

**МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ БЮДЖЕТНОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ
УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ**

**«САНКТ-ПЕТЕРБУРГСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ
УНИВЕРСИТЕТ ПРОМЫШЛЕННЫХ ТЕХНОЛОГИЙ И ДИЗАЙНА»**

ВЫСШАЯ ШКОЛА ТЕХНОЛОГИИ И ЭНЕРГЕТИКИ

Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов

**Методические указания
для выполнения контрольных работ**

**Санкт-Петербург
2017**

УДК 628 (07)

Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов:
методические указания для выполнения контрольных работ / сост.

Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон; ВШТЭ СПбГУПТД. - СПб., 2017. - 13 с.

Методические указания состоят из контрольных вопросов и задач в соответствии с рабочими программами дисциплин «Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов» и «Теоретические основы ресурсосбережения и охраны окружающей среды».

Предназначены для студентов заочной формы обучения по направлению 18.03.02 «Энерго- и ресурсосберегающие процессы в химической технологии, нефтехимии и биотехнологии», а также для самостоятельной работы студентов.

Рецензент: профессор кафедры охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов ВШТЭ СПбГУПТД, канд. техн. наук Л.М. Исянов.

Подготовлены и рекомендованы к печати кафедрой охраны окружающей среды и рационального использования природных ресурсов ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 1 от 31. 08.17).

Утверждены к изданию методической комиссией института технологии ВШТЭ СПбГУПТД (протокол № 2 от 26. 10.17).

Указания к выполнению контрольной работы

Контрольная работа должна быть выполнена в рукописном варианте.

1. При оформлении титульного листа необходимо указать дисциплину, по которой выполняется контрольная работа, форму обучения, шифр и наименование направления, шифр зачетной книжки, фамилию, имя, отчество и дату выполнения работы.

2. Вариант выполняемого задания соответствует последней цифре номера зачетной книжки студента (если в номере зачетной книжки последняя цифра «0», то выполняется вариант 10).

3. При оформлении работы необходимо заполнять тетрадь разборчивым почерком через одну строку. Сокращения в тексте, кроме общепринятых, не допускаются. На каждой странице нужно оставлять поля для замечаний преподавателя.

4. Номера и условия заданий должны быть указаны так, как это приведено в задании.

5. Математические действия в решении задач должны сопровождаться пояснениями, выявляющими логику решения; формулы при решении задач нужно сопровождать расшифровкой величин, при подстановке значений в формулах нужно указывать размерность. В конце задачи должен быть приведен окончательный ответ и соответствующие ему единицы измерения.

6. Теоретические вопросы должны быть рассмотрены в последовательности, рекомендуемой в формулировке задания. Каждый аспект вопроса оформляется отдельным абзацем или предваряется подзаголовком (ответить нужно на все теоретические вопросы).

7. Приводимые схемы, рисунки, графики и таблицы должны быть озаглавлены и снабжены комментариями, из которых становилась бы очевидной необходимость этой информации при рассмотрении вопроса.

8. В конце работы необходимо привести список используемой литературы и интернет-ресурсов согласно установленным требованиям к оформлению библиографического списка с указанием тех заданий, в которых они были использованы.

9. Перед тем как сдать работу на проверку, ее необходимо зарегистрировать.

10. После проверки контрольной работы преподаватель выставляет оценку «зачтено» или «не зачтено» с указанием замечаний. При получении незачтенной работы студент повторно выполняет работу с учетом замечаний и отдает ее на проверку вместе с первоначальным вариантом.

11. Контрольная работа, оформленная небрежно, написанная неразборчивым почерком, выполненная по неверно выбранному варианту, возвращается студенту без проверки с указанием причин возврата.

Контрольные вопросы

1. Приведите классификацию примесей и загрязнений воды на основе фазово-дисперсного состояния. Какова роль этой классификации в очистке стоков?
2. Дайте общую характеристику методов механической очистки воды.
3. Отстаивание взвеси в неподвижной жидкости.
4. Осаждение взвеси в потоке жидкости. Расчет горизонтального отстойника.
5. Как увеличить эффективность очистки воды в отстойнике?
6. Дайте общую характеристику фильтрования суспензии.
7. Фильтрование суспензий с образованием осадка на фильтрующей перегородке.
8. Фильтрование суспензий с закупориванием пор фильтрующей перегородки.
9. Виды фильтрующих загрузок. Основные параметры работы фильтров для очистки воды.
10. Общие положения очистки воды под действием центробежных сил.

11. Строение двойного электрического слоя.
12. Основные положения теории ДЛФО.
13. Правило Шульце-Гарди и его обращение.
14. Концентрационный механизм коагуляции.
15. Нейтрализационный механизм коагуляции.
16. Что такое флокуляция и какова ее роль в процессе очистки воды?
17. Приведите классификацию флокулянтов с примерами.
18. На чем базируется теория процесса флотационной очистки воды от примесей?
19. Что такое молекулярная адсорбция и какова ее роль в процессе очистки воды от примесей?
20. Приведите классификацию адсорбционных материалов с примерами.
21. Что такое ионный обмен и какова его роль в процессе очистки воды?
22. Что такое электродиализ? Какова роль мембраны в этом процессе?
23. Что такое ультрафильтрация и обратный осмос?

Варианты задач

1. Рассчитать кажущийся выход по току ($\eta_{\text{каж}}$) процесса электролиза при условиях, табл.1.

Таблица 1

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
C_0 , г-экв/дм ³	0,1	0,1	0,01	0,01	0,015	0,1	0,08	0,12	0,15	0,2
C_t , г-экв/дм ³	0,01	0,02	0,001	0,002	0,001	0,01	0,01	0,01	0,01	0,08
V , дм ³	1	0,9	1	0,5	0,5	0,5	0,4	0,7	0,4	0,6
I , А	0,1	0,2	0,07	0,1	0,15	0,08	0,9	0,9	0,15	0,2
t , час	50	25	10	5	4	40	30	40	25	30

2. Рассчитать работу адгезии частицы (W_a) загрязнения воды к газовому пузырьку при заданном угле смачивания (θ) и поверхностном натяжении сточной воды ($\sigma_{\text{жг}}$). Сделать вывод о гидрофильности/гидрофобности частицы, табл.2.

Таблица 2

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
θ , град	10	15	90	23	110	60	44	23	120	73
$\sigma_{\text{жг}}$, эрг/см ²	52	50	50	60	54	56	47	69	49	52

3. Рассчитать величину осмотического давления в системе «водный раствор – мембрана – вода», если заданы весовая концентрация растворенного вещества (C_v), его молекулярная масса (M_v) и температура раствора (T), табл.3.

Таблица 3

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_B, \text{кг/м}^3$	50	25	12	17	5	6	5	3	100	75
$M_B, \text{кг/моль}$	0,05	0,048	0,168	0,100	0,052	0,048	0,036	0,046	0,05	0,025
$T, ^\circ\text{C}$	20	22	18	17	15	16	19	27	12	25

4. Рассчитать, как изменится общее солесодержание воды при ее умягчении на Na-катионитовом фильтре. Исходные данные приведены в табл. 4.

Таблица 4

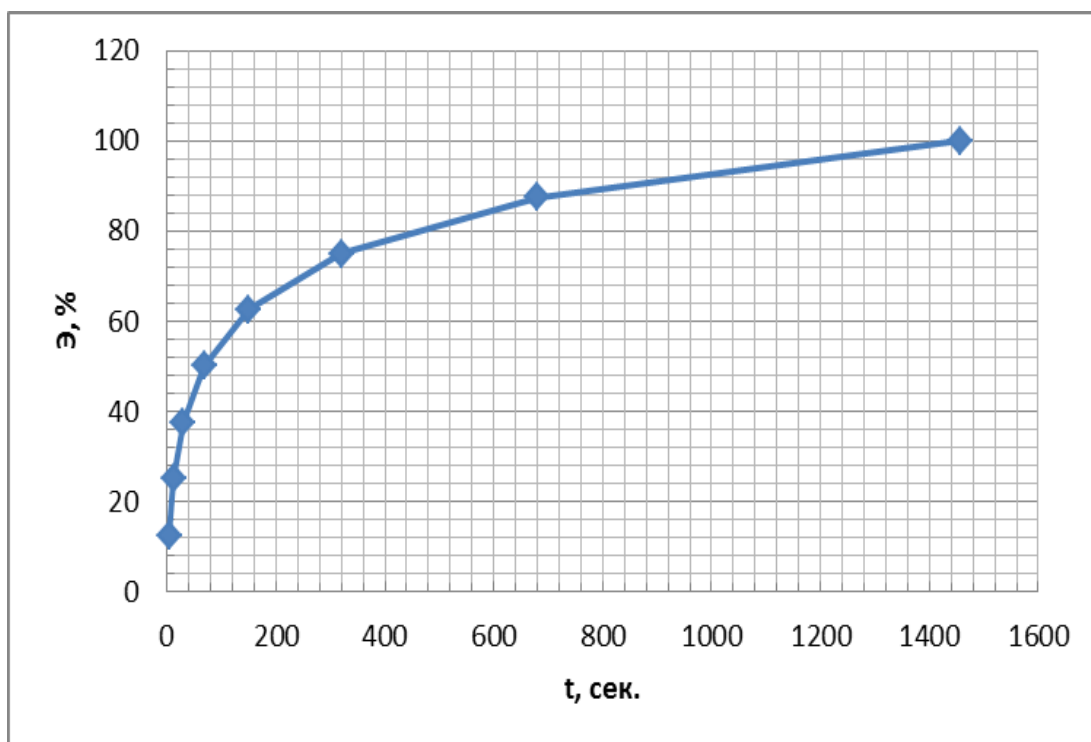
Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$[\text{Ca}^{2+}]_{\text{нач}}, \text{мг/л}$	100	150	200	80	320	–	185	300	260	100
$[\text{Mg}^{2+}]_{\text{нач}}, \text{мг/л}$	100	52	–	31	98	65	79	54	200	150
$[\text{Na}^+]_{\text{нач}}, \text{мг/л}$	400	550	300	5	220	110	–	650	52	400
$J_{\text{конеч}}, \text{мг-экв/л}$	0,1	0,2	0,1	0,5	0,2	0,3	0,5	0,4	0,1	0,1

5. Предложить схему очистки воды, содержащей вещества, приведенные в табл. 6.

Таблица 5

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Взвешенные вещества	+		+	+	+		+	+		+
ХПК	+	+		+		+			+	+
БПК либо растворенные вещества		+	+	+		+	+	+	+	+
Жесткость	+	+		+	+	+	+		+	
Тяжелые металлы	+				+	+		+		+
Отклонения pH		+			+		+	+		

6. Рассчитать минимальную и охватывающую гидравлическую крупность частиц по графику (рисунок) и требуемому эффекту осветления, приведенных в табл.6.



Зависимость эффективности осветления суспензии от времени

Таблица 6

Вариант	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
$C_{в/в}^H$, МГ/Л	300	350	400	280	290	250	320	360	400	380
$C_{в/в}^K$, МГ/Л	90	50	100	60	70	90	150	100	120	85
h, мм	30	30	30	25	30	20	20	25	25	25

Примеры расчета

ЗАДАЧА № 1

Рассчитать кажущийся выход по току ($\eta_{\text{каж}}$) процесса электродиализа.

Исходные данные:

$$C_0 = 0.1, \text{ г-экв/дм}^3$$

$$C_t = 0.005, \text{ г-экв/дм}^3$$

$$V = 1.1, \text{ дм}^3$$

$$I = 0.1, \text{ А}$$

$$t = 45, \text{ ч}$$

Найти:

$$\eta_{\text{каж}}$$

Расчет:

$$\eta_{\text{каж}} = \frac{(c_0 - c_t) \cdot V \cdot 96500}{I \cdot t} \cdot 100 \%,$$

где C_0 и C_t - концентрации удаляемого иона, соответственно, до и после диализа, г-экв/дм³;

V - объем камер обессоливания, дм³;

I - сила тока, А ;

t - длительность электродиализа, с.

$$\eta_{\text{каж}} = \frac{(0.1 - 0.005) \cdot 1.1 \cdot 96500}{0.1 \cdot 45 \cdot 3600} \cdot 100 \% = 62 \%.$$

ЗАДАЧА № 2

Рассчитать работу адгезии частицы загрязнения воды к газовому пузырьку. Сделать вывод о гидрофильности/гидрофобности частицы.

Исходные данные:

$$\theta = 100, \text{ град.};$$

$$\sigma_{\text{жг}} = 51, \text{ эрг/см}^2$$

Найти:

$$W_a$$

Расчет:

$$W_a = \sigma_{\text{жг}} (1 - \cos\theta) \text{ эрг/см}^2;$$

где θ - краевой угол или угол смачивания, град.;

$\sigma_{жг}$ - пограничное натяжение на границе фаз жидкость-газ, эрг/ см² ;

W_a - работа адгезии, эрг/ см².

$$W_a = 51 \times (1 - \cos 100) = 59.8, \text{ эрг/ см}^2.$$

Если $0 \leq \theta \leq 90^\circ$ – поверхность называется гидрофильной.

В случае $90^\circ \leq \theta \leq 180^\circ$ – поверхность называется гидрофобной.

Частица гидрофобная.

ЗАДАЧА № 3

Рассчитать величину осмотического давления в системе «водный раствор – мембрана – вода».

Исходные данные:

$$C_B = 30, \text{ кг/м}^3$$

$$M_B = 0.1, \text{ кг/моль}$$

$$T = 23, \text{ }^\circ\text{C}$$

Найти:

П

Расчет:

$$\Pi = \Delta c \times R \times T,$$

где Δc - разность концентраций между камерами, моль/м³;

R - универсальная газовая постоянная, 8.314 Дж/моль·К;

T - абсолютная температура, К.

$$\Pi = \frac{C_e}{M_e} \times R \times (T + 273) = 738.3 \text{ кДж}.$$

ЗАДАЧА № 4

Рассчитать, как изменится общее солесодержание воды при ее умягчении на Na-катионитовом фильтре.

Исходные данные:

$$[Ca^{2+}]_{нач}, \quad 180 \text{ мг/л}$$

$$[Na^+]_{нач}, \quad 60 \text{ мг/л}$$

$$J_{конеч}, \quad 0,1 \text{ мг-ЭКВ/л}$$

Найти:

ΔP .

Расчет:

Изменение солесодержания можно рассчитать по формуле:

$$\Delta P = (C_{Ca^{2+}}^{\text{нач}} - C_{Na^+}^{\text{нач}}) - (C_{Ca^{2+}}^{\text{кон}} - C_{Na^+}^{\text{кон}}), \text{ мг/л.}$$

$$Ж = \frac{[Ca^{2+}]}{20.04} + \frac{[Mg^{2+}]}{12.16}, \text{ мг-экв/л.}$$

Так как в исходной воде нет магния, то формула для жесткости начальной воды будет иметь вид:

$$Ж = \frac{[Ca^{2+}]}{20.04}, \text{ мг-экв/л.}$$

Из данной формулы можно определить концентрацию кальция конечную. На ионообменном фильтре ионы кальция будут меняться на натрий.

$$\Delta P = (180 + 60) - \left(60 + 20.04 \cdot 0.1 + 23 \cdot \left(\frac{180}{20.4} - 0.1 \right) \right) = -26.7 \text{ мг/л.}$$

ЗАДАЧА № 5

Предложить схему очистки воды, содержащей указанные вещества.

Исходные данные:

БПК

Взвешенные вещества

Найти:

Схему очистки.

Решение:

Решетка – песколовка – отстойник – аэротенк – отстойник - чистая вода.

ЗАДАЧА № 6

Рассчитать минимальную и охватывающую гидравлическую крупность частиц по графику (рис. 1) и требуемому эффекту осветления.

Исходные данные:

$h = 30 \text{ мм}$
 $C_{\text{В/В}}^{\text{Н}}, 300 \text{ мг/л}$
 $C_{\text{В/В}}^{\text{К}}, 100 \text{ мг/л}$

Найти:

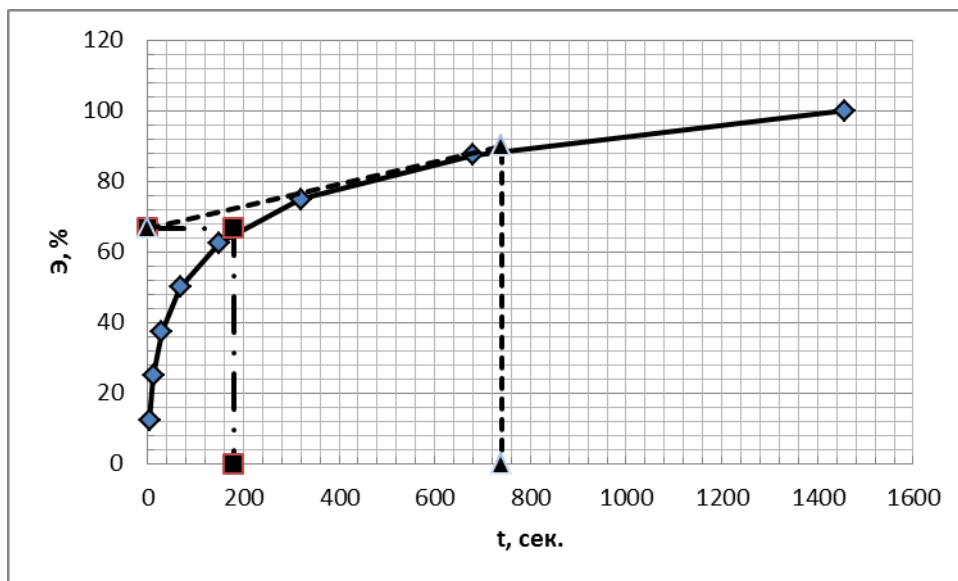
u_{min} мм/с
 $u_{\text{ОХВ}}$ мм/с

Расчет:

Определяем эффективность очистки по формуле:

$$\mathcal{E} = \frac{C_{\text{В/В}}^{\text{Н}} - C_{\text{В/В}}^{\text{К}}}{C_{\text{В/В}}^{\text{Н}}} \cdot 100 \% = \frac{300 - 100}{300} \cdot 100 \% = 66,7 \%$$

Для определения гидравлической крупности проводим касательную и перпендикуляр к кривой осаждения суспензии из ординаты \mathcal{E} и определяем время осаждения частиц, обеспечивающих эту эффективность (t_1 и t_2) соответственно.



Гидравлическая крупность частиц рассчитывается по формулам:

$$u_{\text{min}} = h/t_1 = 30/200 = 0,15 \text{ мм/с},$$
$$u_{\text{ОХВ}} = h/t_2 = 30/740 = 0,04 \text{ мм/с}.$$

Библиографический список

- Ветошкин А.Г. Основы инженерной защиты окружающей среды: учебное пособие. - М.: Инфра-Инженерия, 2016.- 456 с.
- Чернобережский Ю.М., Морева Ю.Л., Николаев А.Н. Теоретические основы очистки и обезвреживания выбросов и сбросов.: учебное пособие / СПбГТУРП. - СПб., 2012. Часть 1.- 100 с.
- Теоретические основы ресурсосбережения и охраны окружающей среды: методические указания для выполнения лабораторных работ / сост.: Ю.Л. Морева, А.В. Лоренцсон; СПбГТУРП. - СПб., 2014. Ч.1.- 39 с.
- Братчикова И.Г. Физико-химические основы инженерной экологии: учебное пособие- М.: РУДН, 2011.- 124 с.
- Очистка и рекуперация промышленных выбросов/ В.Ф. Максимов, И.В. Вольф, Т.А. Винокурова и др.: учебник для вузов. – М.: Лесная промышленность, 1989. – 416 с.
- Ветошкин А.Г. Инженерная защита окружающей среды от вредных выбросов: учебное пособие. – [Электрон. текстовые данные]. - М.: Инфра-Инженерия, 2016. – 416 с.
- Белевцев А.Н. Теоретические основы защиты окружающей среды. Охрана водного бассейна в металлургии: учебное пособие/ А.Н. Белевцев, М.А. Белевцев, Л.А. Мирошкина. – [Электрон. текстовые данные]. – М.: Издательский Дом МИСиС, 2007. – 103 с.
- Зайцев В.А. Промышленная экология: учебное пособие. - М.: БИНОМ. Лаборатория знаний, 2015. – 383 с.
- Мишуков Б.Г. Глубокая очистка городских сточных вод: учебное пособие. - СПб.: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, ЭБС АСВ, 2014. –180 с.

Учебное издание

**Морева Юлия Леонидовна
Лоренцсон Александр Валентинович**

**ТЕОРЕТИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ОЧИСТКИ И ОБЕЗВРЕЖИВАНИЯ
ВЫБРОСОВ И СБРОСОВ**

Методические указания
для выполнения контрольных работ

Редактор и корректор В.А. Басова
Техн. редактор Л.Я. Титова

Темплан 2017 г., поз.131

Подп. к печати 13.12.17. Формат 60 x 84/16. Бумага тип. № 1.
Печать офсетная. Объем 0,75 п.л.; 0,75 уч.-изд. л. Тираж 50 экз.
Изд. № 131. Цена «С».

Ризограф Высшей школы технологии и энергетики СПбГУПТД, 198095,
Санкт-Петербург, ул. Ивана Черных, 4