубчатые, барабанные*.

Применяются для полной и неполной биологической очистки бытовых и производственных сточных вод с расходами от 1 м³ в сутки до 150 тыс. м³ в сутки. Оптимальная область применения – комплексы сооружений пропускной способностью 500 ÷ 1000 м³ в сутки по очистке сточных вод от отдельно стоящих зданий, малых населенных пунктов, кемпингов, санаторий, домов отдыха и т.п.

В технологической схеме станции очистки погружные биофильтры занимают место между сооружениями предварительной механической очистки и вторичными отстойниками.

Методика расчета капельных биофильтров

Без рециркуляции

1. Определяется коэффициент

$$K_{bf} = L_{en} / L_{ex}, \quad (8.1)$$

где L_{en} и L_{ex} – БПК_{полн} поступающей и очищенной сточной воды, мг/л.

2. Находится высота биофильтра H_{bf} и гидравлическая нагрузка q_{bf} исходя из среднесзимней температуры сточной воды T_w и значения K_{bf} по табл. 8.1.

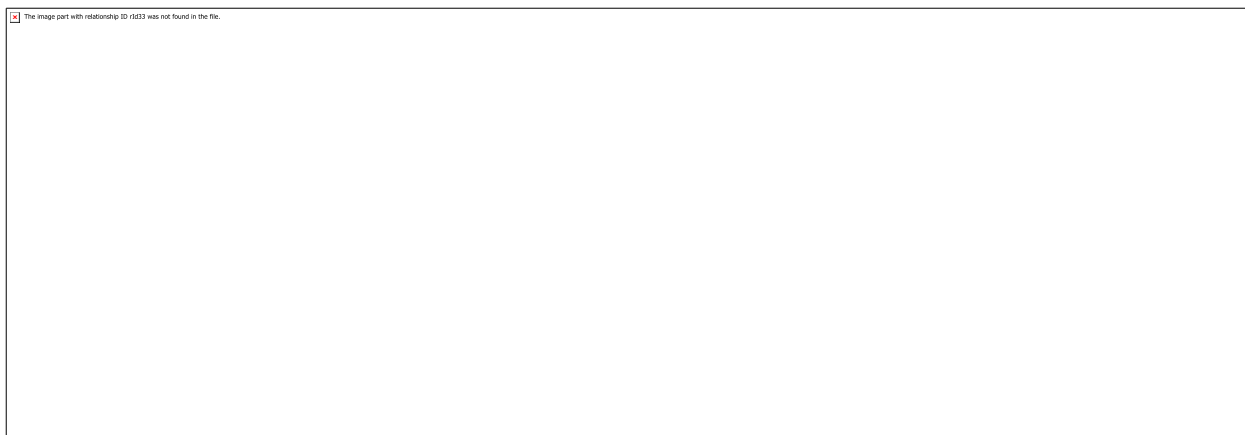
3. По суточному расходу сточной воды Q_w , м³/сут, рассчитывается общая площадь биофильтров

$$F_{bf} = Q_w / q_{bf}, \text{м}^2 \quad (8.2)$$

4. Подбирается количество секций n_{bf} и размеры типовых биофильтров. Число и размеры секций зависят от способа распределения сточной воды по поверхности. Обычно количество секций должно быть не менее 2 и не более 6÷8. Все секции рабочие.

В практике проектирования применяют биофильтры прямо-угольной формы в плане с размерами сторон 3х3; 3,6х4; 9х12; 12х12; 15х15; 12х18 и др., с высотой загрузки 2,3; 3 и 4 м, а также круглой формы в плане диаметром 6, 12, 18, 24, 30 м, с высотой слоя загрузки 2, 3 и 4 м.

Таблица 8.1 – Параметры для расчета капельных фильтров



The image shows a table placeholder with the caption 'Таблица 8.1 – Параметры для расчета капельных фильтров'. The table itself is empty, with only a small error message visible in the top left corner: 'The image part with relationship ID r1d13 was not found in the file.'

5. Рассчитывается объем загрузки

$$V_{bf} = n_{bf} \cdot F_1 \cdot H_{bf}, \text{ м}^3, \quad (8.3)$$

где F_1 – площадь одной секции биофильтра, м^2 .

6. Определяется объем избыточной биопленки V_{mud} , выносимой во вторичные отстойники, $\text{м}^3/\text{сут}$,

$$V_{mud} = \frac{100 \cdot q_{mud} \cdot Q_w \cdot L_{en}}{10^6 \cdot (100 - P_{mud}) \cdot \alpha} \quad (8.4)$$

где q_{mud} – удельное количество избыточной биопленки, принимается из расчета $8 \text{ г}/(\text{чел} \cdot \text{сут})$;

P_{mud} – влажность биопленки, равная 96% ;

α – количество БПК в сточной воде на одного жителя в сутки, $\text{г}/(\text{чел} \cdot \text{сут})$.

С рециркуляцией

1. По формуле (1) определяется коэффициент K_{bf} , причем вместо значения L_{en} подставляется максимально допустимое значение $BPK_{полн}$ (220 мг/л).

2. По табл. 8.1 определяется гидравлическая нагрузка q_{bf} и высота биофильтра H_{bf} .

3. Рассчитывается среднее значение $BPK_{полн}$ в смеси стоков перед биофильтром

$$L_{mix} = L_{ex} \cdot K_{bfmin}, \text{ мг/л}, \quad (8.5)$$

где K_{bfmin} – наименьшее ближайшее к K_{bf} значение в табл. 8.1.

4. Определяется коэффициент рециркуляции K_{rec} :

$$K_{rec} = (L_{en} - L_{mix}) / (L_{mix} - L_{ex}) \quad (8.6)$$

5. Определяется площадь биофильтров F_{bf} :

$$F_{bf} = Q_w (K_{rec} + 1) / q_{bf}, \text{ м}^2 \quad (8.7)$$

6. Подбираются количество и размеры типовых биофильтров, рассчитывается объем загрузки V_{bf} и количество избыточной биопленки V_{mud} по формулам (8.3) и (8.4).

Вопросы и задания

1. Рассчитать капельный биофильтр. *Исходные данные.* Суточный расход сточных вод $Q_w = 780$ м³/сут; БПК_{полн} поступающей сточной воды $L_{en} = 185$ мг/л; БПК_{полн} очищенной сточной воды $L_{ex} = 15$ мг/л; среднесуточная температура $T_w = 13$ °С; количество БПК_{полн} в сточной воде на одного жителя в сутки $\alpha = 40$ г/(чел·сут).

2. Рассчитать капельный биофильтр. *Исходные данные.* БПК_{полн} поступающей сточной воды $L_{en} = 255$ мг/л, остальные данные из примера

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [3, 4, 5]

Тема 8. Организация складирования твердых отходов

ПРАКТИЧЕСКОЕ ЗАНЯТИЕ 9

Тема занятия: "Расчет полигона для размещения твердых бытовых отходов"

Цель работы: приобретение навыков расчета высоконагружаемого полигона твердых бытовых отходов для условного населенного пункта.

Актуальность темы практического занятия: необходимость формирования у студентов навыков расчета систем обеспечения безопасности

Теоретическая часть

В настоящее время для любого населенного пункта проблема удаления или обезвреживания твердых бытовых отходов (ТБО) является, в первую очередь, проблемой экологической. При этом важно, чтобы процессы утилизации ТБО не нарушали экологическую безопасность города, нормальное функционирование городского хозяйства и не ухудшали условия жизни населения.

Производственная и бытовая деятельность человека неминуемо связана с образованием твердых отходов. Если газообразные и жидкие отходы сравнительно быстро поглощаются природной средой, то ассимиляция твердых отходов длится десятки и сотни лет. Места складирования отходов занимают громадные территории. Ежегодно в Украине складывается до 1,5 млрд. т твердых отходов. Свалки отходов занимают более 150 тыс.га.

Проблема отходов — это проблема больших городов, и чем больше город, тем эта проблема острее.

Отходы - какие-либо вещества, материалы и предметы, которые образуются в процессе человеческой деятельности и не имеют дальнейшего использования по месту их образования или появления, от которых их собственник должен избавиться путем утилизации или уничтожения.

Твердые бытовые отходы (ТБО) — непригодные для дальнейшего использования пищевые продукты и предметы быта, выбрасываемые человеком, не утилизированные, образующиеся в результате амортизации предметов быта и самой жизни людей вещества.

Исторически «муниципальными отходами» называли отходы, захоронением которых занимались городские власти. Однако в настоящее время в развитых странах значительное количество бытовых отходов собирается и перерабатывается не городскими коммунальными службами, а частными предприятиями, которые также имеют дело с промышленными отходами.

Утилизация отходов - это использование отходов как вторичных материальных или энергетических ресурсов. Утилизация — употребление с пользой.

Реутилизация (рецикл) — получение из использованной готовой продукции путем ее переработки новой продукции того же или близкого ей типа (например, бумаги из макулатуры, металла из металлолома и др.). Использование ТБО в качестве исходного продукта для другого производства также является одним из видов реутилизации.

Классификация отходов

Отходы подразделяются на:

- бытовые (коммунальные) — твердые и жидкие отходы, не утилизируемые в быту, образующиеся в результате жизнедеятельности людей и амортизации предметов быта;
- промышленные — остатки сырья, материалов, полуфабрикатов, образовавшиеся при производстве продукции или выполнении работ и утратившие полностью или частично исходные потребительские свойства;
- сельскохозяйственные — отходы, образующиеся в ходе сельскохозяйственного производства;
- строительные — отходы, образующиеся в процессе строительства зданий, сооружений (в том числе дорог и других коммуникаций) и производстве строительных материалов;
- потребления — изделия и машины, утратившие свои потребительские свойства в результате физического или морального износа;
- радиоактивные — неиспользуемые радиоактивные вещества и материалы, образующиеся при работе ядерных реакторов, при производстве и применении радиоактивных изотопов.

Отходы промышленного и сельскохозяйственного производства называются также производственными отходами. Они могут быть токсичными и нетоксичными.

Токсичные — отходы, способные вызывать отравление или иное поражение живых существ.

Условия размещения полигонов ТБО. Полигоны ТБО размещают при выполнении следующих условий.

На землях несельскохозяйственного назначения, непригодных для сельского хозяйства, ухудшенного качества, не занятых зелеными насаждениями.

На участках, где есть возможность осуществления мероприятий и внедрения инженерных решений, исключающих загрязнение окружающей природной среды, развитие опасных геологических процессов или других негативных процессов и явлений.

На участках, прилегающих к городским территориям, если они не включены в жилую застройку в соответствии с генеральным планом развития города на ближайшие 25 лет, а также под перспективную застройку.

На участках, характеризующихся природной защищенностью подземных вод от загрязнения.

За границами зон возможного влияния на водозаборы, поверхностные воды, заповедники, курорты и т.д.

С учетом розы ветров относительно жилой застройки, зон отдыха и других мест массового пребывания населения, за границами санитарно-защитной зоны.

За границами городов. Полигоны ТБО располагают на расстоянии, не менее:

- 15 км от аэропортов;
- 3 км от границы курортного города, открытых водоемов хозяйственного назначения, объектов, используемых в культурно-оздоровительных целях, заповедников, мест отдыха перелетных птиц, морского побережья;
- 1 км от границы городов;
- 0,5 км от жилой и общественной застройки (санитарнозащитная

зона);

- 0,2 км от сельскохозяйственных угодий и от автомобильных и железнодорожных путей общей сети;

- 0,05 км от границы леса и лесопосадок, не предназначенных для использования в рекреационных целях.

Грунтовые воды на участке размещения полигонов ТБО должны находиться на глубине не менее 2 м от его основания.

Полигоны ТБО в зависимости от особенностей расположения в рельефе делятся на:

- равнинные (расположенные на относительно ровной поверхности с уклоном рельефа до 5 %);

- склоновые (расположенные на склонах рельефа с уклоном местности более 5 %);

- водораздельные (расположенные на водораздельных пространствах);

- овражно-балочные (расположенные в природных понижениях рельефа, балках и оврагах);

- котлованные или карьерные (расположенные в искусственных выемках или карьерах после добычи строительных материалов или полезных ископаемых);

- горные (расположенные в горной местности);

- смешанные (например, карьерно-склоновые и др.).

Рекомендуемая площадь участка складирования ТБО при сроке эксплуатации 15 лет представлена в таблице 9.1.

При проектировании высотных полигонов ТБО наиболее экономичными являются земельные участки, близкие по форме к квадрату, и предполагающие максимальную высоту складирования ТБО. Заложение откосов высотного полигона определяется расчетами надежности в зависимости от физико-механических характеристик ТБО и грунтов карьеров, из которых будут отсыпаться ограждающие сооружения. По

контуру подошвы склонов высотного полигона ТБО следует предусмотреть лотки для сбора и отвода фильтрата.

Таблица 9.1- Рекомендуемая площадь участка складирования ТБО, га

Средняя численность обслуживаемого населения, тыс.чел.	Средняя высота складирования ТБО, м					
	12	20	25	35	45	60
50	6,5	5,5	—	—	—	—
100	12,5	8,5	7,5	—	—	—
250	31,0	21,0	16,0	13,5	—	—
500	61,0	41,0	31,0	23,0	20,0	—
750	91,0	61,0	46,0	34,0	26,0	—
1000	121,0	81,0	61,0	45,0	35,0	32,0

Схематически разрез высотного полигона ТБО представлен на рисунке 9.1.

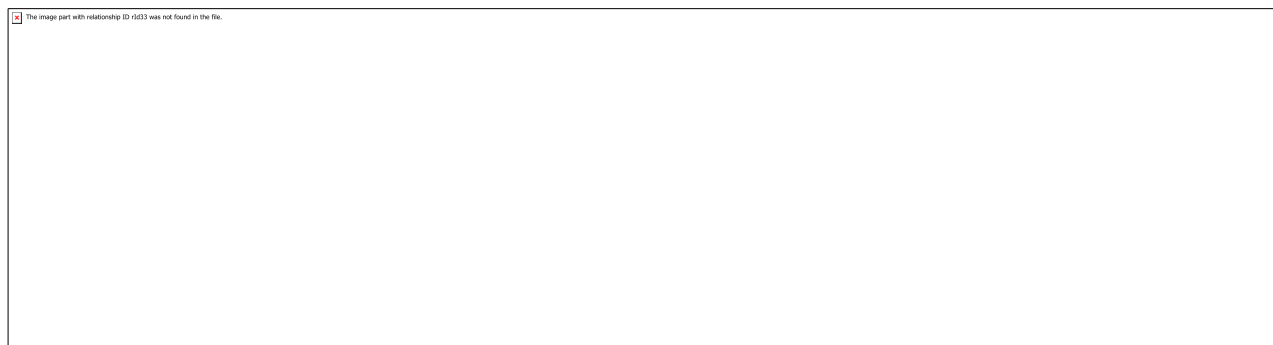


Рисунок 9.1 - Схема высотного полигона ТБО

1 - лесная полоса; 2 - боковой внешний изолирующий слой; 3 - промежуточный изолирующий слой; 4 - ТБО, укладываемые на рабочей карте; 5 - временная тупиковая дорога; 6 - временный проезд с твердым покрытием; 7 - твердые бытовые отходы; 8 - естественное или искусственное водонепроницаемое основание; 9 - насыщенные фильтратом отходы; УФ - уровень фильтрата, УГВ - уровень грунтовых вод; 10 - лоток для сбора и отвода фильтрата дождевых и талых вод со склонов; 11 - обваловка фильтратосборного лотка; 12 - нагорная канава для сбора и отвода незагрязненного поверхностного стока (дождевых и талых вод).

Фильтрат - жидкая фаза, образующаяся на полигоне при захоронении ТБО влажностью более 55% и вследствие атмосферных осадков, объем

которых превышает количество влаги, испаряющейся с поверхности полигона.

Дно и откосы котлована должны иметь противofильтрационные экраны из природных материалов с коэффициентом фильтрации воды не более 10^{-9} м/с и толщиной не менее 1,0 м.

Если противofильтрационный экран из минерального грунта не отвечает требованиям, применяется искусственный противofильтрационный экран, имеющий коэффициент фильтрации воды не более 10^{-9} м/с, срок службы более 75 лет, стойкий к возможным нагрузкам, ультрафиолетовому излучению и повреждению грызунами. Для защиты искусственной гидроизоляции от механических повреждений на ее поверхность насыпают слой мелкого песка, измельченного суглинка или мелкозернистых промышленных отходов (IV класса опасности) с размером зерна не более 0,5 мм, мощностью не менее 0,5 м. Материал искусственной гидроизоляции должен быть химически стойким к длительному воздействию фильтрата.

Рекомендуемые нормы накопления ТБО представлены в таблице 9.2.

Таблица 9.2 - Рекомендованные нормы накопления ТБО

Тип жилья	Нормы накопления ТБО, м /чел. в год	Плотность, кг/м ³
Полностью благоустроенное многоэтажное здание	1,09 - 1,12	235 - 245
Неблагоустроенное одноэтажное здание с приусадебным участком	1,41	410

Расчет полигона твердых бытовых отходов проводится по следующим этапам.

1. Определение общей вместимости полигона ТБО

Для этого необходимы следующие данные:

- 1) расчётный срок эксплуатации полигона T , лет;
- 2) удельная норма образования отходов на одного человека в год W_1 , м³/чел.год; в среднем $W_1 = 1,2$ м³/чел.год.

3) скорость ежегодного прироста удельной нормы U , %; принимаем $U=1,8\%$;

4) численность населения города на момент проектирования полигона N_1 , чел;

5) прогнозируемая численность населения города через T лет - N_2 , чел.;

6) ориентировочная высота «холма» ТБО на полигоне, согласованная с архитектурно-планировочным управлением города, H_{II}^{OP} , м;

1.1 Определение удельной нормы образования W_2 отходов через T лет, $m^3/чел.год$

$$W_2 = W_1 \cdot \left(1 + \frac{U}{100}\right)^T$$

1.2 Расчет общей вместимости полигона E_T , m^3

где N_1 - численность населения города на момент проектирования полигона, чел;

N_2 - численность населения на момент ввода полигона в эксплуатацию и спустя время T , чел.;

K_1 - коэффициент уплотнения ТБО за весь период T ;

K_2 - объем изолирующих слоев грунта;

T - период эксплуатации полигона до его закрытия, лет;

Коэффициенты K_1 и K_2 определяются по таблице 9.3 и 9.4 в зависимости от ориентировочной высоты «холма» полигона ТБО H_{II}^{OP} , м.

Таблица 9.3 - Значения коэффициента K_1

Масса бульдозера, т	Ориентировочная высота «холма» полигона ТБО H_{II}^{OP} , м	K_1
14	10	3,7
14	10.30	4,0
20...25	более 30	4,5

Таблица 9.4- Значения коэффициента K_2

H_{II}^{OP} , м	< 5,0	5-7	7,1-9,0	12	15	39	50
-------------------	-------	-----	---------	----	----	----	----

K_2	1,37	1,27	1,25	1,24	1,2	1,18	1,16
-------	------	------	------	------	-----	------	------

2. Определение площади полигона

Основание полигона принимаем в виде прямоугольника, а форму «холма» отходов - в виде усеченной пирамиды.

2.1 Из объема пирамиды ($V = S \cdot H/3$) определяют ее основание (площадь участка складирования ТБО) S_{yc} , м²

$$S_{yc} = \frac{3 \cdot V}{H} = \frac{3 \cdot E_T}{H_{op}}$$

$$E_T = \frac{W_1 + W_2}{2} \cdot \frac{N_1 + N_2}{2} \cdot \frac{K_2}{K_1} \cdot T$$

2.2 Вокруг участка складирования отходов должны быть свободная площадь для движения и работы транспорта, механизмов, обслуживающего персонала и подъездных дорог. Поэтому необходимая под полигон площадь S_n (м²) должна быть больше участка складирования S_{yc} для размещения вспомогательной зоны S_{Bcn} (принимаем $S_{Bcn} = 0,6$ га) и проездных дорог (коэффициент 1,1)

$$S_{II} = 1,1 \cdot S_{yc} + S_{Bcn}$$

3. Уточнение высоты «холма» ТБО и расчёт параметров котлована

Практика показывает, что грунт для изолирующих промежуточных слоев, а в будущем для рекультивационного (верхнего) слоя при закрытии свалки экономически целесообразно заготавливать из котлована под основание участка складирования ТБО.

3.1 Холм полигона имеет вид усеченной пирамиды. Объем усеченной пирамиды V , м³ («холма» ТБО) можно определить по формуле:

$$V = \frac{1}{3} \cdot (S_H + S_B + \sqrt{S_H \cdot S_B}) \cdot H$$

где S_H , S_B - площадь нижнего и верхнего основания пирамиды, м²; H - высота пирамиды, м.

Таким образом, общая вместимость полигона E_{II} , м³

$$E_{II} = \frac{1}{3} \cdot (S_{II} + S_B + \sqrt{S_{II} \cdot S_B}) \cdot H_{II}^{OP}$$

Отсюда, уточняем высоту полигона H_{II} , м

$$H_{II} = \frac{3 \cdot E_{II}}{S_{YC} + S_B + \sqrt{S_{YC} \cdot S_B}}$$

Площадь верхнего основания холма полигона представляет форму квадрата. Принимаем $S_B = 40 \times 40 \text{ м}^2$.

3.2 Определяем требуемый объем грунта V_r , м^3

$$V_r = E_{II} \cdot \left(1 - \frac{1}{K_2}\right)$$

3.3 Глубина котлована $H_K(\text{м})$ с учетом откосов (коэффициент 1,1) равна:

$$H_K = 1,1 \cdot \frac{V_r}{S_{YC}}$$

3.4 Оценивают верхнюю отметку полигона ТБО H_{BO} , м

$$H_{BO} = H_{II} - H_K + 1$$

Высоту наружного изолирующего слоя грунта принимают равным 1 м

Вопросы и задания

Используя данные индивидуального задания предложенного преподавателем и методику расчета необходимо:

- определить общую вместимость полигона ТБО;
- рассчитать площадь полигона;
- произвести уточнение высоты «холма» ТБО и расчет параметров котлована;
- по результатам расчетов заполнить таблицу 9.6;
- сделать выводы по работе.

Исходные данные для индивидуального расчета приведены в таблица

Таблица 5 - Исходные данные для расчета

№ вар	T, лет	N_1 , тыс. чел	N_2 , тыс. чел	H_{II}^{OP} м
1	20	350	500	20
2	20	1300	2000	40
3	25	280	450	25
4	18	630	1000	30
5	22	410	800	30
6	25	250	520	20
7	20	1100	1800	35
8	18	800	1100	30
9	19	425	630	30
10	22	370	530	30

Таблица 9.5 - Форма представления отчета

№	E_T , м ³	S_{yc} , м ²	S_{II} , м ²	H_{II} , м	V_T , м ³	H_{BO} , м

Список литературы, рекомендуемой к использованию по данной теме: [3, 9, 12, 14]

Список используемой литературы

Основная литература:

1. Тихонова, И. О. Экологический мониторинг атмосферы : учеб.пособие для вузов / И.О. Тихонова, В.В. Тарасов, Н.Е. Кручинина. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва : ФОРУМ : ИНФРА-М, 2014. – 131 с. : ил. ; 21. – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 129. – ISBN 978-5-91134-667-6. – ISBN 978-5-16-006032-3
2. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды: (техносферная безопасность): учебник для академического бакалавриата / С. В. Белов. – 5-е изд., перераб. и доп. – Москва: Юрайт, 2016. – 702 с. 21. – (Бакалавр.Академический курс). – Гриф: Доп. УМО. – Библиогр.: с. 702. – ISBN 978-5-9916-3058-0. – ISBN 978-5-9692-1483-5
3. Севрюкова, Е. А. Надзор и контроль в сфере безопасности : учебник / Е. А. Севрюкова ; под ред. В. И. Каракеяна. – М. :Юрайт, 2015. – 397 с. : ил. – (Бакалавр.Базовый курс). – Гриф: Доп. УМО. – ISBN 978-5-9916-3441-0
4. Экология города : учеб.пособие / В. В. Денисов, Е. С. Кулакова, В. В. Гутенёв [и др.] ; под ред. В. В. Денисова. – М. ; Ростов н/Д : Феникс, 2015. – 568 с. : ил. – (Высшее образование). – Библиогр.: с. 563-565. – ISBN 978-5-222-22948-4

Дополнительная литература:

5. Ветошкин А.Г., Таранцева К.Р. Технология защиты окружающей среды(теоретические основы). Учебное пособие. /Под ред. доктора технических наук, профессора, академика МАНЭБ и АТП РФ А.Г.Ветошкина – Пенза: изд-во Пенз. технол. ин-та, 2004.
6. ГОСТ Р 17.0.0.06-2000. Охрана природы. Экологический паспорт природопользователя. Основные положения. Типовые формы. (утв.

Постановлением Госстандарта РФ от 11.09.2000 N 218-ст. - М. : ИПК Издательство стандартов, 2001.

7. ГОСТ 17.0.0.01-76. Система стандартов в области охраны природы и улучшения использования природных ресурсов. Основные положения. - М.: ИПК Издательство стандартов, 2001.

8. ГОСТ 17.1.3.13-86. Охрана природы. Гидросфера. Общие требования к охране поверхностных вод от загрязнения. – М. : Изд-во стандартов 2009-08-01.

9. Инструкция по проектированию, эксплуатации и рекультивации полигонов для твердых бытовых отходов ; утв. Министерством строительства Российской Федерации 2 ноября 1996 г. - М.: ИПК Издательство стандартов, 01.01.1997.

10. Калыгин В.Г. Промышленная экология: учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений / В.Г. Калыгин. – 4-е изд. перераб. – М.: Издательский центр «Академия», 2010. – 432 с. ISBN 978-5-7695-5189-5.

11. ОНД – 86. Методика расчета концентраций в атмосферном воздухе вредных веществ, содержащихся в выбросах предприятий [Текст]. Введ. 4 – 08 – 1986. – М. : Изд-во стандартов, 1986.

12. Санитарная защита городов и охрана окружающей среды»: учебное пособие / сост. О. Е. Фалова. – Ульяновск: УлГТУ, 2009. – 95 с.

13. СанПиН 2.2.1/2.1.1.1200-03. Санитарно-защитные зоны и санитарная классификация предприятий, сооружений и иных объектов. Новая редакция. Утв. Главным государственным санитарным врачом РФ (25.09.2007) : - М. : Российская газета № 28, 2008.

14. СП 2.1.7.1038-01 «Гигиенические требования к устройству и содержанию полигонов для твердых бытовых отходов» . утв. Главный государственный санитарный врач РФ (30.05.2001) . – М. : Информационно-издательский центр Минздрава России № 2001.

15. Федеральный закон от 23.11.1995 N 174-ФЗ "Об экологической экспертизе" (ред. от 29.12.2015) / опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 29.12.2015.

16. Федеральный закон от 10.01.2002 N 7-ФЗ "Об охране окружающей среды" (ред. от 29.07.2017) / опубликован на Официальном интернет-портале правовой информации <http://www.pravo.gov.ru> - 31.07.2017).

Перечень ресурсов информационно-телекоммуникационной сети «Интернет»:

17. <http://www.mnr.gov.ru> – Официальный сайт Министерства природных ресурсов и экологии РФ

18. <http://www.rpn.gov.ru> – Официальный сайт Росприроднадзора РФ

19. <http://www.rosnedra.gov.ru> – Официальный сайт Федерального агентства по недропользованию РФ

20. <http://www.voda.mnr.gov.ru> – Официальный сайт Федерального агентства водных ресурсов

Приложения

Приложение А

Таблица А.1 – ПДК загрязняющих веществ в атмосферном воздухе населенных пунктов

Вариант	Наименование вещества	ПДК, мг/м ³		Класс опасности
		максимальная разовая (ПДК _{мр})	среднесуточная (ПДК _{сс})	
1	2	3	4	5
1	Азот (IV) оксид (азота диоксид)	0,20*	0,04	2
2	Аммиак	0,2	0,04	4
3	Сера диоксид (ангидрид сернистый)	0,5	0,05	3
4	Бенз(а)пирен	-	0,000001	1
5	Бензол	0,3	0,1	2
6	Ванадия пятиокись	-	0,002	1
7	Водород хлористый (соляная кислота) (по молекуле HCl)	0,2	0,1	2
8	Азотная кислота (по молекуле HNO ₃)	0,4	0,15	2
9	Серная кислота (по молекуле H ₂ SO ₄)	0,3	0,1	2
10	Марганец и его соединения (в пересчете на марганца (IV) оксид)	0,01	0,001	2
11	Углерод черный (Сажа)	0,15	0,05	3
12	Свинец и его неорганические соединения (в пересчете на свинец)	0,001	0,0003	1
12	Сероводород	0,008	-	2
14	Хром (VI) (хром шестивалентный) (в пересчете на трехокись хрома)	-	0,0015	1
15	Углерода оксид	5	3	4
16	Водород фтористый	0,04	0,005	2
17	Масляный туман	-	0,5	3
18	Эмульсол	-	0,5	
19	Щелочь	-	0,01	2
20	Уайт-спирит	-	0,1	2
21	Углеводороды (бензин)	5	1,5	4
22	Сажа (для котельной на мазуте)	0,15	0,05	
23	Оксид марганца	0,01	0,001	2
24	Зола (для котельной на угле)	0,5	0,05	3
25	Пыль неорганическая (цементная и пр.)	0,3	0,1	3

Приложение Б

Таблица Б.1 - Предельно допустимые концентрации(ПДК)химических веществ в воде водных объектов хозяйственно-питьевого и культурно-бытового водопользования

№ п/п	Наименование вещества	Величина на ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Алюминий	0,2	органолептический	3
2	Азот аммонийный (по N)	1,5	органолептический	4
3	Барий	0,7	санитарно-токсикологический	2
4	Ванадий	0,1	санитарно-токсикологический	3
5	Железо ^{Fe+3}	0,3	органолептический	3
6	Кадмий	0,001	санитарно-токсикологический	2
7	Натрий силикат (по SiO ₃)	30	санитарно-токсикологический	2
8	Кобальт	0,1	санитарно-токсикологический	2
9	Магний	50	органолептический	3
10	Марганец ²⁺	0,1	органолептический	3
11	Медь	1,0	органолептический	3
12	Натрий	200	санитарно-токсикологический	2
13	Молибден	0,25	санитарно-токсикологический	2
14	Мышьяк	0,01	санитарно-токсикологический	1
15	Нефть и нефтепродукты	0,3	органолептический	4
16	Никель	0,02	санитарно-токсикологический	2
17	Нитраты (по NO ₃)	45	санитарно-токсикологический	3
	-"- (по N)	10,2	санитарно-токсикологический	3
18	Нитриты (по NO ₂)	3,0	санитарно-токсикологический	2
	-"- (по N)	1,0	санитарно-токсикологический	2
19	Сульфаты	500	органолептический	4
20	Ртуть	0,0005	санитарно-токсикологический	1
21	Свинец	0,01	санитарно-токсикологический	2
22	СПАВ(анионные)	0,5	органолептический	4
23	Сульфиды (натрия)	0,003	органолептический	4
24	Титан	0,1	общесанитарный	3
25	Фенол	0,001	органолептический	4
26	Формальдегид	0,05	санитарно-токсикологический	2
27	Фосфаты ^{xx)}	3,5	общесанитарный	3
28	Фториды (анион)	1,5	санитарно-токсикологический	2
29	Хлориды	350	органолептический	4
30	Хром ⁺³	0,5	санитарно-токсикологический	3
31	Хром ⁺⁶	0,05	санитарно-токсикологический	3
32	Цианиды (анион)	0,035	санитарно-токсикологический	2
33	Цинк	1,0	санитарно-токсикологический	3

Таблица Б.2 - Питьевая вода. Гигиенические требования к качеству воды централизованных систем питьевого водоснабжения по содержанию вредных химических веществ наиболее часто встречающихся в природных водах

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Алюминий	0,5	санитарно-токсикологический	2
2	Азот аммонийный (по N)	1,5	санитарно-токсикологический	3
3	Барий	0,1	санитарно-токсикологический	2
4	Ванадий	0,1	санитарно-токсикологический	3
5	Железо ^{Fe+3}	0,3	органолептический	3
6	Кадмий	0,001	санитарно-токсикологический	2
7	Натрий силикат (по Si)	10	санитарно-токсикологический	2
8	Кобальт	0,1	санитарно-токсикологический	2
10	Марганец ²⁺	0,1	органолептический	3
11	Медь	1,0	органолептический	3
12	Натрий	200	санитарно-токсикологический	2
13	Молибден	0,25	санитарно-токсикологический	2
14	Мышьяк	0,05	санитарно-токсикологический	2
15	<i>Нефть и нефтепродукты</i>	<i>0,1</i>	<i>органолептический</i>	
16	Никель	0,02	санитарно-токсикологический	3
17	Нитраты (по NO ₃)	45	санитарно-токсикологический	3
	-"- (по N)	10,2	санитарно-токсикологический	3
18	Нитриты (по NO ₂)	3,0	санитарно-токсикологический	2
	-"- (по N)	1,0	санитарно-токсикологический	2
19	Сульфаты	500	органолептический	4
20	Ртуть	0,0005	санитарно-токсикологический	1
21	Свинец	0,03	санитарно-токсикологический	2
22	СПАВ(анионные)	0,5	органолептический	4
23	Сульфиды (натрия)	0,003	органолептический	4
24	Титан	0,1	общесанитарный	3
25	Фенол	0,001	органолептический	4
26	Формальдегид	0,05	санитарно-токсикологический	2
27	Фосфаты ^{xx)}	3,5	общесанитарный	4
28	Фториды (анион)	1,5	санитарно-токсикологический	2
29	Хлориды	350	органолептический	4
30	Хром ⁺³	0,5	санитарно-токсикологический	3
31	Хром ⁺⁶	0,05	санитарно-токсикологический	3
32	Цианиды (анион)	0,035	санитарно-токсикологический	2
33	Цинк	5,0	санитарно-токсикологический	3

Таблица Б.3 - Предельно допустимые концентрации (ПДК) химических веществ в воде водных объектов рыбохозяйственного водопользования

№ п/п	Наименование вещества	Величина ПДК, мг/л	Лимитирующий показатель вредности	Класс опасности
1	Алюминий	0,04	токсикологический	4
2	Аммоний ион	0,5	токсикологический	4
3	Барий	0,74	санитарно-токсикологический	4
4	Ванадий	0,01	токсикологический	3
5	Железо ^{Fe+3}	0,1	токсикологический	4
6	Кадмий	0,005	токсикологический	2
7	Калий	50	санитарно-токсикологический	4э
8	Кальций	180	санитарно-токсикологический	4э
9	Калий силикат (по SiO ₃)	1,0	санитарно-токсикологический	3
10	Кобальт	0,01	санитарно-токсикологический	3
11	Магний	40	санитарно-токсикологический	4
12	Марганец ²⁺	0,01	токсикологический	4
13	Медь	0,001	токсикологический	3
14	Молибден	0,001	токсикологический	2
15	Мышьяк	0,05	токсикологический	3
16	Нефть и нефтепродукты	0,05	рыбохозяйственный	3
17	Никель	0,01	токсикологический	3
18	Нитраты (по NO ₃)	40	санитарно-токсикологический	-
	-"- (по N)	9,1	санитарно-токсикологический	-
19	Нитриты (по NO ₂)	0,08	токсикологический	-
	-"- (по N)	0,02	токсикологический	-
20	Сульфаты	100	санитарно-токсикологический	4
21	Ртуть	0,00001	токсикологический	1
22	Свинец	0,006	токсикологический	2
23	СПАВ(анионные)	0,5	токсикологический	4
24	Сульфиды по S ⁻²	0,005	токсикологический	3
25	Титан	0,06	токсикологический	4
26	Фенол	0,001	рыбохозяйственный	3
27	Формальдегид	0,1	токсикологический	4
28	Фосфаты ^{xx)}	0,2	санитарный	4э
29	Фториды (анион)	0,05	токсикологический	3
30	Хлориды	300	санитарно-токсикологический	4э
31	Хром ⁺³	0,07	токсикологический	3
32	Хром ⁺⁶	0,02	токсикологический	3
33	Цианиды (анион)	0,05	токсикологический	3
34	Цинк	0,01	токсикологический	3

Таблица Б.4 - Укрупненные нормы водопотребления предприятий химической промышленности

Предприятие	Единица измерения	Среднегодовой расход воды на единицу измерения м		Режим работы, час/сутки
		технической	питьевой	
Производство полиэтилена высокой плотности	м	39,5	3,9	16
Производство ионообменных смол: катионита КУ2-8 анионита АВ-18	1 т	30	7	16
		108,5	35,5	16
Производство карбамида	1 т	9,78	0,42	8
Производство капролактама	1т	170,2	3,33	24
Производство аммиачной селитры	1 т	0,57	0,18	8
Производство аммиака	1 т	14,33	0,35	8

Таблица Б.5 - Укрупненные нормы водоотведения предприятий химической промышленности

Предприятие	Единица измерения	Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод м на единицу измерения	Режим работы, час/сутки
Производство полиэтилена высокой плотности	м	23,3	16
Производство ионообменных смол: катионита КУ2-8 анионита АВ-18	1 т	14	16
		106	16
Производство карбамида	1 т	15,6	8
Производство капролактама	1т	99,4	24
Производство аммиачной селитры	1 т	0,64	8
Производство аммиака	1 т	8,12	8

Таблица Б.6 - Укрупненные нормы водопотребления предприятий электротехнической промышленности

Предприятие	Единица измерения	Среднегодовой расход воды на единицу измерения м		Режим работы, час/сутки
		технической	питьевой	
Завод по производству низковольтной аппаратуры	1000 руб.	6,0	4,45	16
Завод конденсаторного оборудования	1000 руб.	45,94	4,7	16
Завод светотехнического оборудования	1000 руб.	8,88	9,08	8
Завод напольного электротранспорта	1000 руб.	7,93	9,96	8
Завод электроизоляционных материалов	1 т	4	39	16

Таблица Б.7 - Укрупненные нормы водоотведения предприятий электротехнической промышленности

Предприятие	Единица измерения	Среднегодовое количество выпускаемых в водоемы сточных вод м на единицу измерения	Режим работы, час/сутки
Завод по производству низковольтной аппаратуры	1000 руб.	9,77	16
Завод конденсаторного оборудования	1000 руб.	15,77	16
Завод светотехнического оборудования	1000 руб.	12,45	8
Завод напольного электротранспорта	1000 руб.	14,24	8
Завод электроизоляционных материалов	1 т	27,0	16
Завод по производству кабеля	км	21,8	16

Таблица Б.8 - Усредненные характеристики качества бытового стока, отводимого абонентами жилищного фонда населенных пунктов

№ п/п	Перечень загрязняющих веществ	Усредненная характеристика хозяйственно-бытовых сточных вод (концентрация, мг/л)
1	Взвешенные вещества	110
2	БПК полн.	180
3	ХПК	250
4	Жиры	40
5	Азот аммонийный	18
6	Хлориды	45
7	Сульфаты	40
8	Сухой остаток	300
9	Нефтепродукты	1,0
10	СПАВ (анионные)	2,5
11	Фенолы	0,005
12	Железо общее	2,2
13	Медь	0,02
14	Никель	0,005
15	Цинк	0,1
16	Хром (+3)	0,003
17	Хром (+6)	0,0003
18	Свинец	0,004
19	Кадмий	0,0002
21	Алюминий	0,5
22	Марганец	0,1
23	Фториды	0,08
24	Фосфор фосфатов	2,0

Таблица Б.9 - Состав сточных вод предприятий химической промышленности

Состав сточных вод	Концентрация по производствам, мг/л						
	полиэтилена	Ку2-8	АВ-17	карбамида	капролактама	аммиачной селитры	аммиака
Взвешенные вещества	180	30	30	80	38	50	50
БПК полн.	400	500	500	300	50	10	30
Хлориды	800	10	13000	200	400	300	300
Сульфаты	100	20	20	400	500	200	1000
Азот аммонийный	-	-	-	100	50	30	50
Азот нитритный	-	-	-	1,0	1,0	-	-
Азот нитратный	-	2	-	1,1	50	50	5
Нефтепродукты	10	5	5	10	15	10	15
Изопропанол	300	-	-	-	-	-	-
Алюминий	1	-	-	-	-	-	-
Дихлорэтан	-	10	-	-	-	-	-
Метанол	-	-	400	-	-	-	-
Амины	-	-	200	-	-	-	-

Таблица Б.10 - Состав сточных вод предприятий электротехнической промышленности

Состав сточных вод	Концентрация по производствам, мг/л					
	низковольтной аппаратуры	конденсаторного оборудования	светотехнического оборудования	напольного транспорта	электроизоляционных материалов	кабеля
Взвешенные вещества	300	100	600	800	100	400
БПК полн.	100	50	70	70	150	150
Хлориды	100	100	100	100	200	70
Сульфаты	40	100	100	100	100	200
Хром	20	54,6	6,4	3,6	-	1,0
Никель	9,0	30	1,5	0,4	-	-
Медь	3,5	91	3,0	2	-	60
Железо	5,5	3,8	-	12	-	1
Кадмий	-	7,5	1,2	2,1	-	-
Цинк	22	-	1,4	1,1	-	1,5
Нефтепродукты	150	100	200	190	200	300
Свинец	-	-	-	-	-	3

Таблица Б.11 - Перечень загрязняющих веществ, удаляемых из сточных вод на сооружениях биологической очистки

№ п/п	Вещество	Максимальные. концентрации . для биолог. Очистки, мг/л	Эффективность удаления, %
1	Алюминий	5	50
2	Аммонийный азот(ион) ^{xx)}	45	30
3	Барий	10	40
4	Ванадий	2,0	65
5	Железо ^{Fe+3}	5	65
	Жиры (растит. и животн.)	50	60
7	Кадмий	0,1	50
8	Кобальт	1,0	40
9	Марганец ²⁺	30	-
10	Медь	0,5	65
11	Мышьяк	0,1	40
12	Нефть и нефтепродукты в раств. и эмульгир. виде	15	70
13	Никель	0,5	40
14	Нитраты (по NO ₃)	-	-
15	-"- (по N)	-	-
1	Нитриты (по NO ₂)	-	-
17	-"- (по N)	-	-
18	Ртуть	0,005	50
19	Свинец	0,1	40
20	СПАВ (анионные)	20	65
21	Сульфиды (натрия)	1	50
22	Фенол	15	80
23	Формальдегид	100	65
24	Фосфаты ^{xx)}	20	30
25	Фториды (анион)	-	15
2	Хром ⁺³	2,5	65
27	Хром ⁺⁶	0,1	50
28	Цианиды (анион)	1,5	60
29	Цинк	1,0	60

Таблица Б.12 - Эффективность очистки сточных вод, по применяемым в практике очистки городских сточных вод улучшенным технологиям

Показатели состава сточных вод	Эффект при использовании биологических методов очистки			Эффект на стадии доочистки при использовании			Эффект при использовании и биопрудов
	ПБО*	ПБО с АСО	ПБО с АНД	ФЗО	ФЭР	АУ	
Взвешенные вещества	95	96	96	50	60	85	
БПК полн.	94	95	95,5	50	65	80	
Азот аммонийный	50	50	80	10	15		
Азот нитратный	приращение на величину окисленного азота		-	0	0	0	
Хлориды	0	0	0	0	0	20	
Сульфаты	0	0	0	0	0	20	
Нефтепродукты	70	90	92	30	15	98	
СПАВ (анионные)	65	80	80	10	15	98	
Фенолы	80	82	85	0	0	98	
Железо общее	65	80	80	0	50	98.5	
Медь	65	80	80	0	10	98	
Никель	40	60	60	0	10	98	
Цинк	60	70	70	0	10	98	
Хром (+3)	65	80	80	0	10	98	
Хром (+6)	50	70	70	0	10	99	
Свинец	40	50	50	0	10	98	
Кадмий	50	65	65	0	10	98	
Алюминий	50	65	65	0	10	98	
Марганец	65	80	80	0	10	98	
Фториды	15	20	20	0	0	0	
Фосфор фосфатов	50	80	92	0	90	98	

Таблица Б.13 - Показатели эффективности механической очистки производственных сточных вод

Показатели состава сточных вод	C ₀ , мг/л	Варианты технологических схем			
		401		402	
		C _к , мг/л	Э	C _к , мг/л	Э
Взвешенные вещества	320	40	0,88	130	0,60
БПК ₅	100	100	0	100	0
Нефтепродукты	300	25	0,9	60	0,8
СПАВ	15	3,0	0,8	15	0
Хлориды	300	300	0	300	0
Сульфаты	100	100	0	100	0
Цинк	15	15	0	15	0
Хром	12	12	0	12	0
Никель	18	18	0	18	0
Медь	16	16	0	16	0
Железо	22	22	0	22	0
Фенол	2,0	2,0	0	2,0	0
Формальдегид	5,0	2,0	0	2,0	0

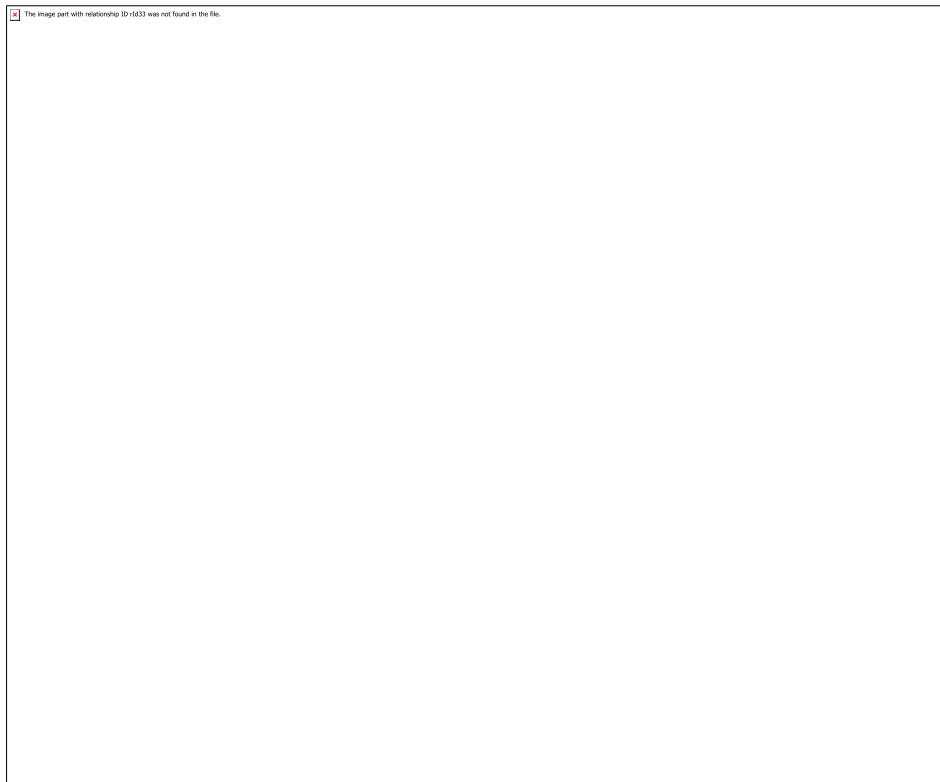
Таблица Б.14 - Показатели эффективности физико-химической очистки производственных сточных вод

Показатели Составы Сточных вод	C ₀	Варианты технологических схем					
		501		502		503	
		C _к	Э	C _к	Э	C _к	Э
Взвешенные вещества	320	15	0,95	15	0,95	6	0,98
БПК ₅	100	22,5	0,75	18	0,8	10	0,9
Нефтепродукты	300	2,5	0,99	2,5	0,99	1,5	0,995
СПАВ	15	2,2	0,85	1,8	0,88	0,9	0,96
Хлориды	300	300	0	300	0	300	0
Сульфаты	100	100	0	100	0	100	0
Цинк	15	1,5	0,9	1,5	0,9	0,6	0,96
Хром	12	1,2	0,9	1,2	0,9	0,3	0,975
Никель	18	1,8	0,9	1,8	0,9	0,9	0,95
Медь	16	1,6	0,9	1,6	0,9	0,6	0,96
Железо	22	0,5	0,977	0,5	0,977	0,1	0,995
Алюминий	-	0,5	-	0,5	-	0,25	0,50
Фенол	2,0	0,9	0,55	0,9	0,55	0,45	0,77
Формальдегид	5,0	1,25	0,75	1,25	0,75	0,6	0,88

Таблица Б.15 - Показатели эффективности сорбционной
очистки производственных сточных вод

Показатели состава сточных вод	C ₀	Варианты технологических схем			
		601		602	
		C _к	Э	C _к	Э
Взвешенные вещества	320	2	0,994	1,5	0,995
БПК ₅	100	6	0,94	3	0,97
Нефтепродукты	300	0,8	0,997	0,05	0,999
СПАВ	15	0,7	0,95	0,5	0,97
Хлориды	300	240	0,2	240	0,2
Сульфаты	100	80	0,2	80	0,2
Цинк	15	0,05	0,997	0,03	0,998
Хром	12	0,01	0,998	0,007	0,998
Никель	18	0,05	0,997	0,03	0,998
Медь	16	0,001	0,999	0,001	0,999
Железо	22	0,01	0,999	0,01	0,999
Алюминий	0,5	0,05	0,9	0,05	0,9
Фенол	2,0	0,2	0,9	0,001	0,99
Формальдегид	5,0	0,3	0,94	0,01	0,99

Повторное использование



Условные обозначения



Рисунок Б.1-. Варианты технологических схем
очистки производственных сточных вод

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ И ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ РОССИЙСКОЙ
ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«СЕВЕРО-КАВКАЗСКИЙ ФЕДЕРАЛЬНЫЙ УНИВЕРСИТЕТ»

Методические указания
по организации самостоятельной работы обучающихся
по дисциплине **«СИСТЕМЫ ЗАЩИТЫ СРЕДЫ ОБИТАНИЯ»**
для студентов
направления подготовки 20.03.01 Техносферная безопасность
форма обучения: заочная

Оглавление

Введение	93
Общая характеристика самостоятельной работы студента	94
План-график выполнения самостоятельной работы	94
Контрольные точки и виды отчетности по ним	95
Текущий контроль. Рейтинговая оценка знаний студента	95
Подготовка к собеседованию	96
Подготовка реферата	106
Подготовка к экзамену	111
Литература	116

Введение

При изучении дисциплины «Системы защиты среды обитания» учебным планом предусмотрены аудиторные занятия (лекции и практические), а также самостоятельная работа студентов (СРС).

Основными формами работы и контроля СРС в данном курсе являются:

- самостоятельное изучение основного и дополнительного материала по темам, представленным в рабочей программе дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта, проверяется с помощью собеседования или тестирования. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста;
- выполнение контрольной работы – письменное краткое изложение статьи, книги или нескольких научных работ, научного труда, литературы по общей тематике; подразумевает раскрытие сущности исследуемой проблемы, включающее обращение к различным точкам зрения на вопрос, а также изложение собственных взглядов на него;
- подготовка к экзамену.

В методических указаниях представлены рекомендации по организации самостоятельной работы по данным направлениям.

Общая характеристика самостоятельной работы студента

Самостоятельная работа студентов по дисциплине «Системы защиты среды обитания» позволяет сформировать знания, умения и навыки бакалавров направления подготовки **20.03.01 «Техносферная безопасность»**, об основных направлениях будущей профессиональной деятельности.

Основными формами самостоятельной работы в курсе дисциплины «Системы защиты среды обитания» являются:

1. Самостоятельное изучение разделов и тем дисциплины. Отчет по данной форме контроля представляется в форме конспекта. Данное мероприятие сочетает письменную и устную формы деятельности студента; выявляет аналитические умения, навыки выделения смысловых центров текста. Степень освоения данного вида самостоятельной работы оценивается тестированием (самостоятельно) и на собеседовании с преподавателем по вопросам;

2. Подготовка реферата. Результатом выполнения данного мероприятий является предоставление презентации по теме. При этом у студента формируются навыки самостоятельной работы с литературными источниками, а также способности наглядного оформления изученного материала.

3. Подготовка к экзамену. Экзамен является промежуточной формой оценки знаний студентов и позволяет оценить общий результат освоения дисциплины студентами. Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

План-график выполнения самостоятельной работы

В соответствии с рабочими программами дисциплины «Системы защиты

среды обитания» для самостоятельная работа студентов организуется по графику, представленному в таблице 1.

Таблица 1 – Виды самостоятельной работы студентов и формы их контроля

Вид деятельности студентов	Итоговый продукт самостоятельной работы	Средства и технологии оценки
Изучение литературы по теме № 2. Национальная безопасность РФ. 1. Основные положения «Стратегии национальной безопасности РФ»	Конспект	Собеседование, тестирование
Изучение литературы по теме № 3. История создания и развития системы гражданской защиты в Российском государстве 1. История создания спасательных сил в России	Конспект	Собеседование, тестирование
Изучение литературы по теме 5. Чрезвычайные ситуации мирного времени: природные 1. Опасные природные явления на территории Ставропольского края и Северо-Кавказского региона	Конспект	Собеседование, тестирование
Изучение литературы по теме 6. Чрезвычайные ситуации мирного времени: техногенные 1. Сети коммунально-энергетического хозяйства как источник техногенных ЧС	Конспект	Собеседование, тестирование
Изучение литературы по теме 9. Чрезвычайные ситуации мирного времени: социальные. 1. Экстремизм: классификация, особенности развития и проявления 2. Современный терроризм: истоки и характерные черты	Конспект	Собеседование
Изучение литературы по теме 15. Единая государственная система предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций (РСЧС). 1. Пункты управления РСЧС и ГО 2. Порядок функционирования РСЧС ГО РФ в мирное и военное время	Конспект	Собеседование, тестирование
Подготовка к экзамену	Сдача экзамена	Собеседование
Подготовка реферата	Реферат и презентация	Реферат

Контрольные точки и виды отчетности по ним

Не предусмотрены.

Текущий контроль. Рейтинговая оценка знаний студента

Не предусмотрена

Промежуточная аттестация

Промежуточная аттестация в форме экзамена предусматривает

проведение обязательной экзаменационной процедуры

Подготовка к собеседованию

Проверка знаний материала лекционных и практических занятий проводится в виде собеседования (по всем темам) и тестирования (по некоторым темам при необходимости). Предполагается, что отдельные вопросы тем дисциплины изучаются студентами самостоятельно (таблица 1). Знания указанных вопросов проверяется наличием конспектов и собеседованием. Паспорт фонда тестовых заданий представлен в ФОС. Ниже приведены вопросы для собеседования по всем темам курса «Ведение в специальность». Вопросы структурированы по двум уровням: базовый и повышенный (выделен курсивом). Вопросы повышенного уровня требуют знаний дополнительных источников литературы, показывают умения и навыки студентов анализировать теоретический материал и готовность к применению теоретических знаний в практической деятельности.

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя собеседование по вопросам тем дисциплины.

Данное оценочное мероприятие проводится на каждом практическом и (или) семинарском занятии на основании материалов и знаний, полученных на лекциях, а также при изучении основной и дополнительной литературы. Для подготовки к данному оценочному мероприятию студенту необходимо подготовить устные ответы на вопросы собеседования, либо законспектировать данные ответы в тетрадь (не обязательно)

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования материалами лекций, основной и дополнительной литературы, а также Интернет-ресурсов.

При проверке задания, оцениваются:

- правильность ответов;
- чёткое знание терминологии;
- умение грамотно, четко и последовательно излагать материал;

- использование дополнительной литературы при подготовке;
- умение анализировать теоретический материал и сопоставлять его с практикой;
- знание статистических данных об изучаемых процессах и явлениях;
- умение приводить конкретные примеры.

В процессе самостоятельного изучения отдельных вопросов тем дисциплины рекомендуется работа с литературой, перечень которой приведен в конце методических указаний. При подготовке к собеседованию предлагается следующая литература.

Вопросы для собеседования (самопроверки)

Тема 1 Характеристика загрязнений окружающей среды и основные методы защиты

1. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения атмосферы.
2. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения литосферы.
3. Назовите и охарактеризуйте основные источники загрязнения гидросферы.
4. Что такое аэрозоль? Назовите виды аэрозолей.
5. Дайте определения понятиям: пыль, туман, дым.
6. Что такое дисперсность? Каким образом она влияет на свойства аэрозолей?
7. Какая характеристика аэрозолей является основной при разработке и выборе пылеулавливающих аппаратов?
8. Что понимается под «фракционным составом аэрозолей»?
9. Назовите основные характеристики размеров частиц аэрозолей. дайте определения.
10. Что называют пылью? Каким образом классифицируются пыли?
11. Что характеризует сыпучесть пылей?
12. Что такое слипаемость пылей? Назовите Группы пылей по слипаемости.
13. Дайте определения и охарактеризуйте следующие свойства пылей: гигроскопичность, влагосодержание, влажность, смачиваемость.
14. Какие показатели характеризуют электрические свойства пылей?
15. Чем определяется горючесть и взрываемость пылей?
16. Для чего нужна коагуляция аэрозолей? Назовите и охарактеризуйте виды коагуляции.

17. Назовите виды промышленных вод.сточных вод.
18. Как классифицируются примеси жидкостей по фазово-дисперсному составу?
19. Какие жидкие неоднородные системы вы знаете?
20. Дайте определения понятиям эмульсия, суспензия, пена.
21. Каким образом устанавливается класс опасности промышленных отходов?
22. Как классифицируются средозащитные технологии в зависимости от закономерностей процессов, протекающих в них?
23. Дайте определения процессам, протекающим в технологиях защиты.
24. Что такое дисперсность? Что характеризует дисперсный состав аэрозолей?
25. Каким образом определяют дисперсный состав пылей? С какой целью определяют дисперсный и фракционный состав пылей?
26. Почему плотность является основным свойством пылей? Какие виды плотности разделяют для пылей?
27. От чего зависит скорость коагуляции?
28. Как классифицируются примеси жидкостей по фазово-дисперсному составу?
29. Назовите и охарактеризуйте виды гетерогенных систем.
30. Назовите и охарактеризуйте виды гомогенных систем.
31. Чем отличаются свойства сточных вод от свойств чистой воды? Ответ поясните.
32. Чем отличаются активные методы защиты окружающей среды от пассивных? Приведите примеры.
33. Какие процессы лежат в основе средозащитных технологий? Дайте определения, приведите примеры.

Тема 2. Методы и аппараты очистки от аэрозольных примесей

1. Что является основным элементом систем пылеочистки?
2. От чего зависит выбор средств и способов пылеочистки?
3. Назовите и охарактеризуйте этапы процесса обеспыливания.
4. Назовите и охарактеризуйте способы обеспыливания.
5. Каким образом (по каким признакам) классифицируются пылеулавливающие аппарата?
6. Назовите характеристики аппаратов для очистки аэрозолей.какие из них являются основными? Какие общими?
7. Как характеризуется производительность аппарата?

8. На что влияет гидравлическое сопротивление аппарата пылеочистки?
9. От чего зависит расход энергии аппарата очистки?
10. Для чего необходим показатель энергетического баланса аппарата?
11. Какие процессы происходят в процессах фильтрации?
12. Какие механизмы происходят при фильтрации?
13. Поясните принцип работы волокнистых фильтров?
14. Каков принцип работы и область применения тонковолокнистых фильтров?
15. Каков принцип работы и область применения грубоволокнистых фильтров?
16. Для чего нужны тканевые фильтры?
17. Назовите виды тканевых фильтров? в чем их достоинства и недостатки?
18. Какие фильтровальные ткани вы знаете?
19. Какими свойствами должны обладать фильтровальные ткани?
20. Какие требования предъявляются к фильтровальным тканям?
21. Назовите виды волокон в фильтровальных тканях?
22. Назовите аппарат мокрой очистки газов.
23. Назовите и поясните недостатки мокрой очистки.
24. Назовите и охарактеризуйте стадии процесса обеспыливания в электрофильтре.
25. Назовите основные элементы электрофильтров. Поясните их назначение.
26. От чего зависит процесс улавливания пыли? Каким образом при этом классифицируются пыли?
27. Назовите и охарактеризуйте методы обеспыливания. Назовите области их применения.
28. Какие механизмы пылеулавливания вы знаете? Оцените каждый из них.
29. Каким образом оценивается эффективность работы пылеуловителей?
30. Как определяется коэффициент очистки пылеулавливающих аппаратов?
31. Каким образом определяется фракционная эффективность очистки?
32. Как определяется общая эффективность пылеулавливающего аппарата?
33. Поясните принцип работы и области применения рукавных фильтров.
34. Поясните принцип работы и области применения зернистых фильтров.
35. В чем преимущество мокрых пылеуловителей перед аппаратами очистки других видов?
36. Назовите аппаратные механизмы мокрого улавливания аэрозолей.
37. поверхности контакта фаз и принципа действия.
38. Поясните принцип работы и области применения полых газопромывателей.

39. Поясните принцип работы и области применения орошаемых циклонов с водяной пленкой
40. Поясните принцип работы и области применения пенный пылеуловителей
41. Поясните принцип работы и области применения ударно-инерционных пылеуловителей
42. Поясните принцип работы и области применения скоростных пылеуловителей (скрубберов Вентури).
43. Поясните принцип работы и области применения электрофильтров.

Тема 4. Очистка газовых выбросов

1. Что такое абсорбция? Назовите составляющие процесса.
2. Назовите виды абсорбции. Охарактеризуйте их.
3. Поясните назначение процесса десорбции.
4. Как влияет температура на растворимость газов? Ответ поясните.
5. Назовите вещества, которые могут выступать в качестве растворителя.
6. Назовите требования к сорбенту.
7. Дайте определение понятию "динамическое равновесие системы".
8. Назовите факторы, влияющие на процессы абсорбции - десорбции.
9. Назовите и охарактеризуйте виды диффузии.
10. Что такое коэффициент массопередачи?
11. Что является движущей силой абсорбции? Поясните ответ.
12. Поясните схему прямоточной абсорбции.
13. Поясните схему противоточной абсорбции.
14. Что такое адсорбция? Назовите составляющие процесса.
15. Назовите виды адсорбции. Охарактеризуйте их.
16. Назовите виды адсорбентов.
17. Охарактеризуйте свойства адсорбентов.
18. Как классифицируются адсорбенты в зависимости от пористости?
19. Как влияет пористость адсорбента на эффективность процесса адсорбции?
20. Объясните понятие "активность сорбента". Какие виды активности сорбента вы знаете?
21. Какие факторы влияют на процесс десорбции?
22. Как рассчитывается время десорбции целевых компонентов?

23. Приведите примеры состава отходящих газов по отраслям промышленности.
24. От чего зависит степень нейтрализации обезвреженных газовых выбросов?
25. В чем достоинство каталитических методов очистки газов?
26. Назовите недостатки каталитических методов очистки газов.
27. Каким образом оценивается эффективность катализатора при очистке?
28. Поясните понятия "катализ" и "ингибирование".
29. Поясните понятия "каталитические яды" и "промоторы".
30. В чем заключается преимущество высокотемпературного обезвреживания газовых выбросов.
31. Поясните области применения метода конденсации газообразных примесей.
32. Как называются аппараты, в которых проходят процессы абсорбции? Каков принцип их работы?
33. От чего зависит растворимость газов?
34. Каким образом достигается динамическое равновесие в процессе абсорбции?
Ответ поясните.
35. Поясните процессы массообмена между жидкостью и газом.
36. Охарактеризуйте кинетические закономерности процесса абсорбции.
37. Что называют сорбционной емкостью сорбента? От чего она зависит?
38. Объясните механизм протекания процесса адсорбции.
39. Каким образом определяется время защитного действия слоя сорбента?
40. Каким образом достигается равновесие при адсорбции?
41. Назовите и охарактеризуйте методы термообезвреживания в зависимости от типа происходящих реакций.
42. Поясните принцип реализации каталитических методов очистки газовых выбросов.
43. Назовите области применения высокотемпературного обезвреживания газовых выбросов.
44. Назовите области газоочистки, где конденсация является необходимым элементом процесса очистки.

Тема 5. Управление качеством гидросферы

1. Какие факторы оказывают влияние на загрязнение водоемов?
2. Дайте определение и охарактеризуйте химическое загрязнение гидросферы.
3. Дайте определение и охарактеризуйте биологическое загрязнение гидросферы.

4. Дайте определение и охарактеризуйте физическое загрязнение гидросферы.
5. Что является наиболее распространенным загрязнителем Мирового океана? Каким образом они попадают в воду?
6. Охарактеризуйте особенности и последствия загрязнения гидросферы канцерогенами.
7. Назовите и охарактеризуйте группы сточных вод, содержащих различные примеси.
8. Каким образом оценивается санитарное состояние водоема?
9. Какие методы применяются очистки воды от суспензированных и эмульгированных примесей?
10. Какие методы применяются очистки воды от неорганических соединений?
11. Какие методы применяются очистки воды от органических соединений?
12. Какие методы применяются очистки воды от газов и паров?
13. Какие методы применяются для уничтожения вредных веществ в воде?
14. Какие сооружения применяют для первичной очистки сточных вод? Дайте определения.
15. Для чего применяют усреднители? Каким образом их устанавливают?
16. Назовите области применения решеток для очистки сточных вод? Каким образом они устанавливаются?
17. Назовите виды решеток? Каким образом они подбираются в общую схему очистки?
18. Назовите аппараты, применяемые для осаждения примесей из сточных вод?
19. Отстойники: области применения, виды, принципы расчета.
20. Поясните принцип работы нефтеловушек.
21. Жидкостные сепараторы: виды, преимущества, принцип действия.
22. Назовите виды фильтрационных установок. Поясните особенности применения каждой.
23. Особенности применения барабанных сеток и микрофильтров.
24. Принцип работы и особенности применения зернистых фильтров.
25. Принцип работы и особенности применения электромагнитных фильтров.
26. Общие принципы расчета фильтров.
27. Какие установки и аппараты применяются для физико-химической очистки сточных вод?
28. Сорбционные и ионообменные установки: принцип работы, особенности применения, порядок выбора.

29. Установки для электрохимической очистки сточных вод: принцип работы, особенности применения, порядок выбора.
30. Какие аппараты применяют для химической очистки сточных вод?
31. Какие процессы и аппараты для биологической очистки сточных вод?
32. Какие процессы и аппараты применяют для глубокой очистки (доочистки) сточных вод?
33. Чем опасно загрязнение водоемов ПАВ?
34. Чем опасно наличие детергентов (синтетических поверхностно-активных веществ - СПАВ) в воде?
35. Назовите нормируемые показатели качества воды.
36. Как определяется допустимый состав сточных вод по концентрации взвешенных веществ?
37. Как определяется допустимый состав сточных вод по концентрации растворенных вредных веществ?
38. Как проводится расчет кратности разбавления сточных вод в водоемах?
39. Охарактеризуйте этап механической очистки сточных вод.
40. Песколовки: области применения, виды, принципы расчета.
41. Гидроциклоны: виды, преимущества, принцип действия.
42. Применение центрифугирования для очистки воды: условия применения, виды устройств, принципы расчета.
43. Установки для коагулирования и флокулирования примесей сточных вод: принцип работы, особенности применения, порядок выбора.
44. Флотационные установки: принцип работы, особенности применения, порядок выбора.
45. Экстракционные аппараты и установки: принцип работы, особенности применения, порядок выбора.
46. Особенности нейтрализации сточных вод.
47. Особенности применения аппаратов для окисления примесей сточных вод.
48. Что такое азротенки? Объясните назначение и принцип работы.
49. Что такое окситенки? Объясните назначение и принцип работы.
50. Что такое биофильтры? Объясните назначение и принцип работы.

Тема 6. Защиты литосферы

1. Назовите и охарактеризуйте методы переработки отходов.
2. Назовите и охарактеризуйте методы утилизации отходов.
3. Назовите и охарактеризуйте методы обезвреживания отходов.
4. Как классифицируются методы обработки осадков?
5. Назовите и охарактеризуйте машины и аппараты для отстаивания активного ила.
6. Дайте определения понятиям: аэробная стабилизация и анаэробное сбраживание осадков.
7. Поясните суть методов кондиционирования осадков сточных вод.
8. Каковы области применения и особенности уплотнения осадков.
9. Охарактеризуйте особенности сушки осадков на иловых площадках.
10. Каким образом осуществляется термическая сушка осадков?
11. Назовите и дайте краткую характеристику процессам переработки твердых отходов.
12. Охарактеризуйте методы механической обработки твердых отходов.
13. Поясните области применения и сущность процессов дробления и измельчения.
14. Поясните области применения и сущность процессов грохочения и классификации.
15. Назовите способы обогащения твердых отходов.
16. Каким образом осуществляется гравитационное обогащение?
17. Каким образом осуществляется магнитное обогащение?
18. В чем заключаются электрические методы обогащения?
19. Поясните особенности сборов отходов.
20. Поясните особенности сортировки отходов.
21. Поясните особенности подготовки отходов к переработке.
22. Каким образом осуществляется утилизация металлоотходов?
23. Каким образом осуществляется утилизация макулатуры.
24. Каким образом осуществляется утилизация отходов древесины.
25. Каким образом осуществляется утилизация волокнистых материалов.
26. Каким образом осуществляется утилизация резинотехнических изделий.
27. Каким образом осуществляется утилизация полимерных отходов.
28. Каким образом осуществляется утилизация золошлаковых отходов.
29. Каким образом осуществляется утилизация ртутьсодержащих отходов.
30. Поясните методы складирования отходов.
31. Каким образом оценивается количество образования типовых отходов?

32. Какие факторы учитываются при выборе методов переработки, обезвреживания и обезвреживания отходов?
33. Опишите процессы, сопровождающие аэробную стабилизацию осадков.
34. Опишите процессы, сопровождающие анаэробное сбраживание осадков.
35. В чем заключается сущность метода механического обезвреживания осадков.
36. Поясните области применения и сущность процессов прессования и компактирования отходов.
37. Каким образом осуществляется флотационное обогащение?
38. Каким образом осуществляется подземное захоронение промышленных стоков?

Для оценки знаний студентов применяются следующие критерии:

1. Оценка «отлично» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно отвечает на вопросы базового и повышенного уровней, умеет тесно увязывать теорию с практикой, не затрудняется с ответом при видоизменении заданий, использует в ответе материал дополнительной литературы, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.
2. Оценка «хорошо» выставляется студенту, если он твердо знает материал как базового, так и повышенного уровней, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов и задач, владеет необходимыми навыками сопоставления теории и практики.
3. Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если он имеет знания только материала базового уровня, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения логической последовательности в изложении программного материала, испытывает затруднения при сопоставлении теории и практики.
4. Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает

существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся отказался отвечать на вопросы.

Подготовка реферата

Процедура проведения данного оценочного мероприятия включает в себя представление реферата, оформленного в соответствии с требованиями, презентации по теме реферата и ответ на дополнительные вопросы (по теме реферата).

Для подготовки к данному оценочному мероприятию необходимо взять у преподавателя перечень тем рефератов (1-я неделя обучения) и в течение 10 недель подготовить реферат и презентацию к нему.

При подготовке к ответу студенту предоставляется право пользования собственным рефератом и презентацией, также техническими средствами отображения информации.

При проверке задания, оцениваются

- полнота раскрытия темы реферата;
- использование статистической информации;
- применение периодической литературы при написании реферата;
- устное изложение материала, умение его пояснять;
- оформление презентации;
- оригинальность материала;
- своевременность предоставления материала;
- умение отвечать на дополнительные вопросы

Темы рефератов

1. Наркомания как общественное явление, ее истоки и факторы распространения

2. Алкоголизм как гроза социальной безопасности.
3. Табакокурение как гроза социальной безопасности.
4. Пассивное курение. Особенности воздействия на человека.
5. Вещества, вызывающие зависимость у человека.
6. Социальные ЧС, связанные с психическим воздействием на человека (шантаж, мошенничество, воровство, шарлатанство и т. д.).
7. Социальные ЧС, связанные с физическим насилием (войны, вооруженные конфликты, массовые беспорядки, разбой, бандитизм, терроризм, захват заложников и пр.).
8. Социальные ЧС, связанные с массовыми заболеваниями (СПИД, венерические заболевания, инфекционные заболевания и т. д.).
9. Социальные ЧС, связанные с суицидами.
10. Биолого-социальные ЧС: эпидемии.
11. Биолого-социальные ЧС: эпизоотии.
12. Биолого-социальные ЧС: эпифитотии.
13. Безопасность личности в условиях социально-экономического кризиса. Безработица.
14. Информационные войны и информационный терроризм.
15. Угрозы информационной безопасности России
16. Безопасность человека в информационном пространстве.
17. Причины, характер и особенности преступности.
18. Массовые беспорядки. Сущность и характер проявления.
19. Массовые беспорядки. Правила поведения и способы защиты.
20. Религиозная ситуация в России, ее влияние на безопасность страны.
21. Экстремистские уличные подростковые объединения и группы.
22. Истоки возникновения терроризма.
23. Опасные природные явления в литосфере (эндогенные).
24. Опасные природные явления в атмосфере: особенности проявления по периодам года.
25. Основные причины наводнений.¹⁰⁷

26. Классификация источников техногенных ЧС.
27. Особенности развития аварий на химически опасных объектах.
28. Основные виды и причины аварий на пожаровзрывоопасных объектах.
29. Аварии в сетях коммунального хозяйства: газоснабжение. Виды, причины и последствия.
30. Аварии в сетях коммунального хозяйства: теплоснабжение. Виды, причины и последствия.
31. *Оценка природной опасности территории Ставропольского края (иного региона);*
32. *Оценка техногенной опасности территории Ставропольского края (иного региона);*
33. *Оценка экологической опасности территории Ставропольского края (иного региона);*
34. *Основные причины и последствия схода оползней. Защитные мероприятия.*
35. *Основные причины и последствия схода селей. Защитные мероприятия.*
36. *Особенности проявления национализма в современных условиях. Основные опасности.*
37. *Пожаровзрывоопасные объекты Ставропольского края (другого региона). Общая характеристика.*
38. *Гидродинамически опасные объекты Ставропольского края (другого региона). Общая характеристика.*
39. *Химически опасные объекты Ставропольского края (другого региона). Общая характеристика.*
40. *Основные опасности и угрозы на сетях коммунально-энергетического хозяйства.*

Общие требования к написанию реферата

Реферат выполняется рукописным или машинописным текстом с соблюдением правил оформления текстового материала проектной документации.

Реферат должен иметь титульный лист, на котором указываются название дисциплины, тема реферата, фамилия, имя, отчество исполнителя. Также в работе должны быть содержание с указанием индивидуального задания и список использованной литературы.

При наборе работы на компьютере текст должен иметь сплошную нумерацию страниц и следующие параметры:

- формат бумаги А4 (210×297 мм), бумага белая;
- поля: верхнее до нумерации стр. – 20 мм, нижнее и левое – 30 мм, правое – 15 мм;
- межстрочное расстояние – полуторное (т. е. на одной странице должно быть не более 29 строк и 60 ± 2 знака в одной строке, учитывая пробелы);
- переплет 0 см;
- ориентация книжная;
- шрифт Times New Roman Cyr (Arial Cyr);
- размер шрифта 14 пунктов;
- красная строка – 1,25 см;
- формулы выравниваются по центру, их нумерация по правому краю в круглых скобках;
- рисунки нумеруются снизу (Рисунок 1 – Название), таблицы – сверху (таблица 1 – Название);
- страницы нумеруются сверху, по центру;
- необходимо различать в тексте дефис (-) (например, черно-белый, бизнес-план) и тире (–) (Alt + 0150);
- если вы используете кавычки, они должны иметь вид так называемых «ёлочек» (« »). Если в тексте¹⁰⁹ встречаются внутренние и внешние

кавычки, то они должны различаться, например: ООО «Издательство “Айрис-пресс”».

Отвечая на вопросы, не следует переписывать текст из книги, а излагать ответ кратко, по существу, на конкретно поставленный вопрос. При решении задачи необходимо записать ее условия и подробно изложить

Для оценки реферата студента применяются следующие критерии:

1. Оценка *«отлично»* выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически верно раскрывает тему реферата, правильно применяет терминологию по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, оперирует статистическими данными, материал представлен в виде презентации с поясняющими схемами, таблицами и рисунками (при возможности), студент представил материал своевременно, изложил грамотно, доступно, с необходимыми пояснениями и ответил на дополнительные вопросы.

2. Оценка *«хорошо»* выставляется студенту, если он раскрыл тему реферата, правильно применяет терминологию по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, материал представлен в виде презентации, студент представил материал своевременно, изложил грамотно, доступно, с необходимыми пояснениями.

3. Оценка *«удовлетворительно»* выставляется студенту, если он не полностью раскрыл тему реферата, путается в терминологии по тексту, использует современную литературу и нормативную документацию, презентация к реферату не представлена, студент представил материал несвоевременно, изложил неграмотно.

4. Оценка *«неудовлетворительно»* выставляется студенту, если он не раскрыл тему реферата, путается в терминологии по тексту, использует устаревшую литературу и нормативную документацию, презентация к реферату не представлена, студент представил материал

несвоевременно. Отметка «неудовлетворительно» выставляется также, если обучающийся не предоставил реферат.

Подготовка к экзамену

Процедура проведения экзамена осуществляется в соответствии с Положением о проведении текущего контроля успеваемости и промежуточной аттестации обучающихся по образовательным программам высшего образования в СКФУ.

Экзамен - форма промежуточной аттестации студентов по результатам освоения теоретических знаний, приобретения практических навыков и компетенций, целью которой является контроль результатов освоения студентами учебного материала по программе конкретной дисциплины, проверка и оценка знаний, полученных за семестр (курс), их прочности, развития творческого мышления, приобретения навыков самостоятельной работы, умения применять теоретические знания при решении практических задач.

Экзамен проводится в устной форме. Включает в себя ответ на 2 теоретических вопроса и решение ситуационной задачи.

Вопросы и задания повышенного уровня основаны на навыках и умениях применения обучающимися знаний базового уровня применительно к конкретным условиям или ситуациям. Они основываются на анализе базового материала.

Для подготовки по билету отводится 30 минут.

При подготовке к ответу у студента не необходимости пользоваться дополнительными материалами и техническими средствами.

При проверке практического задания, оцениваются:

- правильность и точность ответов;

- рациональность выполнения;
- анализ составленных схем;
- умение приводить конкретные примеры рассматриваемых ситуаций.

Вопросы к экзамену:

1. Основные опасности и угрозы XXI века: природные, техногенные
2. Основные опасности и угрозы XXI века: экологические, социальные
3. Общие понятия о чрезвычайных ситуациях
4. Основные положения «Стратегии национальной безопасности РФ»
5. Объективные предпосылки и краткая история развития системы гражданской защиты в Российском государстве
6. История создания спасательных сил в России
7. Опасные природные явления в литосфере
8. Опасные природные явления в гидросфере
9. Опасные природные явления в атмосфере
10. Опасные природные явления на территории Ставропольского края и Северо-Кавказского региона
11. Транспорт. Аварии на транспорте
12. Сети коммунально-энергетического хозяйства как источник техногенных ЧС
13. Сущность и классификации социальных ЧС.
14. Локальные войны и межрегиональные конфликты
15. Наркомания как общественное явление, ее истоки и факторы распространения
16. Религиозные аспекты безопасности
17. Экстремизм: классификация, особенности развития и проявления
18. Современный терроризм: истоки и характерные черты
19. Классификация чрезвычайных ситуаций военного времени
20. Системы ядерного оружия
21. Системы химического оружия
22. Системы биологического оружия

23. Общая структура РСЧС
24. Органы управления, силы и средства РСЧС
25. Деятельность органов управления, сил и средств РСЧС в различных режимах функционирования системы
26. Назначение, задачи и структура ГО РФ
27. Силы и средства ГО РФ, пункты управления
28. Порядок функционирования ГО РФ в мирное и военное время
29. Задачи и функции МЧС РФ
30. Структура МЧС РФ
31. Основные угрозы национальной безопасности Российской Федерации
32. Основные направления обеспечения национальной безопасности РФ
33. Объекты и виды профессиональной деятельности бакалавра по направлению «Техносферная безопасность»
34. Федеральное законодательство в области техносферной безопасности. Основные аспекты
35. Пожары и взрывы. Аварии на пожаровзрывоопасных объектах
36. Химически и радиационно опасные объекты и аварии на них
37. Гидродинамически опасные объекты, гидротехнические сооружения и аварии на них.
38. Этнополитические процессы как объект социальной безопасности
39. Международная политика в области развития и применения оружия массового поражения
40. Оценка существующих систем защиты населения и территорий от ЧС мирного и военного времени. Перспективы развития.

Задачи к экзамену:

1. Заполните схему: общая классификация ЧС. Дополните ответ примерами

2. Заполните схему: классификация ЧС по масштабу. Ответ поясните с помощью примеров
3. Заполните схему: стадии развития ЧС. Охарактеризуйте каждую стадию. Приведите примеры.
4. Заполните схему: поражающие факторы ЧС. Приведите не менее 5 примеров. Ответ поясните.
5. Заполните схему: классификация ЧС природного характера. Приведите не менее 2 примеров ЧС каждого вида
6. Заполните схему: поражающие факторы землетрясений. Ответ поясните.
7. Заполните схему: параметры, характеризующие землетрясения. Дайте характеристики параметрам, приведите примеры.
8. Заполните схему: поражающие факторы наводнений. Приведите примеры. Ответ поясните.
9. Заполните схему: поражающие факторы ЧС в атмосфере. Приведите примеры. Ответ поясните
10. Заполните схему: поражающие факторы пожаров. Приведите примеры.
11. Заполните схему: классификация ЧС социального характера. Дайте необходимые пояснения.
12. Заполните схему: классификация ЧС военного времени. Ответ поясните
13. Заполните схему: стадии развития РСЧС. Дайте характеристику современному этапу.
14. Заполните схему: общая структура РСЧС.
15. Заполните схему: органы управления РСЧС.
16. Определите место в системе РСЧС, а также основные задачи и функции Главного управления МЧС России по Ставропольскому краю
17. Определите место в системе РСЧС Управления по делам ГОЧС администрации г. Ставрополя. Назовите основные задачи и функции.

18. Определите место в системе РСЧС Ставропольского краевого поисково-спасательного отряда (филиала СКРПСО). Назовите основные задачи.

19. Составьте схему органов управления РСЧС по всем уровням функционирования системы.

20. Определите и назовите все структурные подразделения системы РСЧС на территории г. Ставрополя и Ставропольского края .

21. Оцените природную опасность территории Ставропольского края и г. Ставрополя. Охарактеризуйте названные виды природных опасностей.

22. Оцените техногенную опасность территории Ставропольского края и г. Ставрополя. Охарактеризуйте названные виды техногенных опасностей.

23. Дайте сравнительную характеристику силам и средствам МЧС России. Определите их назначение и целесообразность.

24. Составьте схему: виды и последствия ЧС на транспорте. Ответ поясните конкретными примерами.

25. Составьте схему: виды и последствия аварий на пожаро- и взрывоопасных объектах. Ответ поясните конкретными примерами.

Литература

Основная литература

1. Михайлов, Л. А. Чрезвычайные ситуации природного, техногенного и социального характера и защита от них : учебник / Л. А. Михайлов, В. П. Соломин ; под ред. Л. А. Михайлова. - СПб. : Питер, 2009. - 235 с.
2. Белов, С. В. Безопасность жизнедеятельности и защита окружающей среды : (техносферная безопасность) : учебник / С. В. Белов. - Москва :Юрайт, 2014.
3. Юртушкин, В. И. Чрезвычайные ситуации: защита населения и территорий : учеб.пособие / В. И. Юртушкин. – М.: КНОРУС, 2009. – 364 с.

Дополнительная литература

1. Бажанов, Г. В. (Северо-Кавказский государственный технический университет). Чрезвычайные ситуации природного и техногенного характера : Основные понятия и классификация : учеб. пособие / Г. В. Бажанов ; Сев.-Кав. гос. техн. ун-т. – Ставрополь :СевКавГТУ, 2008. – 142 с.;
2. Личная безопасность в чрезвычайных ситуациях / [Н. А. Крючек, М.И. Кузнецов, В. Н. Латчук, С. В. Петров] ; под ред. Г. Н. Кириллова ; М-во Рос. Федерации по делам гражданской обороны, чрезвычайным ситуациям и ликвидации последствий стихийных бедствий;
3. Предупреждение чрезвычайных ситуаций природного и техногенного характера : Учеб.пособие / Мин-во РФ по делам гражданск. обороны, чрезвычай. ситуац. и ликвидации последств. стих. бедствий, Акад. гражд. обороны. – Новогорск, 1997. – 166 с.;
4. Мاستрюков, Б. С. Безопасность в чрезвычайных ситуациях : учебник / Б. С. Мاستрюков. – М. : Академия, 2003. - 336 с.;
5. Стихийные бедствия, аварии, катастрофы. Правила поведения и действия населения: Сб. метод.разработок для проведения занятий с населением по ГО и ЧС / [А. П. Зайцев], Вып.1, Темы с 1 по 7. – М. : Военные знания, 2000. – 79 с.;
6. Сергеев, В. С. Защита населения и территорий в чрезвычайных

ситуациях : учеб.пособие / В. С. Сергеев ; Мос. открытый социальный ун-т. – [3-е изд., перераб. и доп.]. – М. : Академический проект, 2003. – 432 с.;

7. Внешняя политика и безопасность современной России : Хрестоматия : в 2 т. / сост. Т. А. Шаклеина, Т.1, кн.2, Исследования. – М. :Моск. общественный науч. фонд, 1999. – 340 с.

Методическая литература

1. Даржания, А. Ю. (СевКавГТУ). История отрасли и введение в специальность : учеб. пособие / А. Ю. Даржания, Е. В. Соколова ; ГОУ ВПО Сев.-Кав. гос. техн. ун-т. – Ставрополь : Изд-во СевКавГТУ, 2008. – 172 с.;

2. Даржания, А. Ю. (СевКавГТУ). Основы применения аварийно-спасательных и других формирований : учеб. пособие / А. Ю. Даржания, Е. В. Соколова ; ГОУ ВПО Сев.-Кав. гос. техн. ун-т. – Ставрополь : Изд-во СевКавГТУ, 2008. – 216 с.;

Интернет-ресурсы

1. <http://www.gr-obor.narod.ru> – Сайт гражданской обороны, предупреждения и ликвидации чрезвычайных ситуаций;

2. <http://www.mchs.gov.ru> – Официальный сайт МЧС России;

3. <http://www.stavedds.ru> – Официальный сайт «Служба спасения г. Ставрополя»;

4. <http://www.stavropol.stavkray.ru.bezop> – Сайт безопасный город;

5. <http://www.26.mchs.gov.ru> – Официальный сайт ГУ МЧС России по Ставропольскому краю.