МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ

Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение  
высшего профессионального образования

**«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ  
ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

**УТВЕРЖДАЮ**

Директор ИДО

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_ С.И. Качин

«\_\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_ 2013 г

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические указания и индивидуальные задания

для студентов ИДО, обучающихся по направлению  
241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии»

*Составитель*

*Мананкова А.А.*

|  |  |
| --- | --- |
| **Семестр** | **5 ( 8)** |
| Кредиты | 3 |
| Лекции, часов | 10 |
| Лабораторные занятия, часов | 6 |
| Индивидуальные задания | 1 |
| Самостоятельная работа, часов | 94 |
| Формы контроля т | заче |

Издательство

Томского политехнического университета

2013

УДК 330.8(075.8)

Процессы и аппараты защиты окружающей среды: метод. указ. и индивид. задания для студентов ИДО, обучающихся по направлению 241000 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» / сост. А.А. Мананкова. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2013. – 16 с.

Методические указания и индивидуальные задания рассмотрены и рекомендованы к изданию методическим семинаром кафедры технологии органических веществ и полимерных материалов «\_\_\_» \_\_\_\_\_\_\_\_\_ 2013 года, протокол № \_\_\_\_.

Зав. кафедрой ТОВПМ \_\_\_\_\_\_\_\_\_ А.Н. Пестряков

**Аннотация**

Методические указания и индивидуальные задания по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» предназначены для студентов ИДО, обучающихся по направлению(-ям) 241000, «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии». Данная дисциплина изучается в одном семестре.

Приведено содержание основных тем дисциплины, указаны темы практических занятий. Приведены варианты индивидуального домашнего задания. Даны методические указания по выполнению индивидуального домашнего задания.

**Содержание**

[1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ  
ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ 3](#_Toc344115695)

[2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 4](#_Toc344115696)

[5 семестр 4](#_Toc344115697)

[3. СОДЕРЖАНИЕ ПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ 8](#_Toc344115703)

[3.1. Тематика лабораторных занятий 8](#_Toc344115704)

[5 семестр 8](#_Toc344115705)

[4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ 11](#_Toc344115709)

[4.1. Общие методические указания 11](#_Toc344115710)

[4.2. Варианты индивидуальных заданий и методические указания 12](#_Toc344115711)

[6. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ 21](#_Toc344115716)

[7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ 24](#_Toc344115717)

# 1. МЕСТО ДИСЦИПЛИНЫ В СТРУКТУРЕ ОСНОВНОЙ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЙ ПРОГРАММЫ

Процессы и аппараты защиты окружающей среды - дисциплина, представляющая собой систему научно обоснованных инженерно-технических мероприятий, направленных на сохранение качества окружающей среды в условиях современного промышленного производства. Сохранение качества окружающей среды требует разработки и внедрения эффективных сооружений для очистки и обезвреживания промышленных стоков, выбросов и отходов.

Целью изучения дисциплины является формирование современных представлений о теоретических основах и аппаратурно-технологических особенностях разработки, проектирования, наладки, эксплуатации и совершенствования технологий и аппаратов для защиты окружающей среды.

Согласно ФГОС и ООП «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии» дисциплина «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» относится к профессиональному циклу и является базовой дисциплиной. До освоения дисциплины «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» должны быть изучены следующие дисциплины (пререквизиты):

Для её освоения требуются знания курсов «Математика», «Физика», «Общая и неорганическая химия», «Органическая химия», «Физическая химия», «Экология», «Охрана окружающей среды и рациональное использование природных ресурсов» (пререквизиты). Кореквизиты – «Общая химическая технология», «Процессы и аппараты химической технологии», «Промышленная экология». Знание содержания дисциплины «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» необходимо для освоения других профессиональных дисциплин.

# 2. СОДЕРЖАНИЕ ТЕОРЕТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

## Тема 1. Характеристики загрязнений окружающей среды и основные методы ее защиты

Показатели качества окружающей среды. Методы защиты окружающей среды от промышленных загрязнений. Принципы интенсификации технологических процессов защиты окружающей среды.

**Рекомендуемая литература**: [1, 2].

**Методические указания**

При изучении качества окружающей среды знать источники загрязнения атмосферы, гидросферы, литосферы. Знать классификацию промышленных отходов. Знать общую характеристику методов защиты окружающей среды от промышленных загрязнений: методы очистки отходящих газов; классификацию способов очистки сточных вод; методы защиты литосферы; методы защиты от энергетических воздействий. Знать основные принципы интенсификации технологических процессов защиты окружающей среды.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Описать нормативы качества окружающей среды.
2. Перечислить основные виды загрязнений окружающей среды.
3. Описать последствия загрязнения воздуха в результате поступления в него различного рода вредных веществ.
4. Перечислить источники загрязнения атмосферы.
5. Дать характеристику основным загрязнителям атмосферного воздуха.
6. Что такое сточные воды?
7. Перечислить жидкие неоднородные системы.
8. Классификация промышленных отходов.
9. Назвать источники энергетического загрязнения окружающей среды.
10. Классификация природоохранных процессов.
11. Дать характеристику основным способам очистки выбросов в атмосферу: абсорбция жидкостями, адсорбция твердыми поглотителями, каталитические методы очистки.
12. Перечислить методы очистки сточных вод от мелкодисперсных примесей.
13. Перечислить методы утилизации и переработки твердых отходов.
14. Выбор методов и средств защиты от воздействия электромагнитных полей.
15. Применение принципа Ле-Шателье для интенсификации технологических процессов защиты окружающей среды.

## 

## Тема 2. Гидромеханические процессы очистки газовых выбросов и жидкостных сбросов

Основные закономерности движения и осаждения аэрозолей. При изучении гидромеханических процессов очистки выбросов и сбросов знать механизм действия пылеулавливающих и сепарационных устройств. Знать способы отделения взвешенных частиц от взвешивающей среды, т. е. воздуха (газа) в пылеуловителях и сепарационных устройствах: осаждение в гравитационном поле, осаждение под действием сил инерции, осаждение в центробежном поле, фильтрование, осаждение в электрическом поле, мокрая газоочистка и др.

**Рекомендуемая литература:** [1, 2, 3].

**Методические указания**

При изучении гидромеханических процессов очистки газовых выбросов и жидкостных сбросов знать принцип работы различных типов пылеуловителей и механизмы пылеулавливания, основы работы электрофильтра и других методов опеспылевания.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Дайте классификацию пылеуловителей.
2. Опишите механизм пылеулавливания в гравитационных и инерционных уловителях.
3. Основные конструкции пылеосадительных камер.
4. Закон Стокса.
5. Перечислите типы инерционных пыле- и брызгоуловителей. Как влияет ввод газового потока на эффективность работы инерционных пылеуловителей.
6. Отличие центробежных пылеуловителей от инерционных.
7. Как можно оценить эксплуатационные характеристики циклона.
8. На чем основан расчёт гидромеханических процессов разделения неоднородных систем осаждением и фильтрованием.
9. Принципы работы аппаратов для разделения неоднородных систем осаждением.
10. Принципы работы аппаратов для разделения неоднородных систем фильтрованием.
11. Основные типы конструкций машин для разделения неоднородных систем осаждением и фильтрованием.
12. Сущность процесса электрической очистки газа в элетрофильтре.

## Тема 3. Массообменные процессы

Абсорбция газовых примесей. Адсорбция газовых примесей. Абсорбция газовых примесей. Равновесие в процессах абсорбции. Материальный баланс абсорбции. Массоперенос в процессе абсорбции. Кинетические закономерности абсорбции. Схемы абсорбционных процессов. Десорбция и дегазация растворенных примесей. Адсорбция газовых примесей. Теория адсорбции. Адсорбенты. Механизм процесса адсорбции. Равновесие при адсорбции. Кинетика адсорбции. Жидкостная адсорбция примесей. Десорбция из адсорбентов поглощенных примесей

**Рекомендуемая литература:** [1, 3].

**Методические указания**

При изучении методов защиты атмосферы от промышленных загрязнений знать теоретические основы абсорбционных, адсорбционных способов очистки газов, устройство и принципы работы массообменных аппаратов. Знать основные технологические схемы процессов очистки газов.

**Вопросы и задания для самоконтроля**

1. Дайте определение абсорбции.
2. Отличие физической и химической абсорбции.
3. Закон Генри.
4. Каким образом можно увеличить степень очистки газа, не заменяя технологическое оборудование?
5. Привести пример гетерофазного процесса очистки отходящих газов, особенность гетерофазных реакций.
6. Изотерма адсорбции.
7. Перечислить гетерогенные катализаторы и основные требования, предъявляемые к ним.
8. Перечислить и дать сравнительную характеристику адсорбентам, используемым при очистке отходящих газов

.

# 3. СОДЕРЖАНИЕПРАКТИЧЕСКОГО РАЗДЕЛА ДИСЦИПЛИНЫ

## 3.1. Тематика лабораторных занятий

## 5 семестр

Тема 1. Массообменные процессы (4 часа)

1. Основные понятия процесса адсорбции газов и паров. Кинетика процессов адсорбции. Обратимость процессов адсорбции.
2. Принципы расчета массообменных аппаратов.

Рекомендуемая литература: [3, 4].

# 4. ИНДИВИДУАЛЬНЫЕ ДОМАШНИЕ ЗАДАНИЯ

## 4.1. Общие методические указания

В соответствии с учебным графиком предусмотрено выполнение одного индивидуального домашнего задания. Индивидуальное домашнее задание включает в себя ответы на теоретические вопросы и решение задач. Выполнение этих заданий необходимо для закрепления теоретических знаний и приобретения практических навыков решения типовых задач.

Студенты, независимо от их формы обучения, выполняют индивидуальные домашние задания в течение семестра и отсылают их на проверку преподавателю.

При выполнении индивидуальных домашних заданий по дисциплине «Процессы и аппараты защиты окружающей среды» следует руководствоваться следующим.

Материал необходимо изучать последовательно, по программе, по рекомендуемым учебным пособиям и учебникам. При этом особое внимание следует обратить на усвоение понятий, определений, законов, вывод уравнений и решение задач. Для лучшего усвоения материала желательно вести конспект, который будет также полезен для повторения материала в период подготовки к зачету и к экзамену. Для закрепления материала рекомендуется отвечать на вопросы и задания для самоконтроля.

|  |
| --- |
| **Номер варианта индивидуального задания определяется по последней цифре номера зачетной книжки**.Например, если номер зачетной книжки Д-11Г10/12, то номер варианта задания равен 2. Если номер зачетной книжки оканчивается на 0 (например, З-3Б10/30), то номер варианта задания равен 10. |

**Индивидуальные домашние задания, выполненные не по варианту, на проверку не принимаются.**

В индивидуальные домашние задания входят вопросы и задачи по каждой теме дисциплины, каждый студент должен выполнить свой вариант из задания №1 и №2. В конце индивидуального домашнего задания необходимо указать, какие учебники, учебные пособия и электронные ресурсы были использованы при выполнении индивидуального домашнего задания.

Студенты, обучающиеся с использованием дистанционных образовательных технологий, в обязательном порядке получают рецензию на каждое индивидуальное задание. Правильно выполненные работы студенту не возвращаются.

В случае если индивидуальное домашнее задание, не зачтено, оно возвращается студенту для доработки. При этом студент должен внести исправления и ответить на замечания, сделанные преподавателем.

Требования к оформлению индивидуального задания.

При оформлении индивидуального домашнего задания необходимо соблюдать следующие требования.

1. Индивидуальное задание должно иметь титульный лист, оформленный в соответствии со стандартами ТПУ [12]. На титульном листе указываются номер индивидуального задания, номер варианта, название дисциплины; фамилия, имя, отчество студента; номер группы, шифр. Образец оформления и шаблон титульного листа размещен на сайте ИДО в разделе СТУДЕНТУ → ДОКУМЕНТЫ (http://portal.tpu.ru/ido-tpu).

2. Текст индивидуального задания набирается в текстовом процессоре Microsoft Word. Шрифт Times New Roman, размер 12–14 pt, интервал - 1,5, высота букв и цифр не менее 1,8 мм, цвет – черный. При печати текстового материала следует использовать двухстороннее выравнивание. Размеры полей: левое - не менее 30 мм, правое - не менее 10 мм, верхнее и нижнее - не менее 20 мм. Абзацный отступ выполняется одинаковым по всему тексту документа и равен пяти знакам (15-17 мм). Для набора формул рекомендуется использовать редактор формул Microsoft Equation или MathType1, для набора химических формул использовать химические редакторы ChemDraw, IsisDraw.

3. Задача должна начинаться с условия задачи, ниже краткая запись задачи, если необходимо – рисунок, с условными обозначениями, которые в дальнейшем будут использованы при решении задачи. Решение должно быть подробным, с включением промежуточных расчётов и указанием использованных формул.

4. Страницы задания должны иметь сквозную нумерацию.

5. В задание включается список использованной литературы.

6. Для выполнения индивидуального домашнего задания необходимо вспомнить курс «Процессы и аппараты химической технологии», а именно разделы: Процессы разделения неоднородных систем, Массообменные процессы (основы массопередачи, абсорбция, адсорбция,) [3,4].

## 4.2. Варианты индивидуальных заданий

Задание № 1

* 1. Определить размеры продолговатых частиц угля (ρ1=1400 кг/м3) и шарообразных частиц кварца (ρ2=2600 кг/м3), оседающих с одинаковой скоростью ωос=0,1 м/с в воде при 20 °С, в воздухе при 500 °С.
  2. Какую высоту надо дать слою газа между полками пылевой камеры, чтобы осели частицы колчеданной пыли диаметром 8 мкм при расходе печного газа 0,6 м3/с при н.у.? Длина камеры 4,55 м, ширина 1,71 м, общая высота 4,0 м. Средняя температура газа в камере 400 °С. Вязкость газа при этой температуре 0,034·10-3 Па·с, плотность пыли 4000 кг/м3, плотность газа 0,5 кг/м3.
  3. Определить диаметр отстойника для непрерывного осаждения отмученного мела в воде. Производительность отстойника 80 т/ч начальной суспензии, содержащей 8 % масс. СаСО3. Диаметр наименьших частиц, подлежащих осаждению,35 мкм. Температура суспензии 15 °С. Влажность шлама 70 %. Плотность мела 2710 кг/м3.
  4. Рассчитать циклон для выделения частиц сухого материала из воздуха, выходящего из распылительной сушилки, по следующим данным: наименьший размер частиц 80 мкм, расход воздуха 2000 кг/ч, температура 100 °С.
  5. Как изменится производительность отстойника, если температуру водной суспензии повысить с 15 °С до 50 °С. В обоих случаях Re<0,2.
  6. Подобрать циклон типа НИИОГАЗ по следующим данным: расход запыленного воздуха 5100 м3/ч (0 °С, 760 мм.рт.ст.), температура воздуха 50 °С. Плотность пыли 1200 кг/м3. Частицы пыли имеют наименьший диаметр 15 мкм. Определить гидравлическое сопротивление циклона.
  7. Подобрать циклон типа НИИОГАЗ для очистки от пыли отходящих газов барабанной сушилки, если расход газов V=6500 м3/ч; плотность газов ρ=0,96 кг/м3. Определить гидравлическое сопротивление циклона.
  8. Подобрать батарейный циклон для улавливания пыли из газа, количество которого Q=4,17 м3/с; плотность газа ρ=0,8 кг/м3. Определить гидравлическое сопротивление циклона.
  9. Выбрать рукавный фильтр для улавливания окислов свинца из отходящих газов трубчатой печи в производстве пигментов, если расход газов Q составляет 1500 м3/ч.
  10. Определить количество загружаемого активного угля, диаметр адсорбера и продолжительность периода поглощения 100 кг паров октана из смеси с воздухом при следующих данных: начальная концентрация паров октана С0=0,012 кг/м3, скорость ω=20 м/мин, активность угля по бензолу 7 %, насыпная плотность угля ρнас=350 кг/м3, высота слоя угля в адсорбере Н=0,8 м.
  11. Определить продолжительность поглощения до проскока τ и потерю времени защитного действия τ0 для адсорбции паров четыреххлористого углерода слоем активного угля высотой Н=0,1 м. Скорость парогазовой смеси ω=5 м/мин; диаметр частиц угля 2,75 мм Динамические коэффициенты В1=14500 и В2=52945.
  12. Определить количество теплоты, которое выделяется за один период (τ=133 мин) при адсорбции паров этилового спирта активным углем. Диаметр адсорбера 2 м, высота слоя 1,0 м. Скорость паровоздушной смеси 25 м/мин; начальная концентрация С0=0,029 кг/м3; концентрация смеси на выходе из адсорбера С1=0,0002 кг/м3; насыпная плотность слоя 500 кг/м3.
  13. Определить продолжительность адсорбции паров бензола из воздуха в адсорбере диаметром 2,5 м с неподвижным зернистым слоем адсорбента при начальной концентрации паровоздушной смеси С0=0,02 кг/м3. Адсорбент – активированный уголь с насыпной плотностью ρнас=550 кг/м3. Высота слоя угля в аппарате Н=1,1 м, свободный объем слоя ε=0,375, удельная поверхность адсорбента *f*=1630 м2/м3.Расход паровоздушной смеси V=0,818 м3/с; плотность смеси ρ=1,2 кг/м3.
  14. Определить длину зоны массопередачи неподвижного слоя цеолита типа NaA (dэ=0,002 м) и рабочую высоту колонного аппарата для процесса глубокой осушки газов (Спр=2,94∙10-6 кг/м3) при следующих условиях: высота неподвижного слоя 0,26 м, С0=0,01 кг/м3, скорость паровоздушного потока, отнесенная к полному сечению аппарата, 0,5 м/с, τнас=110 мин.
  15. Процесс противоточной многосекционной адсорбции рассматривается при следующих исходных данных: массовый расход газа Мс=1,04 кг/(м2∙с); С0=5∙10-3 кг/м3 и Ск=0,01 кг/м3; радиус сферических частиц адсорбента 2∙10-3 м; концентрация насыщения адсорбента а\*=250 кг/м3; коэффициент диффузии через насыщенный слой внутри частиц адсорбента Dэ=2,3∙10-6 м2/с; плотность частиц 1∙103 кг/м3; порозность псевдоожиженного слоя ε=0,5; высота псевдоожиженных слоев одинакова и равна 0,05 м. Кинетика адсорбции соответствует режиму послойной обработки частиц. Средняя конечная степень обработки адсорбента γк=0,3. Определить расход адсорбента и число необходимых слоев.

**Задание № 2**

1. Выбор аппарата для очистки газа.
2. Устройство газоочистительных аппаратов.
3. Как изменится производительность фильтра, если: 1) вдвое увеличить фильтрующую поверхность; 2) вдвое увеличить давление (при однородном несжимаемом осадке); 3) вдвое увеличить концентрацию твердого вещества в фильтруемой суспензии; 4) вдвое уменьшить (повышая температуру) вязкость фильтрата; 5) вдвое увеличить время полного оборота фильтра (т.е. увеличить толщину слоя осадка).
4. Устройство пылеосадительных камер.
5. Устройство циклонов.
6. Принцип работы фильтров.
7. Принцип работы мокрых пылеуловителей.
8. Принцип работы электрофильтров.
9. Способы выражения состава фаз. Определить весовой состав смеси, содержащей 20 % (моль) этана, 35 % (моль) пропана, 15 % (моль) бутана и 30 % (моль) изобутана.
10. На примере массообменного процесса поглощения аммиака водой из газа (воздух) рассмотреть материальный баланс абсорбции и равновесие между фазами.
11. Уравнение массопередачи. Определение рабочей высоты массообменного аппарата.
12. Устройство абсорберов. Схемы абсорбционных установок.
13. Изотерма адсорбции. Равновесие между фазами.
14. Адсорбция паров бензола из воздуха активированным углем. Материальный баланс адсорбции, равновесие между фазами, основные параметры процесса.
15. Устройство адсорберов. Схемы адсорбционных установок.

# 6. ПРОМЕЖУТОЧНЫЙ КОНТРОЛЬ

После завершения изучения дисциплины студенты сдают зачет.

К зачету допускаются только те студенты, у которых зачтено индивидуальное задание и лабораторные работы.

**6.1. Вопросы для подготовки к зачету**

1. Общие признаки, характерные для массообменных процессов. В каких системах они могут протекать?
2. Какие различают стадии при переносе компонента из одной фазы в другую через границу раздела и что является движущей силой процесса в каждом случае?
3. На основании каких уравнений составляется материальный баланс массообменных аппаратов?
4. В чем состоит отличие между рабочими и равновесными концентрациями компонента, равновесными и рабочими линиями процесса?
5. Как можно получить уравнение рабочей линии для конкретного массообменного процесса? В каких случаях зависимость между рабочими концентрациями компонента будет линейна?
6. Каким образом можно определить направление переноса компонента при взаимодействии двух фаз?
7. Что характеризует уравнение массоотдачи? Как определяется коэффициент массоотдачи, его размерность?
8. Как можно получить обобщенное критериальное уравнение массоотдачи? Каков физический смысл диффузионных критериев подобия: Нуссельта, Фурье, Пекле, Прандтля?
9. Какой процесс описывает уравнение массопередачи? Что понимают под фазовым сопротивлением и как определяется коэффициент массопередачи?
10. В каких случаях коэффициент массопередачи изменяется по высоте массообменного аппарата и почему?
11. Каким образом можно интенсифицировать процесс массообмена, если основное диффузионное сопротивление сосредоточено в одной из фаз?
12. Как определяется средняя движущая сила процесса массопередачи и какие факторы оказывают влияние на ее величину?
13. Какой физический смысл имеет число единиц переноса и каковы основные методы его определения?
14. На какой размер массообменного аппарата оказывает влияние величина числа единиц переноса и каким образом?
15. Что характеризует высота единицы переноса: статику или кинетику процесса?
16. По какому уравнению можно определить среднюю движущую силу процесса в случае линейной зависимости между равновесными концентрациями?
17. По какому уравнению определяется диаметр массообменного аппарата? Исходя из каких соображений выбирается фиктивная скорость сплошной фазы?
18. Какие основные методы применяются для определения высоты аппаратов со ступенчатым контактом фаз?
19. В чем состоит особенность расчетов процессов массопередачи с твердой фазой?
20. Запишите уравнение массопередачи для систем с участием твердой фазы. Как выражается коэффициент массопередачи для таких систем?
21. Чем отличается процесс адсорбции от процесса абсорбции?
22. Какими факторами определяется вид равновесных кривых (изотерм адсорбции)?
23. Как зависит концентрация поглощаемого вещества от температуры и давления процесса?
24. Что понимают под фронтом адсорбции, периодом его формирования и временем защитного действия слоя?
25. Какая разница между статической и динамической активностью слоя адсорбента?
26. Какой критерий позволяет судить о соотношении между внешней и внутренней диффузией распределяемого вещества?
27. Как определяются минимальный и действительный расходы адсорбента, какие факторы оказывают влияние на удельный расход адсорбента?
28. Как работают адсорберы с неподвижным, движущимся и кипящим слоем поглотителя, в чем состоят достоинства и недостатки каждой конструкции?
29. Назовите наиболее рациональные области применения адсорбции.
30. Дайте характеристику основных промышленных адсорбентов.
31. Раскройте сущность статической и динамической активности адсорбентов.
32. Что понимают под адсорбционным потенциалом?
33. Охарактеризуйте равновесие при адсорбции. Раскройте принцип построение изотерм адсорбции.
34. Как составляется материальный баланс адсорбции?
35. Раскройте особенности кинетики процесса равновесной адсорбции.
36. Покажите устройство и принцип действия адсорберов с неподвижным слоем адсорбента.
37. Покажите устройство и принцип действия адсорберов с псевдосжиженным и плотным движущимся слоями адсорбента.
38. Перечислите методы регенерации адсорбентов.
39. Раскройте принципы и назовите стадии расчета адсорберов.
40. Какие существуют методы очистки пылегазовых выбросов? Какие механизмы лежат в их основе?
41. Какие методы используют для обезвреживания выбросов от газообразных примесей?
42. Какие методы используются для обезвреживания сточных вод?
43. Какие силы, в качестве движущих, используются в процессе осаждения?
44. Как влияют на скорость осаждения размер, удельный вес и форма диспергированного вещества?
45. Как влияют на скорость осаждения вязкость дисперсионной среды?
46. Каков механизм осаждения частиц под действием центробежной силы?
47. Какова сущность процесса осаждения частиц под действием электрических сил?
48. Какие факторы влияют на скорость осаждения частиц в электрическом поле?
49. Какой принцип заложен в основу работы газовых фильтров?
50. Какие существуют механизмы фильтрации газовых примесей?
51. Каков принцип мокрого пылеулавливания? Какие физические механизмы лежат в его основе?
52. Что изображает и какой вид имеет равновесная и рабочая линия процесса массообмена при абсорбции?
53. Что является движущей силой массообменного процесса?
54. В каких единицах может выражаться движущая сила массообменных процессов?
55. Абсорбция и ее значение в технике защиты окружающей среды?
56. Как влияет на процесс абсорбции температура и давление?
57. В каких природоохранных технологиях очистки газовых выбросов используется абсорбция?
58. Адсорбция и ее значение в технике защиты окружающей среды?
59. Каков механизм протекания адсорбции?
60. Как влияют в процессе адсорбции природа поглощаемого газа, температура, давление, наличие конкурирующих примесей, вид адсорбента?
61. Что такое статическая и динамическая активность адсорбента?
62. Какие применяются адсорбенты, какие требования предъявляются к адсорбентам?
63. Как протекает адсорбция на неподвижном адсорбенте и как изменяется поле концентраций по длине слоя адсорбента?
64. В каких природоохранных технологиях очистки газовых выбросов используется адсорбция?
65. Какие существуют термохимические способы обезвреживания газовых выбросов?
66. Какие газовые выбросы могут быть обезврежены термохимическими способами?
67. В чем состоит сущность каталитической очистки газовых выбросов?
68. Какие факторы влияют на рассеивание примесей в атмосфере?
69. Каков характер распространения примесей в атмосфере и в приземном слое?
70. Какие существуют сточные воды по источникам их происхождения?
71. Какие способы применяются при механической очистке сточных вод?
72. Какие физико-химические методы используются для очистки сточных вод?
73. В чем состоит процесс коагуляции примесей и ее отличие от флокуляции?
74. Что такое процесс флотации и как ее используют при очистке сточных вод?
75. Каков механизм процесса флотации примесей из сточных вод?
76. Какие существуют способы флотационной очистки сточных вод?
77. Какие существуют способы мембранной очистки сточных вод?
78. Чем различаются процессы обратного осмоса и ультрафильтрации?
79. Какие факторы влияют на проницаемость мембран при очистке сточных вод?
80. В чем состоит сущность ионного обмена?
81. В чем состоит сущность процесса жидкостной экстракции?
82. Каким параметром характеризуется распределение извлекаемого вещества между фазами при экстракции?
83. Какие требования предъявляются к экстрагенту?
84. Какие существуют способы электрохимической очистки сточных вод и в чем состоит их различие?
85. Какие способы применяются при химической очистке сточных вод?
86. Очистка газов в электрическом поле.

**6.2. Образец экзаменационного билета**

Билет содержит два теоретических вопроса и одну задачу.

БИЛЕТ № ХХХ

|  |
| --- |
| **МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**    Федеральное государственное бюджетное образовательное  учреждение высшего профессионального образования  **«НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ**  **ТОМСКИЙ ПОЛИТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ»**  Институт дистанционного образования  БИЛЕТ № 1  по дисциплине «Процессы и аппараты окружающей среды»  1. В каких природоохранных технологиях очистки газовых выбросов используется адсорбция?  2. Сущность каталитической очистки газовых выбросов  3. Определить размеры адсорбера с псевдоожиженным слоем для поглощения водяных паров из потока воздуха от начальной концентрации С0=3,8∙10-3кг/м3 до конечной концентрации Ск=,8∙103кг/м3. Объемный расход воздуха Vc=0,50 м3/с. Содержание воды в исходном адсорбенте 0,50 кг/м3. Плотность частиц цеолита NaA 1200 кг/м3, их диаметр 2∙10-3 м. Изотерма адсорбции при 20 °С близка к линейной. Коэффициент аффинности для паров воды β=2,53. Структурная константа для цеолита В=5,5∙10-6 К-2. Коэффициент диффузии паров воды в воздухе D=2,4∙10-5 м2/с. Концентрация насыщенных паров воды при 20 °С 17,2 кг/м3.  Составил Мананкова А.А.,  к.х.н., ст. препод. каф. ТОВПМ  Утверждаю: зав. каф. ТОВПМ Пестряков А.Н., д.х.н., проф. |

# 7. УЧЕБНО-МЕТОДИЧЕСКОЕ ОБЕСПЕЧЕНИЕ ДИСЦИПЛИНЫ

## 7.1. Обязательная литература

1. Бочкарев В.В. Теоретические основы технологических процессов охраны окружающей среды: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2012. – 318 с.
2. Ляпков А.А., Ионова Е.И. Техника защиты окружающей среды: учеб. пособие. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2009. – 317 с.
3. Касаткин А. Г. Основные процессы и аппараты химической технологии: учебник для вузов / А. Г. Касаткин. – 15-е изд., стер. – М.: Альянс, 2009. – 750 с.
4. Павлов К. Ф., Романков П. Г., Носков А. А. Примеры и задачи по курсу процессов и аппаратов химической технологии. М.: Альянс, 2006. – 576 с

## 7.2. Дополнительная литература

1. Ветошкин, А. Г. Процессы и аппараты защиты окружающей среды: учебное пособие /А. Г. Ветошкин. – М.: Высшая школа, 2008. – 638.
2. Техника защиты окружающей среды : учебное пособие / А. И. Родионов, В. Н. Клушин, Н. С. Торочешников. — 2-е изд., перераб. и доп. — М. : Химия, 1989. —
3. Николаевский К.М. Проектирование рекуперации летучих растворителей с адсорбентами периодического действия. – М.: Оборонгиз., 1961. – 238 с.
4. Основные процессы и аппараты химической технологии: пособие по проектированию/ под ред. Ю. И. Дытнерского: пособие по проектированию / под ред. Ю. И. Дытнерского. – 3-е изд., стер. – М. : Альянс, 2007. — 496 с.
5. Дытнерский Ю.И. Процессы и аппараты химической технологии: учебник. Ч. 2: Массообменные процессы и аппараты. М.: Химия, 2002. — 368 с.
6. Тимонин А.С. Основы конструирования и расчета технологического и природоохранного оборудования: справочник / А.С. Тимонин; Московский государственный университет инженерной экологии. – Калуга: Изд-во Н. Бочкаревой, 2001. – Т. 1. – 756 с.; Т. 2. – 902 с.; Т. 3. – 960 с.
7. Новиков В.Т. Оборудование и основы проектирования систем охраны окружающей среды: в 2 ч. учебное пособие / В.Т. Новиков; Томский политехнический университет. – Томск: Изд-во Томского политехнического университета, 2010.

## 7.3. Internet-ресурсы

1. СТО ТПУ 2.5.01–2006. Система образовательных стандартов. Работы выпускные, квалификационные, проекты и работы курсовые. Структура и правила оформления / ТПУ [Электронный ресурс] – Томск, 2006. – Режим доступа <http://standard.tpu.ru/standart.html>, свободный.

Учебное издание

**ПРОЦЕССЫ И АППАРАТЫ ЗАЩИТЫ ОКРУЖАЮЩЕЙ СРЕДЫ**

Методические указания и индивидуальные задания

*Составитель*

**Мананкова Анна Анатольевна**

*Рецензент*

*Бочкарев В.В. к.х.н.,*

*доцент кафедры ТОВПМ*

**(***Шрифт Arial Narrow, 14 pt, курсив, выравнивание по центру***)**

*Компьютерная верстка*

**(***Шрифт Arial Narrow, 14 pt, курсив, выравнивание по центру***)**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Подписано к печати Формат 60х84/16. Бумага «Снегурочка».  Печать XEROX. Усл.печ.л. Уч.-изд.л.  Заказ . Тираж экз. | | |
| nqa_iso9001 | Национальный исследовательский Томский политехнический университет  Система менеджмента качества  Издательства Томского политехнического университета сертифицирована  NATIONAL QUALITY ASSURANCE по стандарту BS EN ISO 9001:2008 | ukas015 |
| logo_izd_TPU. 634050, г. Томск, пр. Ленина, 30  Тел./факс: 8(3822)56-35-35, www.tpu.ru | | |