

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)



УТВЕРЖДАЮ

Заместитель директора по УР

Н.И. Никифорова

«30» 09 2022 г.

**ФОНД ОЦЕНОЧНЫХ СРЕДСТВ**

по дисциплине (модулю)

**Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация отходов  
энергоустановок нефтехимических предприятий**

(код и наименование дисциплины (модуля))

**13.03.01 – Теплоэнергетика и теплотехника**

(код и наименование направления подготовки/ специальности)

**Энергообеспечение предприятий**

(наименование профиля/специализации)

**бакалавр**

квалификация

**очная**

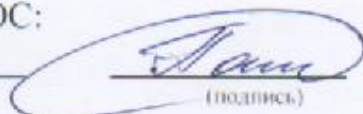
форма обучения

Нижнекамск, 2022г.

Составитель ФОС:

доцент ПАХТ

(должность)

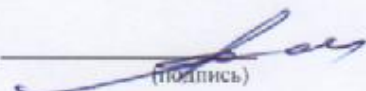
  
(подпись)

Г.Р. Патракова

(Ф.И.О.)

ФОС рассмотрен и одобрен на заседании кафедры  
\_\_\_\_ ПАХТ \_\_\_\_\_, протокол от \_\_\_\_ 20\_\_ г. № \_\_\_\_

Зав. кафедрой ПАХТ

  
(подпись)

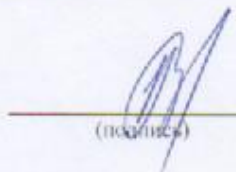
Д.Н. Латыпов

(Ф.И.О.)

### СОГЛАСОВАНО

Протокол заседания кафедры «Электротехники и энергообеспечения  
предприятий», реализующей подготовку основной образовательной  
программы от 24.04 2022 г. № 8

Зав. кафедрой ЭТЭОП

  
(подпись)

Е.В. Тумаева

(Ф.И.О.)

Эксперт:

Руководитель ООП Вафин Д.Б., проф. каф. ЭТЭОП НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»

Ф.И.О., должность, организация, подпись



***Перечень компетенций и индикаторов достижения компетенций с указанием этапов формирования в процессе освоения дисциплины***

Компетенция:

***ПК-5*** Способен организовать соблюдение работниками правил промышленной и экологической безопасности, готов к разработке мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на производстве.

***ПК-5.1*** Знает нормы и законодательные акты по правилам промышленной и экологической безопасности и по энерго- и ресурсосбережению на производстве.

***ПК-5.2*** Умеет организовать соблюдение работниками правил промышленной и экологической безопасности.

***ПК-5.3*** Владеет методами разработки мероприятий по энерго- и ресурсосбережению на объектах энергетики.

<b><i>Индикаторы достижения компетенции</i></b>	<b><i>Этапы формирования в процессе освоения дисциплины</i></b>				<b><i>Наименование оценочного средства</i></b>
	<b><i>Лекции</i></b>	<b><i>Практические Занятия,</i></b>	<b><i>Лабораторные занятия</i></b>	<b><i>Курсовой проект (работа)</i></b>	
ПК-5.1	<b><i>Тема 1, Тема 3, Тема 6</i></b>	<b><i>Тема 1-8</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>Не предусмотрены</i></b>	<b><i>Практические работы, доклад, тестирование /зачет с оценкой</i></b>
ПК-5.2	<b><i>Тема 1, Тема 6, Тема 7</i></b>	<b><i>Тема 1-8</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>Не предусмотрены</i></b>	<b><i>Практические работы, доклад, тестирование /зачет с оценкой</i></b>
ПК-5.3	<b><i>Тема 4, Тема 8</i></b>	<b><i>Тема 1-8</i></b>	<b><i>-</i></b>	<b><i>Не предусмотрены</i></b>	<b><i>Практические работы, доклад, тестирование /зачет с оценкой</i></b>

***Перечень оценочных средств по дисциплине (модулю)***

<b>Оценочные средства</b>	<b>Кол-во</b>	<b>Min, баллов</b>	<b>Max, баллов</b>
<b>Практическая работа</b>	<b>6</b>	<b>4 (24)</b>	<b>7 (42)</b>
<b>Доклад</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>Тестирование</b>	<b>1</b>	<b>6</b>	<b>9</b>
<b>Зачет с оценкой</b>		<b>24</b>	<b>40</b>
<b>Итого:</b>		<b>60</b>	<b>100</b>

### *Шкала оценивания*

<b>Цифровое выражение</b>	<b>Выражение в баллах:</b>	<b>Словесное выражение</b>	<b>Критерии оценки индикаторов достижения при форме контроля:</b>	
			<b>экзамен / зачет с оценкой</b>	<b>зачет</b>
5	87 - 100	Отлично (зачтено)	Оценка «отлично» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, без пробелов; исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал; свободно справляется с задачами, вопросами и другими видами применения знаний; использует в ответе дополнительный материал все предусмотренные программой задания выполнены, качество их выполнения оценено числом баллов, близким к максимальному; анализирует полученные результаты; проявляет самостоятельность при выполнении заданий	Оценка «зачтено» выставляется студенту, если ответы на вопросы по темам
4	74 - 86	Хорошо (зачтено)	Оценка «хорошо» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено полностью, необходимые практические компетенции в основном сформированы, все предусмотренные программой обучения учебные задания выполнены, качество их выполнения достаточно высокое. Студент твердо знает материал, грамотно и по существу излагает его, не допуская существенных неточностей в ответе на вопрос.	дисциплины последовательны, логически изложены, допускаются незначительные недочеты в ответе студента, такие как
3	60 - 73	Удовлетворительно (зачтено)	Оценка «удовлетворительно» выставляется студенту, если теоретическое содержание курса освоено частично, но пробелы не носят существенного характера, большинство предусмотренных программой заданий выполнено, но в них имеются ошибки, при ответе на поставленный вопрос студент допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, наблюдаются нарушения логической последовательности в изложении программного материала.	отсутствие самостоятельно го вывода, речевые ошибки и пр
2	Ниже 60	Неудовлетворительно (не зачтено)	Оценка «неудовлетворительно» выставляется студенту, если он не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями выполняет практические работы, необходимые практические компетенции не сформированы, большинство предусмотренных программой обучения учебных заданий не выполнено, качество их	Оценка «не зачтено» выставляется студенту, если студент не знает основных понятий темы дисциплины, не

			выполнения оценено числом баллов, близким к минимальному	отвечает на дополнительные и наводящие вопросы преподавателя.
--	--	--	--	---

### Краткая характеристика оценочных средства

<b>№ п/п</b>	<b>Наименование оценочного средства</b>	<b>Краткая характеристика оценочного средства</b>	<b>Представление оценочного средства в фонде</b>
<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
1.	Практическое занятие	В ходе практических работ студенты овладевают умениями пользоваться работать с нормативными документами и инструктивными материалами, справочниками, составлять техническую документацию; выполнять чертежи, схемы, таблицы, решать разного рода задачи, делать вычисления, определять характеристики различных веществ, объектов, явлений. Цель практических занятий заключается в выработке у студентов навыков применения полученных знаний для решения практических задач в процессе совместной деятельности с преподавателями.	Темы практических занятий; контрольные вопросы и задания по теме практического занятия
2	Доклад, сообщение	Продукт самостоятельной работы студента, представляющий собой публичное выступление по представлению полученных результатов решения определенной учебно-практической, учебно-исследовательской или научной темы	Темы докладов, сообщений
3	Тест	Система стандартизированных заданий, позволяющая автоматизировать процедуру измерения уровня знаний и умений обучающегося.	Фонд тестовых заданий

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Факультет информационных технологий

Кафедра Электротехники и энергообеспечения предприятий

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и  
теплотехника

Профиль/программа: Энергообеспечение предприятий

Семестр 7

**Перечень вопросов к зачету по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Очистка  
сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических  
предприятий**

1. Виды потребления воды и зависимость характера примесей от типа производства.
2. Нормативы качества воды водоемов и определение необходимой степени очистки сточных вод.
3. Назначение и суть механической очистки сточных вод.
4. Место механической очистки в общей системе очистки сточных вод.
5. Основные принципы и критерии механической очистки.
6. Общие сведения о сооружениях для механической очистки сточных вод.
7. Назначение и суть химической очистки и обеззараживания сточных вод.
8. Требования к качеству химической очистки сточных вод в зависимости от их дальнейшего предназначения.
9. Способы нейтрализации сточных вод.
10. Виды окислителей и методы их получения.
11. Электрохимическое окисление.
12. Основные методы обеззараживания сточных вод.
13. Назначение и основные методы физико-химической очистки сточных вод.
14. Методы очистки сточных вод от коллоидных примесей.
15. Электрокоагуляционные установки.
16. Сорбционные методы очистки сточных вод.
17. Флотационный метод очистки сточных вод.
18. Специальные методы очистки промышленных сточных вод: экстракция, ионный обмен, электродиализ.

19. Мембранные методы очистки сточных вод.
20. Биологическая очистка сточных вод. Влияние структуры примесей и внешних условий на эффективность процессов биологической очистки.
21. Основные сооружения для биологической очистки.
22. Назначение и цели глубокой очистки сточных вод.
23. Глубокая очистка от взвешенных веществ, соединений азота и фосфора, от растворённых соединений.
24. Воды химводоочисток; отработавшие растворы от промывок и консервации теплосилового оборудования; теплые воды; воды гидрозолоудаления; обмывочные воды; нефтезагрязненные воды.
25. Методы их обезвреживания и утилизации.
26. Факторы, обуславливающие необходимость создания замкнутых водооборотных систем.
27. Общие задачи, которые следует учитывать при разработке замкнутых водооборотных систем.
28. Требования к качеству воды, используемой повторно в промышленности.
29. Основные методы очистки сточных вод при повторном их использовании.

**Критерии оценки.** Оценка за ответ на вопросы к зачету, проводимый в форме устного опроса знаний студентов, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл за ответ – 40. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов.

Критерий оценки	Балл
Демонстрирует полное понимание поставленного вопроса. Дает полный развернутый ответ на основной вопрос. Дает логически обоснованный и правильный ответ на дополнительный вопрос. «зачтено» выставляется студенту, если он исчерпывающе, последовательно, четко и логически стройно излагает материал, умеет тесно увязывать теорию с практикой, использует в ответе материал рекомендуемой литературы, правильно обосновывает принятое решение, владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач.	40
Дает достаточно полный ответ, с нарушением последовательности изложения. Отвечает на дополнительный вопрос, но обосновать не может. «зачтено» выставляется студенту, если он по существу излагает материал, правильно применяет теоретические положения при решении практических вопросов.	32
Дает неполный ответ на основной вопрос. Не дает ответа на дополнительный вопрос. «зачтено» выставляется студенту, если он имеет знания только основного материала, но не усвоил его деталей, допускает неточности, недостаточно правильные формулировки, нарушения	24

логической последовательности в изложении программного материала.	
Нет ответа. «не зачтено» выставляется студенту, который не знает значительной части программного материала, допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями отвечает на вопросы. Как правило, ставится студентам, которые не могут продолжить обучение без дополнительных занятий по соответствующей дисциплине.	0

Суммарный рейтинг студента в баллах за семестр складывается из оценки его деятельности в течение семестра и оценки, полученной на зачете, в соотношении 60:40. Максимальный балл, который может набрать студент за один семестр в ходе изучения дисциплины в целом, равен 100. В соответствии с положением о балльно-рейтинговой системе (БРС) к набранной за семестр сумме баллов (от 36 до 60) добавляется при сдаче зачета от 24 до 40 баллов.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

*Факультет \_\_\_\_\_ информационных технологий*  
*Кафедра Электротехники и энергообеспечения предприятий*

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль/программа: Энергообеспечение предприятий

Семестр 7

Учебным планом по направлению подготовки 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника для обучающихся предусмотрено проведение практических занятий по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий в 7 семестре. Обучающимся предлагаются разноуровневые задачи и задания реконструктивного уровня, позволяющие оценивать и диагностировать умения синтезировать, анализировать, обобщать фактический и теоретический материал с формулированием конкретных выводов, установлением причинно-следственных связей.



### **Задание 1**

Практическая работа №1. Расчет количества аппаратов системы механической очистки сточных вод (по вариантам)

### **Задание 2**

Практическая работа №2. Определение необходимой степени очистки по взвешенным веществам, степени очистки сточных вод по БПК полн, по температуре воды.

### **Задание 3**

Практическая работа №3. Рассчитайте размеры песколовки и начертите схему для исходных данных. Расчет эффективности работы песколовки.

### **Задание 4**

Практическая работа №4. Расчет вертикального экстрактора. Нарисовать схему экстрактора.

Расчет вертикального экстрактора: фактора экстрактора, объемный расход экстрагента, степень экстракции, поперечное сечение аппарата. Нарисовать схему экстрактора.

Расчет вертикального экстрактора: фактора экстрактора, объемный расход экстрагента, степень экстракции, поперечное сечение аппарата. Нарисовать схему экстрактора.

### **Задание 5**

Практическая работа №5. Расчет зернистого фильтра. Расчет зернистого фильтра: скорость фильтрования, суммарную площадь фильтров, площадь одного фильтра, высоту фильтра.

### **Задание 6**

Практическая работа №6. Определение основных параметров аэротенка.

Определение основных параметров аэротенка: время аэрации, расход воздуха, площадь заркала воды в аэротенке, длину, ширину аэротенка. Начертить схему аэротенка по расчетным данным.

Остальные варианты заданий приведены в методическом указании, разработанном на кафедре ПАХТ:

1. Патракова Г.Р. Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий: учебное пособие / Г.Р. Патракова. – Нижнекамск : НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2019. – 87с.

2. Патракова Г.Р. Промышленная экология объектов энергетики и промышленная безопасность : учебное пособие / Г.Р. Патракова. – Нижнекамск : НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ», 2017. – 98с.

## Критерии оценки практических занятий

В \_\_7\_\_ семестре обучающийся выполняет, 6 практических работ. За решение каждого он может получить от 4 до 7 баллов.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №1

по дисциплине **Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий**  
(наименование дисциплины)

#### Задача № 1.

Определить расчетный расход сточных вод и геометрические размеры песколовки – жироловки для очистки СВ предприятия с производственной мощностью  $P = 25$  т/смену и нормой водоотведения  $m = 20,2$  м<sup>3</sup>/т продукции с учетом часового коэффициента  $Kч = 2,5$  ч при скорости движения  $V = 0,003$  м/с, со средним диаметром частиц  $d = 100$  мкм, количество часов работы в смену  $t = 8$  часов рабочей глубиной ловушки  $H = 1,5$  м;  $\rho_{жид.} = 800$  кг/м<sup>3</sup>;  $\rho_{част.} = 1000$  кг/м<sup>3</sup>;  $\mu_{ж.} = 0,5 \cdot 10^3$  Пас.

Скорость осаждения примесей или всплывания капелек нефтепродуктов (жира) определяется по формуле (м/с):

$$u = (pd^2_k \cdot 18)((\rho_{ч} - \rho_{ж}) / \mu_{ж})$$

Длина нефтеловушки (м) определяется по следующей формуле:

$$L = VH / (0,5 (U - 0,5 V))$$

Максимальный часовой расход сточных вод (м<sup>3</sup>/ч):

$$Q = (m \cdot P \cdot Kч) / t$$

Рабочая ширина нефтеловушки (м) равна:

$$B = Q / (V \cdot H \cdot 3600)$$

В песколовках – жироловках улавливается 20 – 30 % примесей и 60 – 70 % жира, поэтому доочистку сточных вод дальше проводят другими методами.

Таблица 1.

исходные данные к задаче № 1

варианты	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
<b>П – произв. мощность т/смену</b>	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19
<b>m – норма</b>	17,1	18,7	19,4	20,2	21,6	22,5	23	23,8	22,6	20,2

<b>водоотведения м³/т</b>										
<b>Кч – часовой коэффициент (ч)</b>	1,5	2,6	2,7	2,2	2,8	3,0	2,1	2,2	2,3	2,4
<b>V – скорость движения частиц (м/с)</b>	0,001	0,002	0,003	0,004	0,005	0,006	0,006	0,007	0,008	0,009
<b>d – ср. диаметр частиц (мкм)</b>	10	20	30	40	50	60	70	80	90	100
<b>t – количество часов работы</b>	8	9	10	11	12	8	9	10	11	12
<b>H – рабочая глубина ловушки (м)</b>	1,1	1,2	1,3	1,4	1,5	1,6	1,7	1,8	1,9	2,0
<b>Pг – плотность частиц (кг/м³)</b>	600	700	800	900	1000	1100	1200	1300	1400	1500
<b>Pж – плотность жидкости (кг/м³)</b>	400	500	600	750	800	1000	950	1200	1350	1250
<b>μж – вязкость жидкости</b>	0,5 · 10 <sup>-3</sup> Па									

## Задача № 2.

Рассчитать количество аппаратов системы механической очистки сточных вод, состоящей из песколовки, отстойника и механического фильтра, если концентрация грубодисперсных и взвешенных примесей в сточных водах на входе в очистные сооружения  $C_1=2500$  мг/дм<sup>3</sup>, а требуемая концентрация на выходе  $C_2'''=20$  мг/ дм<sup>3</sup>.

Эффективность работы сооружений:  $\eta_{\text{песк}}=90\%$ ,  $\eta_{\text{отст}}=55\%$ ,  $\eta_{\text{ф}}=60\%$

### Решение.

1) Принимаем одну песколовку. Концентрация примесей после песколовки, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_2=C_1'=C_1(1-\eta_{\text{песк}})=2500(1-0,9)=250$$

Сточные воды направляются в отстойник.

2) Принимаем один отстойник. Концентрация примесей после отстойника, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_1''=C_2'=C_2(1-\eta_{\text{отст}})=250(1-0,55)=112,5$$

Воды направляются на механический фильтр.

3) Принимаем один механический фильтр. Концентрация примесей после фильтра, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_2''=C_2'(1-\eta_{\text{ф}})=112,5(1-0,6)=45$$

Концентрация примесей превышает требуемую. Таким образом, данную схему необходимо дополнить.

4) Допустим, что в схеме очистки два отстойника. Концентрация примесей после второго отстойника составит, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_1''=C_2' (1-\eta_{\text{отст}})=112,5(1-0,55)=50,625$$

Далее воды направляются на механический фильтр, после которого концентрация примесей составит, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_2''=C_1'' (1-\eta_{\text{ф}})=50,625(1-0,6)=20,25$$

Концентрация примесей превышает требуемую.

5) Принимаем, что в схеме один отстойник и два механических фильтра, после которых концентрация примесей составит, мг/ дм<sup>3</sup>

$$C_2''' = C_2'' (1 - \eta_{\phi}) = 45(1 - 0,6) = 18$$

Концентрация примесей снижается до требуемого уровня.

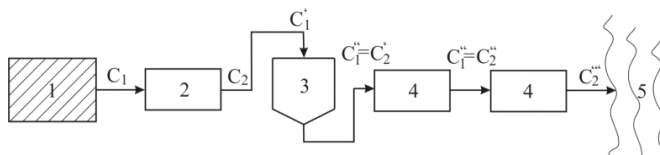


Рис. 1. Схема механической очистки сточных вод промышленного предприятия

**Вывод.** Таким образом, разработанная система очистных сооружений, состоящая из одной песколовки с  $\eta_{\text{песк}} = 90\%$ , одного отстойника с  $\eta_{\text{отст}} = 55\%$  и двух механических фильтров с  $\eta_{\phi} = 60\%$ , при исходной концентрации  $C_1 = 2500$  мг/ дм<sup>3</sup> в конечном итоге очищает сточные воды до  $C_2''' = 18$  мг/ дм<sup>3</sup>, что меньше требуемой концентрации, равной 20 мг/л.

Рассчитать количество аппаратов системы механической очистки сточных вод, включающей песколовку, отстойник и механический фильтр, для снижения концентрации механических примесей на выходе из сооружений до значения «не более 20 мг/дм<sup>3</sup>» при исходных данных (таблица 2).

Таблица 2.

Исходные данные для задачи №2

Номер варианта	Концентрация примесей в сточных водах $C_1$ , мг/дм <sup>3</sup>	Эффективность работы песколовки, $\eta_{\text{песк}}$ , %	Эффективность работы отстойника, $\eta_{\text{отст}}$ , %	Эффективно сть работы механическо го фильтра, $\eta_{\phi}$ , %
1	2400	72	46	60
2	2300	85	52	66
3	2000	85	50	65
4	1700	72	60	45
5	2200	78	50	63
6	1550	55	70	65
7	2250	85	46	50
8	2350	85	50	60
9	1900	55	75	45
10	1800	70	64	75

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №2

по дисциплине Б1.В.ДВ.12.1 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий

Определить необходимую степень очистки производственных сточных вод перед выпуском их в водоем по температуре воды.

Таблица 3.

## Исходные данные для расчета к практической работе №2

Номер варианта	Содержа ние взвешен ных веществ в сточных водах, $C_{нач}$ , мг/л	Средняя глубина водоема , $H$ , м	Длина реки по фарватер у до расчетно го створа, $l_{ф}$ , м	Средн ий расход сточн ых вод, $q$ , $м^3/с$	Приняты й средний расход воды водоема, $Q$ , $м^3/с$	Содержа ние взвешен ных веществ, мг/л $B$ в воде водоема до спуска сточных вод $C_p$	БПК в воде водоем а $L_p$ , мг/л	БПК <sub>пол</sub> н подле жащей сбросу сточной воды $L_a$ , мг/л	Максималь ная температу ра воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время $T_p$ , °C
1	35	1,05	2500	0,347	15	2,1	2,8	10	5
2	17	2	3000	0,5	20	3	2,6	67	10
3	13	1,5	2000	0,45	25	2,5	14,2	14	15
4	10	1,85	2250	0,256	30	1,9	11,2	21	20
5	50	1,22	2010	0,266	10	1,1	25,3	4	25
6	14	1,75	3005	0,405	12,5	4,5	7,6	12	5
7	172	1,9	2105	0,289	16	3,8	2,5	6,4	10
8	155	1,4	2655	0,3	22,5	2,6	8,5	31	15
9	300	1,35	2550	0,382	23	7,3	5,3	3,6	20
10	44	1,38	2505	0,243	18	6,2	10,2	62	25

### 1. Определение необходимой степени очистки по взвешенным веществам

Необходимая степень очистки сточных вод по взвешенным веществам  $\mathcal{E}_{взв}$ , % определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{взв} = \frac{C_{нач} - m}{C_{нач}} \cdot 100,$$

где:  $C_{нач}$  – количество взвешенных веществ в сточной воде до очистки, мг/дм<sup>3</sup>;  $m$  – допустимое содержание взвешенных веществ в сбрасываемых в водоемы сточных водах в соответствии с санитарными нормами определяется из уравнения, мг/дм<sup>3</sup>:

$$a \cdot Q \cdot C_p + q \cdot m = (a \cdot Q + q) \cdot (C_p + C_{lim}),$$

$$m = C_{lim} \cdot (aQ/q + 1) + C_p,$$

где:  $C_p$  – содержание взвешенных веществ в воде водоема до выпуска в него сточных вод, мг/л;  $C_{lim}$  – допустимое по санитарным нормам увеличение содержания взвешенных веществ в воде водоема после выпуска сточных вод (в зависимости от вида водопользования), мг/л;  $Q$  – расход речных вод, м<sup>3</sup>/сут;  $q$  – расход сточных вод, м<sup>3</sup>/сут;  $a$  – коэффициент смешения.

**Расчет коэффициента смешения ( $a$ )** принят по методу Фролова–Родзиллера:

$$a = (1 - e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}) / [1 + (Q/q)e^{-\alpha \sqrt[3]{l}}]$$

где:  $l$  – расстояние по фарватеру реки от места выпуска сточных вод до расчетного створа, м;  $\alpha$  – коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения;  $Q$  – расход воды водоема в створе реки у места выпуска сточных вод, м<sup>3</sup>/с;  $q$  – расход сточных вод, выпускаемых в водоем (среднесуточный), м<sup>3</sup>.

**Коэффициент, учитывающий гидравлические факторы смешения ( $\alpha$ ):**

$$\alpha = \zeta \varphi \sqrt[3]{E/q},$$

где:  $\zeta$  – коэффициент извилистости реки – отношение длины реки по фарватеру от места выпуска сточных вод до расчетного створа  $l_\phi$  к длине реки по прямой на этом же участке  $l_{пр}$ , т. е.  $\zeta = l_\phi / l_{пр}$ ;  $\varphi$  – коэффициент, зависящий от места выпуска: при выпуске у берега  $\varphi = 1$ , при выпуске в фарватер  $\varphi = 1,5$ ;  $E$  – коэффициент турбулентной диффузии.

**$E$  – коэффициент турбулентной диффузии:**

$$E = v \cdot H / (2C \cdot r),$$

где:  $v$  – средняя скорость течения реки на участке между выпуском сточных вод и расчетным створом, м/с;  $H$  – средняя глубина реки на том же участке, м;  $C$  – коэффициент Шези, для равнинных рек  $C=40$ ;  $r$  – коэффициент шероховатости Буссинеску.

**Коэффициент шероховатости Буссинеску –  $r$**

$$r = 24/9,81 \approx 2,5$$

Во избежание отложения взвешенных веществ в водоеме, их гидравлическая крупность не должна превышать 0,4 мм/с при выпуске в реку и 0,2 мм/с – в водохранилище. Если в сточной воде концентрация взвешенных веществ не удовлетворяет этому требованию, то сточную воду перед сбросом в водоем необходимо отстаивать для осаждения взвешенных

веществ указанной гидравлической крупности.

**При сбросе сточных вод, содержащих токсичные вещества,** необходимо произвести оценку качества сбрасываемой воды по предельно допустимой концентрации:

$$C_{\text{кон}} = (n-1) \cdot (C_{\text{lim}} - C_p) + C_{\text{lim}},$$

где:  $C_{\text{кон}}$  и  $C_p$  концентрация загрязняющего вещества соответственно для нормативно-очищенной сточной воды и в реке выше места выпуска, мг/л;  $C_{\text{lim}}$  предельно допустимая концентрация, если в воде присутствует один вид загрязнений;  $n$  – коэффициент разбавления:

$$n = \frac{q + aQ}{q}$$

## 2. Определение необходимой степени очистки сточных вод по БПК<sub>полн</sub>

Если фактическая БПК<sub>полн</sub> подлежащей сбросу сточной воды  $L_a > L_{\text{ст}}$ , то вода до выпуска в водоем должна быть очищена. Необходимая степень очистки  $\mathcal{E}_{\text{БПК}}$ , % определяется по формуле:

$$\mathcal{E}_{\text{БПК}} = \frac{L_a - L_{\text{кон}}}{L_a} \cdot 100,$$

где:  $L_a$  фактическая БПК<sub>полн</sub> подлежащей сбросу сточной воды.

При расчете учитывается снижение БПК воды за счет разбавления сточных вод водой водоема, а также за счет биохимических процессов самоочищения сточных вод от органических веществ.

Баланс биохимической потребности в кислороде смеси речной и сточной вод в расчетной точке выражается следующим уравнением:

$$q \cdot L_{\text{кон}} \cdot 10^{-k_{\text{ст}} t} + a \cdot Q \cdot L_p \cdot 10^{-k_p t} = (q + a \cdot Q) \cdot L_{\text{lim}},$$

где:  $L_{\text{кон}}$  БПК<sub>полн</sub> сточной воды, которая должна быть достигнута в процессе очистки, мг/л;  $L_p$  БПК<sub>полн</sub> речной воды до места выпуска сточных вод, мг/л;  $L_{\text{lim}}$  предельно допустимая БПК<sub>полн</sub> смеси речной и сточной воды в расчетном створе, мг/л;  $k_{\text{ст}}$  и  $k_p$  константы скорости потребления кислорода сточной жидкостью и растворения кислорода в речной воде;  $t$  – продолжительность пробега воды от места выпуска сточных вод до расчетного пункта, сут.

Следовательно:

$$L_{\text{кон}} = \frac{a \cdot Q}{q \cdot 10^{-k_{\text{ст}} t}} \left( L_{\text{lim}} - L_p \cdot 10^{-k_p t} \right) + \frac{L_{\text{lim}}}{10^{-k_{\text{ст}} t}}.$$

Продолжительность перемещения воды от места выпуска сточных вод до расчетного створа (сут):

$$t = l_{\Phi} / (v \cdot 86400)$$

где:  $l_{\phi}$  – длина реки по фарватеру от места выпуска сточных вод до пункта возможного водопользования, м;  $v$  – средняя скорость течения реки, м/с.

Естественная скорость биохимической очистки природных сточных вод существенно зависит от температуры. Поэтому необходимо учитывать зависимость скорости потребления кислорода сточной жидкостью и скорости растворения кислорода в речной воде от температуры.

Таблица 4.

Значения константы скорости потребления кислорода ( $k_{cm}$ ) в зависимости от температуры сточной жидкости

	Температура сточной жидкости, °C											
	0	5	9	12	15	18	20	22	24	26	28	30
$k_{CT}$	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	1,0	0,11	0,12	0,13	0,14	0,158

Таблица 5.

Значения константы скорости растворения кислорода ( $k_p$ )

Характеристика водоема	Значения константы скорости растворения кислорода в речной воде $k_p$ при температуре воды в водоеме, °C					
	5	10	15	20	25	30
Слабопроточные или непроточные водохранилища	0,05	–	0,11	0,15	–	–
Реки с малой скоростью течения ( $v < 0,5$ м/с)	0,16	0,17	0,185	0,2	0,215	0,236
Реки с большой скоростью течения ( $v > 0,5$ м/с)	0,38	0,425	0,46	0,5	0,54	0,585
Малые реки с быстрым течением ( $v > 1$ м/с)	–	0,684	0,74	0,8	0,865	0,935

### 3. Определение необходимой степени очистки сточных вод по температуре воды

Расчет производится в соответствии с санитарными требованиями, ограничивающими повышение летней температуры воды за счет поступления в водоем сточных вод по уравнению:

$$T_{\text{кон}} = \left( \frac{aQ}{q} + 1 \right) \cdot T_{\text{lim}} + T_p,$$

где:  $T_{\text{кон}}$  температура сточных вод, при которой соблюдается санитарное требование относительно температуры воды в створе пункта водопользования;  $T_p$  максимальная температура воды водоема до выпуска сточных вод в летнее время;  $T_{\text{lim}}$  допустимое повышение (не более, чем на 3 C) температуры воды водоема.

### 4. Определение необходимой степени разбавления по запаху, окраске и



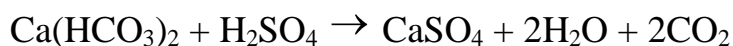
### ***привкусу***

В тех случаях, когда имеются анализы сточных вод с указанием степени разбавления, при которой окраска и запах сточных вод исчезают, достаточно сравнение величины разбавления, указанной в анализе, с расчетной величиной разбавления, которое возможно у расчетного створа. Это проводится, чтобы решить вопрос о необходимости очистки сточных вод в отношении запаха и окраски перед их спуском в водоем.

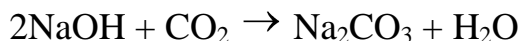
### ***5. Определение необходимой степени очистки по изменению активной реакции среды***

При выпуске в водоем кислых и щелочных стоков необходимо учитывать нейтрализующую способность водоема. В воде водоема содержатся гидрокарбонаты кальция  $\text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$  и магния  $\text{Mg}(\text{HCO}_3)_2$ , обуславливающие ее карбонатную жесткость, а также угольная кислота. Кислоты, поступающие в водоем с производственными сточными водами, взаимодействуют с гидрокарбонатами, вытесняя из них диоксид углерода. При этом содержание гидрокарбонатов в воде (т.е. ее щелочность) уменьшается, а содержание свободной уголекислоты увеличивается.

Реакция нейтрализации (например, серной кислоты) в водоеме за счет гидрокарбонатов кальция протекает по формуле:



Поступление в водоем щелочных сточных вод приводит к их взаимодействию со свободным диоксидом углерода. При этом щелочность воды водоема увеличивается. Реакция в этом случае может протекать по следующей формуле:



При сбросе в водоем кислых сточных вод их следует нормировать по значению pH речной воды

$$\text{pH}_\phi = \text{pk}_1 + \lg \frac{n_p A [\text{HCO}_3^-] - n_\phi B}{n_p A \frac{[\text{CO}_2]}{44} + n_\phi \cdot B},$$

где:  $\text{pH}_\phi$  – pH речной воды в контрольном пункте при фактическом режиме;  $\text{pk}_1$  отрицательный логарифм первой константы диссоциации угольной кислоты;

$[\text{HCO}_3^-]$  концентрация гидрокарбонатов, ммоль/дм<sup>3</sup>;  $\text{CO}_2$  – концентрация диоксида углерода, ммоль-экв/ дм<sup>3</sup>;  $n_p$  и  $n_\phi$  – кратности разбавления, расчетная и фактическая:

$$A = 1 + 10^{\text{pH}_\phi - \text{pk}_1};$$

$$B = [\text{HCO}_3^-] - \frac{[\text{CO}_2]}{44} 10^{\text{pH}_\phi - \text{p}k_1}$$

При сбросе в водоем щелочных сточных вод также определяется значение рН речной воды:

$$\text{pH}_\phi = \text{p}k_1 + \lg \frac{n_p A [\text{HCO}_3^-] - 0,273 n_\phi B}{n_p A \frac{[\text{CO}_2]}{44} - n_\phi \cdot B},$$

где:  $A = 0,273 - 10^{\text{pH}_\phi - \text{p}k_1}$ ; В - определяется также, как и при сбросе кислых сточных вод.

### ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №3

по дисциплине **Б1.В.ДВ.12.1 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий**  
(наименование дисциплины)

Методика расчета песколовок.

Расчет горизонтальных и аэрируемых песколовок заключается в определении размеров поперечного их сечения и длины.

1) Площадь сечения песколовки,  $\text{м}^2$ :

$$F = Q / v n,$$

где: Q — максимальный расход сточных вод,  $\text{м}^3/\text{с}$ ; v — продольная скорость движения воды, принимаемая в зависимости от расчетного диаметра улавливаемых частиц песка, *принимается 0,2 м/с*; n — количество отделений песколовок.

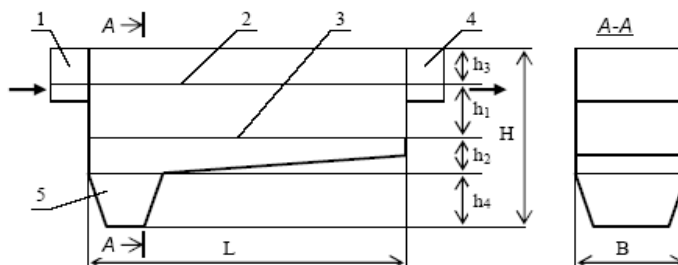


Рис.2. Песколовка горизонтальная

1-лоток подающий; 2-уровень воды; 3-слой песка; 4-лоток отводящий; приямок

2) Длину песколовки (рис. 2) вычисляют по формуле:

$$L = K \cdot h_{\max} \cdot v / u_0,$$

где:  $h_{\max} = h_1$  — глубина проточной части песколовки, м;  $u_0$  — гидравлическая крупность песка расчетного диаметра, м/с);  $K$  — коэффициент, учитывающий влияние турбулентности и других факторов на работу песколовки:

$$K = \frac{u_0}{\sqrt{u_0^2 - 0,0025v^2}}$$

3) *Ширина песколовки, м:*

$$B = F / h_1.$$

4) *Общая высота песколовки, м:*

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4$$

где:  $h_1$ ,  $h_2$ ,  $h_3$  и  $h_4$  — соответственно высота проточной части, слоя песка, надводной части и прямки (принимаем:  $h_4 = h_1$ ;  $h_2 = h_3 = h_1/2$ ).

5) *Уклон дна (тангенс угла) для сползания слоя песка к прямой принимают 0,2-0,4.*

6) *Начертить схему горизонтальной песколовки (рис.2) с полученными размерами.*

Рассчитайте размеры песколовки и начертите схему по следующим исходным данным.

Таблица 6.

Исходные данные (варианты)				
№ варианта	Q, м <sup>3</sup> /ч	n	h <sub>1</sub> , м	u <sub>0</sub> , мм/с
1, 10	500	1	0,7	24,2
2, 11	400	1	0,5	29,7
3, 12	300	1	0,6	35,1
4, 13	100	1	0,7	40,7
5, 14	70	1	0,8	51,6
6, 15	50	1	0,4	24,2
7, 16	1000	2	1	29,7
8, 17	700	2	0,9	35,1
9, 18	500	1	0,8	40,7

Представляем пример решения задачи на расчет эффективности работы песколовки.

**Пример.** Рассчитать концентрацию песка в сточной воде, поступающей на очистную станцию, и эффективность работы песколовки, если задерживается песка 15 дм<sup>3</sup> на 1000 м<sup>3</sup>, содержание песка в осадке первичных отстойников 6 % (по массе), количество этого осадка составляет 0,25 % по объему от расхода обрабатываемой воды, влажность осадка 93 %.

**Решение.** Общее количество песка определяется как сумма песка, задерживаемого песколовками и первичными отстойниками.

Рассчитаем часть песка, улавливаемого песколовками, при этом все расчеты приведем к 1 дм<sup>3</sup> сточной воды, как и принято для выражения концентрации по любому виду загрязнений.

Из условия задачи следует, что в песколовках на 1 дм<sup>3</sup> сточной воды задерживается 0,015 см<sup>3</sup> песка по объему. Объемную массу песка при расчетах принимаем равной 1,5 т/м<sup>3</sup>, или 1,5 г/см<sup>3</sup>.

Следовательно, в песколовках улавливается песка (по массе)  
 $0,015 \cdot 1,5 = 0,0225 \text{ г/дм}^3 = 22,5 \text{ мг/дм}^3$ .

Далее определяем часть песка, удаляемого с осадком первичных отстойников. По условию с 2 дм<sup>3</sup> обрабатываемой воды образуется осадка 0,25 %, или 2,5 см<sup>3</sup>/дм<sup>3</sup>. По массе при влажности осадка 93 % (и объемной массе 1г/см<sup>3</sup>) сухого вещества осадка на 1 дм<sup>3</sup> воды будет:

$$2,5 \cdot 0,07 = 0,175 \text{ г/дм}^3, \text{ или } 175 \text{ мг/дм}^3$$

Так как количество песка составляет 6% по массе по отношению к сухому веществу осадка, то масса песка в осадке будет:

$$175 \cdot 0,06 = 10,5 \text{ мг/дм}^3$$

Таким образом, в исходной сточной воде общее содержание песка составило  $22,5 + 10,5 = 33 \text{ мг/дм}^3$ . Из этого количества песколовками задержано 22,5 мг/дм<sup>3</sup>, или 68,2 % песка.

Таблица 7.

Исходные данные для практической работы №3

Вариант №	Задерживается песка в песколовке, дм <sup>3</sup> /1000 м <sup>3</sup>	Массовая доля песка в осадке первичных отстойников, %	Количество образующегося осадка в % по объему от расхода обрабатываемой воды,	Влажность осадка, %
1	14	5	0,25	95
2	13	4	0,30	94
3	12	4	0,33	93
4	11	6	0,35	92
5	10	7	0,25	91
6	12	7	0,27	90
7	13	6	0,26	89
8	15	6	0,28	88
9	16	5	0,26	93
10	17	5	0,33	87

Сделать чертеж и вывод по результатам.

**Критерии оценки:** Оценка за выполнение каждой практической работы, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл —7 баллов, минимальный—4 балла. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов:

**7 баллов** выставляется студенту, если он владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, правильно и без ошибок выполняет задачи.

**6 баллов** выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения при решении задач, но в решении имеются небольшие погрешности.

**5 баллов** выставляется студенту, если он допускает неточности, недостаточно правильно использует формулы, нарушает логическую последовательности в решении.

**4 балла** выставляется студенту, который допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями использует формулы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Факультет информационных технологий  
Кафедра Электротехники и энергообеспечения предприятий

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и  
теплотехника

Профиль/программа: Энергообеспечение предприятий

Семестр 7

Доклад  
по дисциплине **Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация  
отходов энергоустановок нефтехимических предприятий**  
(наименование дисциплины)

**Темы доклада:**

1. Назначение и основные методы физико-химической очистки сточных вод.
2. Методы очистки сточных вод от коллоидных примесей.
3. Электрокоагуляционные установки.
4. Сорбционные методы очистки сточных вод.
5. Флотационный метод очистки сточных вод.

6. Специальные методы очистки промышленных сточных вод: экстракция, ионный обмен, электродиализ.
7. Мембранные методы очистки сточных вод.

**Критерии оценки:** Выступление студента с докладом предполагает значительную самостоятельную работу студента. Доклад должен выполнять ряд требований: его содержание соответствовать заявленной теме; цели соответствовать задачам; логичность и последовательность изложения материала; способность к работе с литературными источниками, Интернет-ресурсами, справочной и энциклопедической литературой; объем исследованной литературы и других источников информации; способность к анализу и обобщению информационного материала, степень полноты обзора состояния вопроса; обоснованность выводов; правильность оформления (соответствие стандарту, структурная упорядоченность, ссылки, цитаты, таблицы и т.д.). Шкала дифференцирована по ряду критериев. Общий результат складывается как сумма баллов по представленным критериям. Минимальное количество баллов за выступление с докладом – 6 баллов, максимальный балл за выступление с докладом – 9 баллов.

<b>Критерий оценки</b>	<b>балл</b>
Полное раскрытие проблемы	2
Наличие презентации	3
Наличие ответов на вопросы аудитории	2
Логичность и последовательность изложения	2
<i>Итого</i>	9

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
 Нижнекамский химико-технологический институт (филиал)  
 федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
 высшего образования  
 «Казанский национальный исследовательский технологический  
 университет»  
 (НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Факультет информационных технологий  
 Кафедра Электротехники и энергообеспечения предприятий

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и теплотехника

Профиль/программа: Энергообеспечение предприятий

Семестр 7

#### **ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №4**

**Расчет вертикального экстрактора. Методика расчета**

1. Фактор экстракции:

$$\psi = \frac{C_{\text{ВХ}}}{C_{\text{ВЫХ}}} - 1,$$

где  $C_{\text{ВХ}}$  и  $C_{\text{ВЫХ}}$  – входная и требуемая выходная (ПДК) концентрация загрязняющего вещества в сточной воде.

2. Объемный расход экстрагента,  $\text{м}^3/\text{ч}$

$$Q_3 = \frac{\psi}{m} Q_{\text{СВ}}, \text{ м}^3/\text{ч},$$

где  $Q_{\text{СВ}}$  – расход сточной воды,  $\text{м}^3/\text{ч}$ ;  $m$  – коэффициент распределения.

3. Концентрация извлеченного вещества в экстракте (при исходном чистом экстрагенте),  $\text{мг}/\text{дм}^3$

$$C_3 = \frac{m \cdot C_{\text{ВХ}}}{1 + \psi},$$

4. Требуемая степень экстракции:

$$\eta = \frac{\psi}{1 + \psi} = \frac{m \cdot Q_3}{Q_{\text{СВ}} + m \cdot Q_3}.$$

5. Поперечное сечение аппарата,  $\text{м}^2$

$$S = \frac{Q_{\text{СВ}} + Q_3}{w},$$

где  $Q_{\text{СВ}}$ ,  $Q_3$  – расход сточной воды и экстрагента,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;  $w$  – скорость потока,  $\text{м}/\text{с}$ . В расчетах  $w=0,02 \text{ м}/\text{с}$ .

6. Диаметр колонны,

$$D = \sqrt{4S / \pi},$$

7. Высота колонны,  $\text{м}$ :  $H=(5 \div 7)D$ .

8. Высота вывода ТФ (из уравнения сообщающихся сосудов),  $\text{м}$

$$h = \frac{\rho_{\text{Л}}}{\rho_{\text{Т}}} h_{\text{Л}} + h_{\text{Т}}$$

где  $h_{\text{Л}}$  и  $h_{\text{Т}}$  – плотности ЛФ и ТФ (воды),  $\rho_{\text{Т}}=1000 \text{ кг}/\text{м}^3$ ;  $h_{\text{Л}}$  и  $h_{\text{Т}}$  – высоты ЛФ и ТФ. Принимая, что  $H=h_{\text{Л}}+h_{\text{Т}}$ , можно задать  $h_{\text{Л}}$  или  $h_{\text{Т}}$  (например,  $h_{\text{Л}}=H/7$ ) и рассчитать высоту вывода ТФ.

**Таблица 8.**

Исходные данные (варианты).

№ вар.	Загрязняющее вещество	Экстрагент	$\rho_{\text{л}}, \text{кг/м}^3$	$m$	$Q_{\text{св}}, \text{м}^3/\text{ч}$	$C_{\text{вх}}, \text{мг/м}^3$	$C_{\text{вых}}, \text{мг/м}^3$
1, 10	Анилин	Толуол	867	19	70	2,2	0,1
2, 11	Бензойная кислота	Толуол	867	12	60	12	0,5
3, 12	Муравьиный альдегид	Амиловый спирт	814	3	50	15	0,6
4, 13	Пикриновая кислота	Бензол	879	5	90	13	0,5
5, 14	Пиридин	Толуол	867	9	100	5	0,2
6, 15	Салициловая кислота	Ацетон	790	126	110	10	0,4
7, 16	Толуидин	Бензол	879	60	80	14	0,5
8, 17	Фенол	Толуол	867	9	130	2	0,1
9, 18	Хлоруксусная кислота	Амиловый спирт	814	3,6	120	9	0,3

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №5

по дисциплине Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий

(наименование дисциплины)

### Расчет зернистых фильтров.

При расчете фильтров необходимо определить суммарную площадь фильтров  $F_{\Sigma}$ ,  $\text{м}^2$ , число фильтров  $N$ , площадь одного фильтра  $F$ ,  $\text{м}^2$ , расчетную скорость фильтрации  $v_p$ ,  $\text{м/ч}$ , при следующих исходных данных: расход сточных вод  $Q_p$ ,  $\text{м}^3/\text{сут}$ , продолжительность простоя одного фильтра при промывке  $t$ , ч, концентрация взвешенных частиц на входе в фильтр  $c$ ,  $\text{мг/дм}^3$ .

### Методика расчета

1. Получить исходные данные:  $Q_p$ ,  $c$ , (табл. 9). Назначить число  $n$  промывок фильтров в сутки:  $n=1$  при  $c \leq 20 \text{ мг/л}$  и  $n=2$  при  $c > 20 \text{ мг/дм}^3$ .
2. Рассчитать циркуляционный (промывочный) расход  $Q_{\text{ц}}$  в зависимости от числа промывок фильтров в сутки.

$$Q_{\text{ц}} = 0,025 Q_p, \text{ при } n=1,$$

$$Q_{\text{ц}} = 0,05 Q_p, \text{ при } n=2.$$

3. Определить расчетную скорость фильтрования,  $\text{м/ч}$ :

$$v_p = v_{\text{ф}}(N-m)/N,$$

где скорость фильтрования при форсированном режиме принимается  $v_{\text{ф}} = 12-14 \text{ м/ч}$ ,  $m$  – число фильтров, находящихся в ремонте или на промывке, принимается  $m=2$  при  $N < 20$  и  $m=3$  при  $N \geq 20$ .

4. Определить суммарную площадь фильтров,  $\text{м}^2$ :

$$F_{\Sigma} = (Q_p + Q_{\text{ц}}) / (24 v_p - n v_{\text{пт}}),$$

где продолжительность простоя одного фильтра при промывке принимается  $t = 0,5 \div 0,6 \text{ ч}$ .



5. Определить площадь одного фильтра, м<sup>2</sup>:

$$F = F_{\Sigma} / N.$$

Из конструкционных соображений площадь одного фильтра должна быть не более 50 м<sup>2</sup>. Если  $F > 50$  м<sup>2</sup>, тогда необходимо исходное число фильтров увеличить на 2 и повторить расчет по п. 3-5 до достижения условия  $F \leq 50$  м<sup>2</sup>, учитывая, что  $m=3$  при  $N \geq 20$ .

6. Определить диаметр одного фильтра, м

$$D = \sqrt{4F / \pi},$$

7. Высота фильтра, м:

$$H = h_1 + h_2 + h_3,$$

где  $h_1, h_2, h_3$  - соответственно высота слоя гравия, песка и осветленной воды (табл. 9). Принимаем  $h_3 = h_1$ .

8. Начертить схему зернистого фильтра с полученными размерами.

**Рассчитайте размеры фильтра и параметры фильтрации при исходных данных по таблице 9.**

**Таблица 9.**

Исходные данные (варианты)

№ варианта	Q <sub>p</sub> , м <sup>3</sup> /сут	с, мг/л	Размер зерен, мм		Высота слоя, h <sub>1</sub> , h <sub>2</sub> , м		Исходное число фильтров, N
			гравия	песка	гравия	песка	
1, 10	10000	10	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7	15
2, 11	14000	12	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5	15
3, 12	18000	15	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5	15
4, 13	22000	18	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7	15
5, 14	26000	22	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5	23
6, 15	30000	26	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5	23
7, 16	34000	30	20-40	2-5	0,2-0,25	0,5-0,7	23
8, 17	38000	35	10-20	1-2	0,2-0,3	1,3-1,5	23
9, 18	42000	40	5-10	1-2	0,3-0,4	1,3-1,5	23

## ПРАКТИЧЕСКАЯ РАБОТА №6

по дисциплине **Б1.В.ДВ.12.1 Очистка сточных вод и утилизация отходов энергоустановок нефтехимических предприятий**

(наименование дисциплины)

### Определить основные параметры аэротенка. Методика расчета

1. Длительность аэрации рассчитывается по формуле, ч:

$$\tau = \frac{L_0 - L_1}{a \cdot \rho},$$

где  $L_0$  и  $L_1$  - БПК<sub>полн</sub> поступающей сточной и очищенной воды, мг/ дм<sup>3</sup>;  $a$  – концентрация ила в аэротенке, г/л;  $\rho$  - скорость окисления загрязнения на 1 г сухой биомассы, мг (БПК)/(г·ч).

2. Удельный расход воздуха, м<sup>3</sup> воздуха/ м<sup>3</sup> ст. воды:

$$D = \frac{z(L_0 - L_1)}{100 \cdot k_1 k_2 n_1 n_2 (c - b)},$$

где  $z=2\text{мг}(\text{O}_2)/\text{мг}(\text{БПК})$  – удельный расход кислорода;  $k_1$  – коэффициент, учитывающий тип аэратора, являющейся функцией площади, занятой аэраторами по отношению к площади зеркала воды в аэротенке;  $k_2=h^{0,67}$  – коэффициент, учитывающий глубину погружения аэратора (например,  $h=3$  м);  $n_1$  – коэффициент, учета температуры (например, при  $t=24^\circ\text{C}$ , табл. 5.7);  $n_2$  – коэффициент качества воды;  $c$  – растворимость кислорода, мг/л;  $b$  – допустимая минимальная концентрация кислорода, которая не лимитирует скорости окисления, принимаем  $b=3$  мг/дм<sup>3</sup>.

**Таблица 10.**

Коэффициент учета температуры  $n_1$

$t, ^\circ\text{C}$	5	10	12	14	16	18	20	22	24	26	28
$c, \text{мг/л}$	12,8	11,3	10,8	10,3	9,8	9,4	9,0	8,7	8,3	8,0	7,7
$n_1$	0,5	0,63	0,69	0,76	0,83	0,91	1,0	1,1	1,2	1,3	1,4

3. Объем аэротенка, м<sup>3</sup>:

$$V=Q \cdot \tau,$$

где  $Q$  – расход сточной воды, м<sup>3</sup>/ч.

4. Конструктивные размеры аэротенка можно принимать из конструктивных соображений, в зависимости от объема сооружения:

4.1. Рабочая глубина  $H$  принимается из типовых размеров (например,  $H=3,2$  м).

4.2. Площадь зеркала воды в аэротенке, м<sup>2</sup>:

$$S=V/H.$$

4.3. Длину аэротенка определяем по формуле, м:

$$L = 1,5\sqrt{S},$$

Полученное значение  $L$  округляем до ближайшего значения, кратного шагу длины коридора (6м).

4.4. Ширина аэротенка, м:

$$B=S/L$$

Полученное значение  $B$  округляем до ближайшего значения, кратного типовым размерам ширины коридоров ( $B_i=4, 5, 6$  или  $9$  м), при этом число коридоров должно получиться 2, 3 или 4:

$$N=B/B_i.$$

5. Начертить схему аэротенка (как на рис. 3) с полученными расчетными размерами.

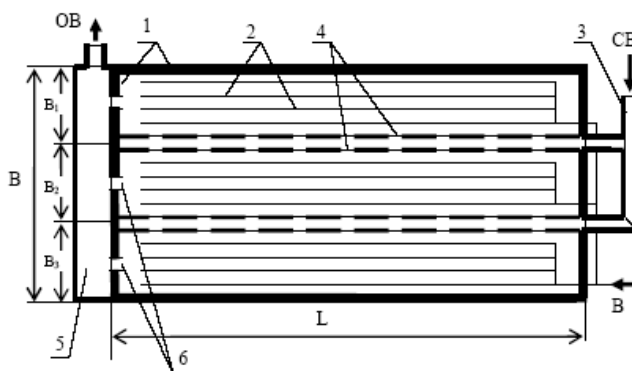


Рис. 3. Схема трехкоридорного аэротенка

1 — стены; 2 — аэрационные фильтровые трубы (подача воздуха  $B$ ); 3 — распределительный лоток сточной воды (CB); 4 — водовыпускные отверстия с затворами; 6 — каналы осветленной воды (ОВ); 5 — водослив (сборник осветленной воды)

Таблица 11.

Исходные данные по заданию  
Исходные данные (варианты).

№ вар.	Сточные воды производства	$Q$ , м <sup>3</sup> /ч	$L_0$ , мг/л	$L_1$ , мг/л	$\rho$ , мг/(г·ч)	$\mu_2$	$k_1$	$a$ , г/л
1,10	химфармацевтических препаратов	650	150	3	10	0,25	0,25	2
2,11	нефтепродуктов	900	1000	5	15	0,3	0,5	6
3,12	переработки твердого топлива	800	900	5	13	0,35	0,5	6
8,13	каучука	700	800	5	14	0,4	0,45	5
5,14	поливинилацетата	500	700	5	16	0,3	0,4	5
6,15	синтетических жирных кислот	400	600	4	12	0,35	0,35	5
7,16	синтетического спирта	450	500	4	11	0,35	0,3	4
8,17	фенола	550	450	3	14	0,25	0,3	8
9,18	анилина	600	400	3	9	0,2	0,3	3

**Критерии оценки:** Оценка за выполнение каждой практической работы, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл — 7 баллов, минимальный — 4 балла. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов:

**7 баллов** выставляется студенту, если он владеет разносторонними навыками и приемами выполнения практических задач, правильно и без ошибок выполняет задачи.

**6 баллов** выставляется студенту, если он правильно применяет теоретические положения при решении задач, но в решении имеются небольшие погрешности.

**5 баллов** выставляется студенту, если он допускает неточности, недостаточно правильно использует формулы, нарушает логическую последовательности в решении.

**4 балла** выставляется студенту, который допускает существенные ошибки, неуверенно, с большими затруднениями использует формулы.

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации  
Нижекамский химико-технологический институт (филиал)  
федерального государственного бюджетного образовательного учреждения  
высшего образования  
«Казанский национальный исследовательский технологический  
университет»  
(НХТИ ФГБОУ ВО «КНИТУ»)

Факультет информационных технологий  
Кафедра Электротехники и энергообеспечения предприятий

Направление подготовки/специальность: 13.03.01 Теплоэнергетика и  
теплотехника

Профиль/программа: Энергообеспечение предприятий

Семестр 7

### Тестовые задания

по дисциплине **Б1.В.ДВ.02.01 Очистка сточных вод и утилизация  
отходов энергоустановок нефтехимических предприятий**  
(наименование дисциплины)

#### 1. МЕХАНИЧЕСКАЯ ОЧИСТКА СТОЧНЫХ ВОД

1. Механическая очистка предназначена для удаления из сточных вод
  - растворённых в воде примесей
  - нерастворимых в воде примесей
2. Укажите, какие из перечисленных методов относятся к механической очистке
  - процеживание
  - флотация
  - отстаивание
  - сорбция
  - фильтрование
3. Удаление наиболее крупных загрязнений из сточных вод производится
  - на ситах
  - в песколовках
  - на решётках
  - в отстойниках
4. На решётках задерживаются грубые примеси сточных вод размером
  - до 5 мм
  - свыше 5 мм
5. На ситах задерживаются грубые примеси сточных вод размером
  - свыше 5 мм
  - до 5 мм
6. Песколовки служат для очистки сточных вод
  - от грубодисперсных примесей с гидравлической крупностью 0,15–0,25 мм

- от грубодисперсных примесей минерального и органического характера
  - от грубодисперсных примесей минерального характера, преимущественно песка, с гидравлической крупностью 0,15 – 0,25 мм
7. В отстойниках происходит удаление
- взвешенных примесей
  - коллоидных примесей
  - взвешенных примесей преимущественно органического происхождения
8. Укажите, какие из перечисленных сооружений предназначены исключительно для удаления из сточных вод более лёгких, чем вода, примесей
- отстойники
  - жироловки
  - маслоуловители
  - сита
  - нефтеловушки
  - отстойники-осветлители
9. Песколовки устанавливаются на очистных сооружениях для удаления из сточных вод минеральных примесей с гидравлической крупностью 18,7 -24,2 мм/сек.
10. Песколовки должны обеспечивать степень очистки сточных вод от грубодисперсных примесей
- не менее чем на 65% от общего их количества
  - более 65% от общего их количества
  - практически полностью
11. Песколовки рассчитывают таким образом, чтобы
- в них выпадали грубодисперсные примеси независимо от их природы
  - в них выпадал песок и другие тяжёлые минеральные примеси, но не выпадал лёгкий осадок органического происхождения
  - в них выпадал песок и другие тяжёлые минеральные примеси
12. В зависимости от основного направления движения сточных вод различают горизонтальные и вертикальные песколовки
13. Число отделений песколовки должно быть
- кратным 2
  - не менее двух, причём оба отделения песколовки должны быть рабочими
  - не менее двух
14. Среднюю скорость движения воды в горизонтальной песколовке с прямолинейным движением воды при расчёте принимают равной
- 0,3 м/сек
  - 0,5 м/сек
  - 0,2 м/сек
15. Продолжительность пребывания воды в песколовке составляет
- несколько часов
  - порядка 30 сек
  - от получаса до часа
16. Гидроциклоны – это аппараты для выделения из водной среды взвешенных частиц под действием центробежных сил
17. Укажите, как соотносятся скорости выделения взвешенных веществ из сточных вод в поле центробежных сил и в поле сил гравитации (путём отстаивания)
- скорость выделения взвешенных веществ в поле центробежных сил приблизительно в 5 раз выше скорости их выделения в поле сил гравитации
  - скорость выделения взвешенных веществ в поле центробежных сил в сотни раз превышает скорость их выделения в поле сил гравитации
  - скорости приблизительно равны
18. По гидравлическим условиям различают два основных вида гидроциклонов

- закрытые высоконапорные

- открытые низконапорные

19. Приведите в соответствие конструкцию гидроциклона и расход сточных вод

- 20-50 м<sup>3</sup>/сут одноярусные открытые гидроциклоны

- до 1000 м<sup>3</sup>/сут многоярусные гидроциклоны

## 2. ОТСТОЙНИКИ

1. Укажите, какие примеси удаляются в отстойниках

- грубодисперсные

- мелкодисперсные и взвешенные примеси

- примеси минерального характера

- органические примеси

2. Укажите, в каком месте технологической схемы очистки сточных вод

устанавливаются первичные отстойники

- в начале технологической схемы

- в начале технологической схемы за песколовками

- перед сооружениями для биологической очистки сточных вод

3. Вторичные отстойники предназначены для удаления из сточных вод

- коллоидных и взвешенных примесей

- активного ила и биоплёнки

- примесей органического характера

4. Укажите, в каком месте технологической схемы очистки сточных вод устанавливаются

вторичные отстойники

- после первичных отстойников

- после биофильтров и аэротенков

- после сооружений для удаления из сточных вод грубодисперсных примесей

5. Приведите в соответствие конструктивный тип отстойника и его пропускную способность

- горизонтальный – при  $Q \leq 15000 \text{ м}^3/\text{сут}$

- вертикальный – при  $Q \leq 20000 \text{ м}^3/\text{сут}$

- радиальный – при  $Q > 20000 \text{ м}^3/\text{сут}$

6. Эффективность очистки сточных вод в отстойниках составляет

- в основном 40 – 60%

- до 80 - 85%

- не менее 75%

7. Эффективность очистки сточных вод в осветлителях

- выше, чем в отстойниках

- ниже, чем в отстойниках

- достигает 70%

8. Продолжительность отстаивания сточных вод в отстойниках составляет

- до 1 часа

- от 1 до 1,5 часов

- несколько часов

9. Укажите, какие из перечисленных сооружений для очистки сточных вод относятся к отстойникам специального назначения

- первичные отстойники

- смоллоуловители

- нефтеловушки

- отстойники-флотаторы

- преаэраторы
- биокоагуляторы
- гидроциклоны
- жидкостные сепараторы

### **3. ФИЛЬТРЫ**

1. Какие из перечисленных фильтров служат для физико-химической очистки сточных вод
  - каркасно-засыпные
  - ионообменные
  - напорные
  - скорые
2. Какие из перечисленных фильтров служат для механической доочистки сточных вод
  - каркасно-засыпные
  - ионообменные
  - с зернистой загрузкой
3. Как называются фильтры с зернистой загрузкой, скорость фильтрования воды в которых составляет 7 – 16 м/час
  - скорые
  - медленные
  - сверхскоростные
4. Как называются фильтры с зернистой загрузкой, скорость фильтрования воды в которых составляет 25 – 100 м/час
  - скорые
  - сверхскоростные
  - медленные
5. В напорных вертикальных фильтрах с зернистой загрузкой направление фильтрования
  - сверху вниз
  - снизу вверх
6. Регенерацию фильтрующего материала в напорных вертикальных фильтрах с зернистой загрузкой по отношению к потоку фильтруемой воды осуществляют
  - прямотоком
  - противотоком

**Критерии оценки:** Оценка за выполнение теста, осуществляется в соответствии с балльно-рейтинговой системой и предполагает максимальный балл —9 баллов, минимальный—6 баллов. Оценивание ответа студента производится по следующей шкале баллов:

- 9 баллов** выставляется студенту, если он правильно ответил на 30-34 вопроса.
- 8 баллов** выставляется студенту, если он правильно ответил на 23-29 вопросов.
- 7 баллов** выставляется студенту, если он правильно ответил на 15-22 вопроса.
- 6 баллов** выставляется студенту, если он правильно ответил на 1- 14 вопросов.