

Міністерство освіти і науки України
Національний університет водного господарства та
природокористування

Навчально- науковий інститут агроекології та
землеустрою
Кафедра екології, технології захисту навколишнього
середовища та лісового господарства

05-02-453М

МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ

до практичних завдань та самостійної роботи
з навчальної дисципліни «**Технології захисту водного
середовища**» для здобувачів вищої освіти першого
(бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою
«Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності
183 «Технології захисту навколишнього середовища»
денної та заочної форми навчання

Рекомендовано
науково-методичною радою
з якості ННІАЗ
Протокол № 10 від 23.01.2024 р.

Рівне – 2024

Методичні вказівки до практичних завдань та самостійної роботи з навчальної дисципліни «Технології захисту водного середовища» для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня за освітньо-професійною програмою «Технології захисту навколишнього середовища» спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» денної та заочної форми навчання [Електронне видання] / Клименко М. О., Статник І. І., Григор'єва Н. А. – Рівне : НУВГП, 2023. – 46 с.

Укладачі: Клименко М. О., д.с.-г.н, професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства; Статник І. І., к.с.-г. н, доцент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства; Григор'єва Н. А., асистент кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Відповідальний за випуск: Клименко М. О., д. с.-г. н., професор, завідувач кафедри екології, технології захисту навколишнього середовища та лісового господарства.

Керівник групи забезпечення спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища»

Статник І. І.

© М. О. Клименко, І. І. Статник,
Н. А. Григор'єва, 2024
© НУВГП, 2024

ЗМІСТ

Вступ	4
Практична робота № 1. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за завислими речовинами	4
Практична робота № 2. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за розчиненим у воді водоймища киснем.	8
Практична робота № 3. Розрахунок допустимої температури стічних вод перед спуском у водоймище	12
Практична робота № 4. Визначення необхідного ступеня очищення води за змінюванням рН	14
Практична робота № 5. Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за вмістом шкідливих речовин	19
Практична робота № 6. Проектування механічних решіток для очищення стічних вод	26
Практична робота № 7. Розрахунок кількості уловлюваних продуктів нафтоуловлювачем	34
Практична робота № 8. Дезінфекція стічних вод хлором	38
Питання для самостійного опрацювання	43
Рекомендована література	44

ВСТУП

Мета даної дисципліни полягає у формуванні умінь та компетенцій, необхідних для сучасного екологічного мислення, впровадженні екологічно орієнтованої господарської діяльності, надання здобувачам вищої освіти інженерно-технічних знань та практичних навичок, які будуть використовуватися для захисту водних екосистем та забезпечення екологічної безпеки природного середовища в басейнах річок. Завдання вивчення дисципліни - набуття теоретичних знань та практичних навичок у використанні інженерних методів захисту довкілля, пошуку новітніх технологічних рішень у розрізі компенсаційних заходів, спрямованих на впровадження у виробництво перспективних природоохоронних розробок і сучасного обладнання, вдосконалення існуючих природоохоронних і природовідновлюваних технологій забезпечення екологічної безпеки; вміти застосовувати ресурсоефективні технології в управлінні водними ресурсами.

Дані методичні вказівки наводять порядок виконання практичних робіт, у яких наведені сучасні природоохоронні технології захисту гідросфери, що базуються на створенні і використанні сучасних систем водоочистки, та наведено численні приклади розрахунку водоочисного обладнання. Мета даних методичних вказівок надати студентам необхідні знання з теоретичних і практичних питань сучасних природоохоронних технологій збереження гідросфери.

Практична робота № 1

***Тема:** Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за завислими речовинами*

***Мета роботи:** навчитись розраховувати необхідний ступінь очищення стічних вод, які скидаються у водоймища, за кількістю завислих речовин*

Основні поняття

Завислі речовини – показник, що визначає кількість домішок, затриманих на паперовому фільтрі при фільтруванні

проби. Це один з найважливіших технологічних показників якості води, що дозволяє здійснити оцінку кількістю осадів, котрі формуються у процесі очищення стічних вод.

Гранично допустимий вміст (ГДВ) – показник безпечного рівня вмісту шкідливих речовин у довкіллі, максимальна кількість шкідливої речовини в одиниці об'єму або маси у водному, повітряному чи ґрунтовому середовищах, що майже не впливає на здоров'я людини.

Методика розрахунку

Гранично допустимий вміст (ГДВ) завислих речовин m , г/м³ в стічних водах визначається за формулою:

$$m = c \left(\frac{\alpha \times Q_B}{q_B} + 1 \right) + C, \quad (1.1)$$

де α – коефіцієнт змішування; c – допустиме санітарними нормами збільшення вмісту завислих речовин у водоймищі після спуску стічних вод, г/м³; Q_B – найменша середньомісячна витрата води у водоймищі 95%-ого забезпечення, м³/с; q_B – кількість стічних вод, які надходять у водоймищі, м/с; C – вміст завислих речовин у водоймищі до спуску в нього стічних вод, г/м³.

У випадку, коли у складі очисної станції передбачено застосування біологічного методу очищення, важливо, щоб видалення осаду з вторинних відстійників не перевищувало величину m . Ця величина m визначає гранично допустимий рівень завислих речовин у відведеній воді, і важливо дотримуватися цього обмеження під час процесу обробки стічних вод.

Ступінь необхідного очищення за завислими речовинами ε , % визначається за формулою:

$$\varepsilon = \frac{C_n - m}{C_n} \times 100 \quad (1.2)$$

де C_n – кількість завислих речовин в стічній воді до очищення, мг/дм³.

Приклад типової задачі

Визначити необхідний ступінь очищення стічних вод, якщо відомо: витрати вод річки $Q_B = 20$ м³/с, в яку скидаються

стічні води в кількості $q_B = 0,4 \text{ м}^3/\text{с}$; концентрація завислих речовин в стічних водах $C_n = 250 \text{ мг/дм}^3$; ділянка водоймища, в яку скидаються стічні води, належить до II категорії питного і культурно-побутового водокористування; концентрація завислих речовин в річці до спускання стічних вод $C = 5 \text{ мг/дм}^3$; коефіцієнт змішування $\alpha = 0,75$.

Розв'язання

1. Для даної ділянки водоймища допустиме збільшення вмісту завислих речовин $P = 0,75 \text{ мг/дм}^3$.

2. Знаходимо гранично допустимий вміст завислих речовин в стічних водах:

$$\begin{aligned} m &= c \left(\frac{\alpha \times Q_B}{q_B} + 1 \right) + C = \\ &= 0,75 \left(\frac{0,75 \times 20}{0,4} + 1 \right) + 5 = 33,675 \text{ мг/дм}^3 \end{aligned}$$

3. Розраховуємо необхідний ступінь очищення стічних вод:

$$\varepsilon = \frac{C_n - m}{C_n} \times 100 = \frac{250 - 33,675}{250} \times 100 = 66,45\%$$

Контрольне завдання

Розрахувати необхідний ступеня очищення стічних вод за завислими речовинами, використовуючи таблицю з вихідними даними.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть методику гранично допустимого вмісту (ГДВ) завислих речовин.

2. За якою формулою визначається ступінь необхідного очищення за завислими речовинами?

3. Яким чином виконується фракційний аналіз стічних вод?

Вихідні дані розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод за завислими речовинами

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Витрати води річки	Q_B											
2	Стічні води в кількості	q_B											
3	Концентрація завислих речовин в стічних водах	C_n											
4	Коефіцієнт змішування	α											
5	Концентрація завислих речовин в річці до спускання стічних вод	C											

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Витрати води річки	Q_B											
2	Стічні води в кількості	q_B											
3	Концентрація завислих речовин в стічних водах	C_n											
4	Коефіцієнт змішування	α											
5	Концентрація завислих речовин в річці до спускання стічних вод	C											

Практична робота № 2

Тема: Розрахунок необхідного ступеня очищення стічних вод за розчиненим у воді водоймища киснем.

Мета: навчитись розраховувати необхідний ступінь очищення стічних вод за розчиненим у воді водоймища киснем

Основні поняття

Стічні води – води, які виникають внаслідок використання господарських, побутових та промислових процесів (за винятком шахтових, кар'єрних та дренажних вод). Також вони включають в себе води, які відводяться з забудованих територій через випадання атмосферних опадів.

Згідно з правилами спуску вод у води водоймища після змішування зі стічною водою вміст розчиненого кисню повинен бути не нижче 4 мг/дм³, а для рибогосподарських водоймищ – 6 мг/дм³

Методика розрахунку

Виходячи з правил, можна визначити допустиму для даного водоймища максимальну БСК стічних вод $L_{ст}$, г/м³

$$L_{ст} = \frac{\alpha \times Q_B}{0,4q_B} (O_p - 0,4L_p - 1) - \frac{O}{0,4} \quad (2.1)$$

де $L_{ст}$, L_p – повне біохімічне споживання кисню стічними водами і річковою водою відповідно;

α – коефіцієнт змішування – 0.4;

O_p – вміст розчиненого кисню в річковій воді до місця спуску стічних вод, г/м³;

O – мінімальний вміст кисню у воді (3 або 6 г/м³);

0,4 – коефіцієнт для перерахунку БСК_{повн} в дводобове.

Біохімічне споживання кисню (БСК) стічної рідини визначають лабораторним шляхом, БСК в 5-добовій пробі при температурі 20 °С позначається БСК₅. Основним показником для розрахунків очисних споруд є величина БСК_{повн}, тобто кількість кисню, яка витрачається для повного окислення

біохімічним шляхом органічних речовин стічних вод. Для багатьох видів стічних вод для завершення повного біохімічного процесу необхідно 20 діб, тобто $BCK_{повн} = BCK_{20}$.

За нормами проектування систем каналізації $BCK_{повн}$ відстояної рідини приймається рівним 40 г/д на одного мешканця, а $BCK_{повн}$, невідстояної – 7,5 г/д (табл. 2.1).

Таблиця 2.1

Норми забруднювальних воду речовин на одного мешканця

Показник	Q_m , г/д
Завислі речовини	65
$BCK_{повн}$ неосвітленої води	75
$BCK_{повн}$ освітленої води	40
Азоталюмінієвих солей	8
Фосфати P_2O_5	3,3
в т. ч. від мийних речовин	1,6
Хлориди Cl^-	9
Поверхнево-активні речовини	2,5

Концентрація стічних вод за BCK_{20} L_{20} , г/м³, в залежності від норми водовідведення, може бути визначена за формулою:

$$L_{20} = \frac{q_m \times 100}{q_d}, \quad (2.2)$$

де L_{20} – BCK_{20} , г/м³;

q_m – норма забруднювальних воду речовин на одного мешканця, г/д (табл. 2.1);

q_d – норма водовідведення, л/д на одну людину.

Для більш повної оцінки вмісту органічних речовин в стічній воді визначають хімічне споживання кисню (ХСК) – загальну кількість кисню, яка необхідна для переведення вуглецю органічних сполук у вуглекислоту, водню у воду, азоту в аміак, сірки в сірчаний ангідрид.

Необхідний ступінь очищення ε , %, визначають за формулою:

$$\varepsilon = \frac{L_n - L_{ст}}{L_n} \times 100, \quad (2.1)$$

де L_n – БСК_{повн} стічних вод, які поступають на очищення;

$L_{ст}$ – максимально допустима БСК_{повн} стічних вод, які поступають у водоймище.

Приклад типової задачі

Витрата води в річці дорівнює $Q_B = 60 \text{ м}^3/\text{с}$, кількість стічних вод, які надходять в річку, $q_B = 2 \text{ м}^3/\text{с}$, коефіцієнт змішування $\alpha = 0,4$. Вміст розчиненого кисню в природній воді до місця спускання стічних $O_p = 8,5 \text{ мг/дм}^3$. Визначити, чому дорівнює ступінь очищення стічних вод за вмістом розчиненого кисню, якщо БСК_{повн} стічної води $L_n = 380 \text{ мг/дм}^3$, а БСК_{повн} в розрахунковому створі $L_{повн}^p = 3 \text{ мг/дм}^3$

Розв'язання

1. Розрахунковий створ водоймища за видом водокористування належить до джерел для питних і культурно-побутових цілей II категорії, тому ГДК розчиненого кисню розраховується за формулою:

$$L_{ст} = \frac{\alpha \times Q_B}{0,4q_B} (O_p - 0,4L_p - 1) - \frac{O}{0,4} =$$
$$= \frac{0,4 \times 60}{0,4 \times 2} (8,5 - 0,4 \times 3 - 4) - \frac{4}{0,4} = 89 \text{ мг/дм}^3$$

2. Знаходимо необхідний ступінь очищення стічних вод:

$$\varepsilon = \frac{L_n - L_{ст}}{L_n} \times 100 = (380 - 89) \times \frac{100}{380} = 76,6\%$$

Контрольне завдання

Визначити, чому дорівнює ступінь очищення стічних вод за вмістом розчиненого кисню за вихідними даними, що наведені в таблиці з вихідними даними.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю БСК стічних вод?
2. Як визначається ступінь очищення стічних вод за вмістом розчиненого кисню?

Вихідні дані для розрахунку необхідного ступеня очищення стічних вод за вмістом розчиненого кисню

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Витрати води річки	Q_B											
2	Стічні води в кількості	q_B											
3	Концентрація завислих речовин в стічних водах	O_p											
4	Коефіцієнт змішування	L_p											
5	Мінімальний вміст кисню у воді	O											

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Витрати води річки	Q_B											
2	Стічні води в кількості	q_B											
3	Концентрація завислих речовин в стічних водах	O_p											
4	Коефіцієнт змішування	L_p											
5	Мінімальний вміст кисню у воді	O											

Практична робота № 3

Тема: Розрахунок допустимої температури стічних вод перед спуском у водоймище

Мета: навчитись розраховувати допустиму температуру стічних вод перед спуском у водоймище

Основні поняття

Розрахунок на підвищення температури виконується за умови, що температура води влітку (максимальна температура) не повинна підвищуватися в місці спуску стічних вод більше, ніж на 3 °С.

Методика розрахунку

Температура стічних вод, які скидаються у водоймище $T_{ст}$, °С, повинна задовольняти умову:

$$T_{ст} \leq \eta T_{доп} + T_{макс}, \quad (3.1)$$

де $T_{доп}$ – допустиме за санітарними нормами підвищення температури води водоймища, °С;

η – кратність розведення води:

$$\eta = \frac{\alpha Q_B + q_B}{q_B}, \quad (3.2)$$

де α – коефіцієнт, що залежить від гідравлічних умов змішування.

Коефіцієнт α визначається за формулою:

$$\alpha = \xi \varphi \sqrt{E/q_B}, \quad (3.3)$$

де ξ – коефіцієнт, який враховує місце розташування випуску (для берегового випуску $\xi = 1$, для руслового $\xi = 1,5$);

φ – коефіцієнт звивистості русла – відношення довжини русла від випуску до розрахункового створу за фарватером до

відстані між цими параметрами по прямій;

E – коефіцієнт турбулентної дифузії, який визначається за формулою:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \times H_{\text{ср}}}{200}, \quad (3.4)$$

де $V_{\text{ср}}$ – середня швидкість течії води в річці на ділянці між випуском води і розрахунковим створом, м/с;

$H_{\text{ср}}$ – середня глибина річки на тій же ділянці, м.

Приклад типової задачі

Якою повинна бути температура стічних вод перед скиданням у водоймище, якщо максимальна літня температура природної води до місця випуску стічної дорівнює $T_{\text{макс}} = 17^\circ\text{C}$, а кратність розведення стоків $\eta = 20$?

Розв'язання

Температура стічної води, яка скидається у водоймище, повинна бути:

$$T_{\text{ст}} \leq \eta T_{\text{доп}} + T_{\text{макс}} = 20 \times 3 + 17 = 77^\circ\text{C}$$

Контрольне завдання

Визначити, якою має бути температура стічних вод перед скиданням у водоймище, якщо максимальна літня температура природної води до місця випуску стічної дорівнює $T_{\text{макс}} = 19^\circ\text{C}$, а кратність розведення стоків $\eta = 20$?

Питання для самоконтролю

1. Яку умову повинна задовольняти температура стічних вод, які скидаються у водоймище?
2. За якою формулою розраховується температура стічних вод, які скидаються у водоймище?
3. За якою формулою розраховується кратність розведення води?

Практична робота № 4

Тема: Аналіз фракційного складу завислих речовин у стічних водах

Мета: ознайомитись із методикою аналізу фракційного складу завислих частинок речовин у стічних водах.

Методика розрахунку

Методика розрахунку ґрунтується на ваговому аналізі окремих фракцій твердих домішок у стічних водах, що поступово вилучаються методами седиментації, фільтрації, випаровування та прожарювання. Послідовність операцій фракційного аналізу цих речовин зображено на рис. 4.1.

Склад стічних вод досить різний, у них містяться різні фракції завислих частинок, серед яких колоїдні та розчинні. Розглянемо кожну з них.

Речовини осаду (РО) – фракція зважених частинок, які осідають протягом 1 години.

Сухий залишок (СО) – фракція зважених речовин, отриманих після висушування зразка при температурі 103 – 105 °С.

Колоїдні речовини (КР) – фракція зважених частинок, що затримуються на фільтрі, номінальний розмір пор якого становить 1,58 мкм при температурі 103...105 °С.

Розчинні речовини (РР) – фракція розчинних зважених частинок, які пройшли через фільтр й утворюються шляхом висушування при 103...105 °С. До того ж, у цій фракції присутні як розчинні, так і дрібнодисперсні (колоїдні) частинки розміром 0,001...1 мкм.

Леткі колоїдні речовин (ЛКР) – фракція зважених частинок, які можна відігнати шляхом прожарювання осаду фракції колоїдних речовин при температурі 500±50 °С.

Зв'язані колоїдні речовини (ЗКР) – фракція зважених частинок, яку отримують після прожарювання осаду фракції колоїдних речовин (КР) при температурі 500±50 °С.

Леткі розчинні речовини (ЛРР) – розчинні тверді частинки, які пройшли через фільтр і можуть бути відігнані за

допомогою прожарювання фракції РР при 500 ± 50 °С.

Зв'язані розчинні речовини (ЗРР) – осад, який залишається внаслідок прожарювання зразка РР при температурі 500 ± 50 °С.

Леткі речовини (ЛР) – загальна кількість летких зважених частинок, які можна відігнати за допомогою прожарювання зразків при температурі 500 ± 50 °С.

Зв'язані речовини (ЗР) – осад, який залишається після прожарювання зразка при температурі 500 ± 50 °С.

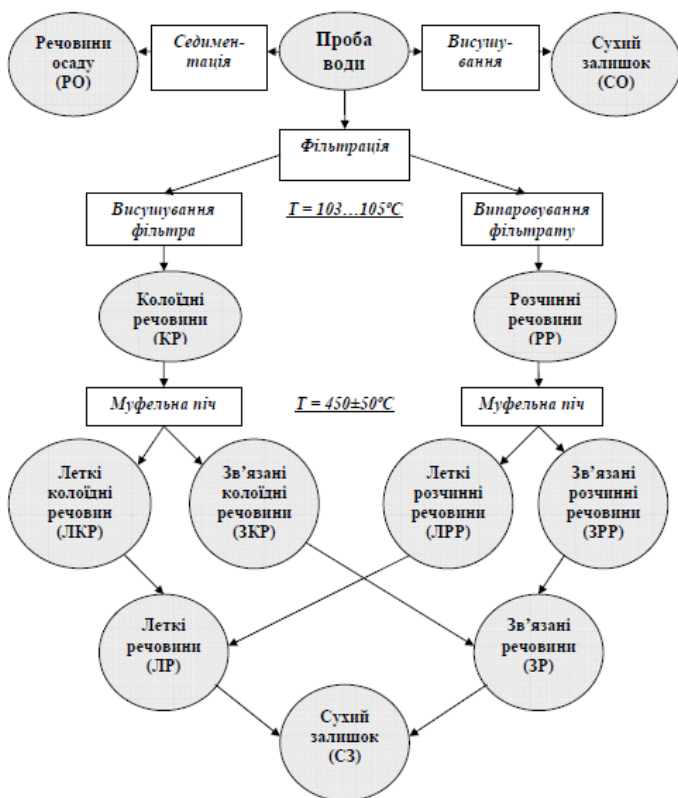


Рис. 4.1. Методологія визначення фракційного складу завислих частинок у стоках промислових підприємств

Приклад типової задачі

Для аналізу стічних вод на вміст завислих частинок досліджувалася проба води об'ємом 50 мл. При цьому, всі зразки перед тестуванням були зневоднені, висушені й прожарені поки не набули постійної маси.

За результатами тестування отримано такі експериментальні дані:

1. Маса чашки для випарювання рідини (Ч) становить 53,5433 г.

2. Маса чашки для випарювання рідини + осад після випаровування рідкої фази ($T = 102...105\text{ }^{\circ}\text{C}$) Ч+О(105 $^{\circ}\text{C}$) = 53,5794 г.

3. Маса чашки для випарювання рідини з осадом після прожарювання в муфельній печі ($T = 450\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) Ч+О(500 $^{\circ}\text{C}$) = 53,5625 г.

4. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини після сушіння Ф(105 $^{\circ}\text{C}$) = 1,5433 г.

5. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини з осадом після сушіння Ф+О(105 $^{\circ}\text{C}$) = 1,5554 г.

6. Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини з осадом після прожарювання в муфельній печі ($T = 450\pm 50\text{ }^{\circ}\text{C}$) Ф+О(500 $^{\circ}\text{C}$) = 1,5476 г.

Визначити концентрацію фракцій зважених частинок речовин та встановити належність стічних вод до певного типу.

Розв'язування

1. Визначимо загальну концентрацію зважених речовин, тобто масу сухого залишку:

$$C_3 = [\text{Ч+О}(105^{\circ}\text{C}) - \text{Ч}] / V = (53,5794\text{ г} - 53,5433\text{ г}) / 0,050\text{ л} = 0,722\text{ г/л} = 722\text{ мг/л.}$$

2. Обчислюємо вміст легких речовин:

$$\text{ЛР} = [\text{Ч+О}(105^{\circ}\text{C}) - \text{Ч+О}(500^{\circ}\text{C})] / V = (53,5794\text{ г} - 53,5625\text{ г}) / 0,050\text{ л} = 0,338\text{ г/л.}$$

3. Розраховуємо вміст фракції зважених колоїдних речовин:

$$КР = [\Phi + O(105^{\circ}C) - \Phi(105^{\circ}C)] / V = (1,5554 \text{ г} - 1,5433 \text{ г}) / 0,050 \text{ л} = 0,242 \text{ г/л.}$$

4. Визначимо вміст фракції легких колоїдних речовин:

$$ЛКР = [\Phi + O(105^{\circ}C) - \Phi + O(500^{\circ}C)] / V = 1,5554 \text{ г} - 1,5476 \text{ г} / 0,050 \text{ л} = 0,156 \text{ г/л.}$$

5. Обчислюємо вміст розчинних речовин:

$$РР = СЗ - КР = 0,722 \text{ г/л} - 0,242 \text{ г/л} = 0,480 \text{ г/л.}$$

6. Визначимо вміст легких розчинних речовин:

$$ЛРР = ЛР - ЛКР = 0,338 \text{ г/л} - 0,156 \text{ г/л} = 0,182 \text{ г/л.}$$

Контрольне завдання

1. Виконати фракційний аналіз стічних вод за вихідними даними, що наведені в таблиці з вихідними даними.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть методику виконання фракційного аналізу стічних вод.

2. У чому полягає різниця між фракціями колоїдних та розчинних речовин?

3. Що являє собою сухий залишок стічних вод?

Вихідні дані для фракційного аналізу стічних вод

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Маса чашки для випарювання рідини, г	$Ч$	53,5433	53,1424	58,478	53,7159	55,2816	52,9648	53,5433	53,7685	54,5433	56,1229	53,7159
2	Маса чашки для випарювання рідини з осадом після випаровування при 105°C, г	$Ч+O(105^{\circ}C)$	53,7632	53,3233	59,0355	53,9945	55,7793	53,2986	53,5794	53,9976	54,5579	56,1657	53,9945
3	Маса чашки з осадом після прожарювання в муфельній печі ($T = 450 \pm 50^{\circ}C$), г	$Ч+O(500^{\circ}C)$	53,7512	53,2573	58,9668	53,9805	55,5625	52,9865	53,5625	53,8244	54,5496	56,1456	53,9805
4	Маса паперового фільтра для тонкого очищення рідини після сушіння, г	$\Phi(105^{\circ}C)$	1,5433	1,6287	1,5433	1,9174	1,5433	1,8934	1,5433	1,6422	1,5433	1,5433	1,9174
5	Маса паперового фільтра для тонкої фільтрації рідини з осадом після сушіння, г	$\Phi + O(105^{\circ}C)$	1,5851	1,6852	1,5741	1,9256	1,5745	1,9674	1,5554	1,6755	1,5554	1,5554	1,9256
6	Маса паперового фільтра з осадом після прожарювання при 550°C, г	$\Phi+O(500^{\circ}C)$	1,5763	1,6463	1,5498	1,9194	1,5576	1,9115	1,5476	1,6034	1,5476	1,5476	1,9194
7	Об'єм проби води, л	V	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05

Практична робота № 5

Тема: Визначення необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод

Мета: навчитись оцінювати належний ступінь очищення виробничих стічних вод за кількістю наявних там зважених речовин та БСК, враховуючи санітарно-гігієнічні вимоги.

Основні поняття

Щоб точно розрахувати потрібну якість очищення стічних вод, що скидаються у водойму, необхідно зібрати докладні дані про їх кількість і склад, а також врахувати місцеві гідрологічні й санітарні умови. В основі таких розрахунків – кількість зважених у стоках речовин, допустима величині біологічного споживання кисню (БСК) в суміші річкової води і стічних вод, гранично допустимі концентрації (ГДК) речовин-забруднювачів, а також інші параметри (рис. 5.1).

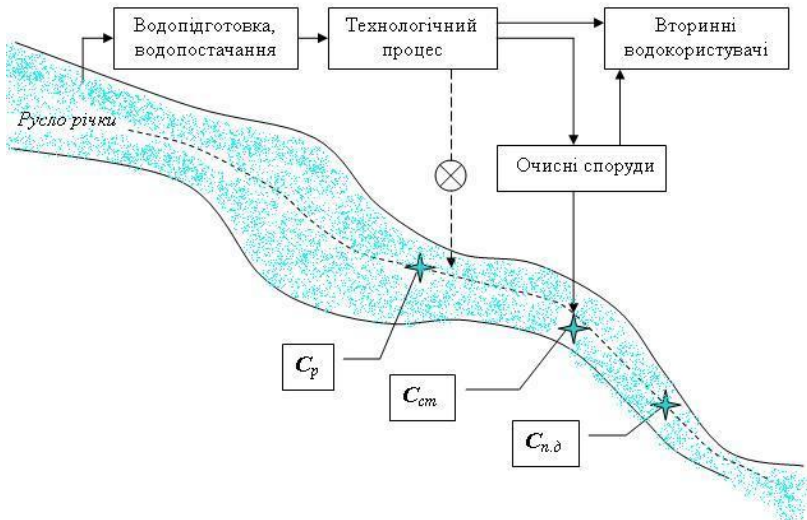


Рис. 5.1. Схема скидання стічних вод у водойму:
⊗ – надходження стоків, що відповідають санітарним вимогам; ★ – контрольні точки оцінювання якості стоків

Методика розрахунку

Взаємозв'язок між санітарними вимогами до стоків, що надходять у водойми, та необхідним ступенем їх попереднього очищення в загальному вигляді можна описати такою формулою:

$$C_{\text{ст}} = q + C_p \times a \times Q \times \epsilon \times (a \times Q + q) \times C_{\text{п.д}}, \quad (5.1)$$

де $C_{\text{ст}}$ – концентрація забруднювача (шкідливої речовини) в стоках, при якій не будуть перевищені допустимі межі (вони відповідають санітарним вимогам), г/м^3 ;

C_p – концентрація цього ж виду забруднювача (шкідливої речовини) у водоймі вище місця скидання, г/м^3 ;

$C_{\text{п.д}}$ – гранично допустимий вміст забруднювача (шкідливої речовини) у водоймі, г/м^3 ;

a – коефіцієнт перемішування, що показує, яка частина витрат води у водоймі змішується зі стічними водами в розрахунковому створі;

Q – витрата води у водоймі, $\text{м}^3/\text{год}$;

q – витрата стоків, що надходять у водойму, $\text{м}^3/\text{год}$.

Величину Q визначають за даними гідрометеорологічної служби, показник q – за результатами технологічних розрахунків, а параметр C_p – на основі лабораторних аналізів.

Значення коефіцієнта змішування " a " визначається врахуванням різноманітних чинників, таких як конструкція випускного обладнання, відстань до розрахункового створу, а також гідравлічні і гідрологічні параметри водного об'єкта. Розрахунок коефіцієнта " a " проводиться за допомогою методу, розробленого Фроловим і Родзіллером.

Перетворюючи формулу (5.1), отримаємо значення $C_{\text{ст}}$, тобто величину концентрації забруднювача (шкідливої речовини) в стічних водах, якої потрібно досягти внаслідок їх очищення й знешкодження, а саме:

$$C_{\text{ст}} \leq \frac{a \times Q}{q} (C_{\text{п.д}} - C_p) + C_{\text{п.д}}, \quad (5.2)$$

Необхідний рівень очищення стоків також встановлюється враховуючи концентрацію завислих речовин. Допустимий вміст цих речовин, позначений як m у стічних водах відповідно до санітарних норм, може бути визначений шляхом перетворення відповідного рівняння:

$$a \times Q \times b + q \times m = (a \times Q + q) \times (p + b), \quad (5.3)$$

Тобто

$$m = p \times \left(\frac{a \times Q}{q} + 1 \right) + b, \quad (5.4)$$

де p – допустиме за санітарними правилами збільшення вмісту завислих частинок у водоймі після спуску стоків (залежно від виду водокористування), г/м³;

b – вміст завислих речовин у водоймі до спуску стоків, г/м³.

Необхідний ступінь очищення за показником завислих речовин, %:

$$D = \frac{C_{\text{техн}} - m}{C_{\text{техн}}} \times 100, \quad (5.5)$$

де $C_{\text{техн}}$ – вміст частинок завислих речовин у стічній воді до очищення, г/м³.

Визначення необхідного ступеня очищення за параметром БСК_{повн}.

Розрахунок ґрунтується на врахуванні зміни ступеня забрудненості, що виникає внаслідок розведення стічних вод річковою водою, а також за рахунок біохімічних процесів самоочищення стічних вод від органічних речовин. Баланс БСК у суміші річкової та стічної води в розрахунковому створі (без урахування реаерації) можна висловити за допомогою відповідного рівняння:

$$q \times L_{\text{ст}} \times 10^{-k_{\text{ст}} t} + a \times Q \times L_p \times 10^{-k_{\text{ст}} t} = \quad (5.6)$$

$$= (q + a \times Q) \times L_{\text{пд}},$$

де $L_{\text{ст}}$ – БСК_{повн} у стічній рідині, якого потрібно досягти після очищення;

L_p – БСК_{повн} у річковій воді вище місця випуску стоків;

$L_{\text{пд}'}$ – гранично допустима величина БСК_{повн} суміші річкової та стічної води в розрахунковому створі;

$k_{\text{ст}}$ і k_p – коефіцієнти швидкості споживання кисню стічною та річковою водою відповідно;

t – тривалість руху води від місця випуску стоку до розрахункового пункту (днів), дорівнює відношенню між відстанню по фарватеру від зазначеного місця до розрахункового пункту $l_{\text{ср}}$ і середньою швидкістю течії води в річці на даній ділянці $v_{\text{ср}}$.

Таким чином,

$$L_{\text{ст}} = \frac{a \times Q}{q \times 10^{-k_{\text{ст}} t}} \times (L_{\text{пд}'}, -L_p \times 10^{-k_p t}) + \frac{L_{\text{пд}}}{10^{-k_{\text{ст}} t}} \quad (5.7)$$

Якщо фактичне значення БСК_{повн} показує скидання стоків, тобто $L_a > L_{\text{ст}}$, то вода підлягає очищенню. необхідний ступінь очищення в %, визначають за такою формулою:

$$E = \frac{L_a - L_{\text{ст}}}{L_a} \times 100, \quad (5.8)$$

Для спрощення розрахунків можна скористатися числовими даними табл. 5.1.

Значення параметра k_p залежить від температури води (див. табл. 5.2).

Таблиця 5.1

Значення величин $10^{-k^t_{cm}}$ та $10^{-k^t_p}$ при змінних значеннях k_{cm} і k_p і t

k_{cm} k_p	$10^{-k^t_{cm}}$ та $10^{-k^t_p}$									
	0,25	0,5	1	1,5	2	2,5	3	4	5	6
0,04	0,981	0,955	0,912	0,871	0,832	0,794	0,759	0,692	0,631	0,575
0,06	0,966	0,933	0,871	0,813	0,759	0,708	0,661	0,575	0,501	0,437
0,08	0,955	0,912	0,832	0,759	0,692	0,631	0,575	0,479	0,398	0,331
0,1	0,944	0,891	0,794	0,708	0,631	0,572	0,501	0,398	0,316	0,251
0,12	0,933	0,871	0,759	0,660	0,575	0,501	0,436	0,331	0,251	0,191
0,14	0,922	0,851	0,724	0,614	0,523	0,447	0,380	0,275	0,200	0,145
0,16	0,912	0,832	0,692	0,575	0,479	0,398	0,331	0,229	0,159	0,110
0,18	0,903	0,813	0,661	0,537	0,437	0,355	0,258	0,191	0,126	0,083
0,2	0,891	0,794	0,631	0,501	0,393	0,316	0,251	0,158	0,1	0,063
0,22	0,881	0,776	0,603	0,478	0,363	0,283	0,219	0,132	0,079	0,049
0,24	0,871	0,759	0,575	0,437	0,331	0,251	0,191	0,11	0,063	0,036
0,26	0,861	0,741	0,55	0,407	0,302	0,224	0,166	0,09	0,05	0,025
0,28	0,851	0,724	0,525	0,38	0,275	0,199	0,145	0,076	0,04	0,021
0,3	0,841	0,708	0,501	0,355	0,251	0,178	0,126	0,063	0,032	0,016
0,4	0,794	0,631	0,398	0,251	0,158	0,1	0,063	0,025	0,01	0,004
0,5	0,75	0,565	0,316	0,178	0,1	0,056	0,032	0,01	0,003	0,001

Таблиця 5.2

Величина коефіцієнта k_p

$T, ^\circ C$	0	5	10	15	20	25	30
k_p	0,04	0,05	0,063	0,08	0,1	0,126	0,158

Константу швидкості споживання кисню k_{cm} слід або визначати на основі даних у літературних джерелах або проводити спеціальні дослідження.

Приклад розв'язування типової задачі

Шахтні води вуглевидобувного підприємства надходять у басейн річки. Визначити умови скидання забруднювачів за показниками вмісту нітратів, завислих речовин та за параметром

БСК_{повн.} вихідні дані: $C_p = 3,2 \text{ г/м}^3$; $C_{п.д.} = 10 \text{ г/м}^3$; $a = 0,1$; $q = 10500 \text{ м}^3/\text{год}$; $q = 350 \text{ м}^3/\text{год}$; $p = 0,25 \text{ г/м}^3$; $b = 10 \text{ г/м}^3$; $C_{\text{техн.}} = 120 \text{ г/м}^3$; $L_{п.д.} = 3 \text{ г/м}$; $L_p = 2,4 \text{ г/м}^3$; $L_a = 180 \text{ г/м}^3$; $L_{\text{ст}} = 0,3$, $k_p = 0,1$; $t = 0,25$ доби.

Розв'язання

1. Розраховуємо вміст нітратів у стічних водах таким чином:

$$C_{\text{ст}} = q + C_p \times a \times Q \times \epsilon \times (a \times Q + q) \times C_{п.д.}$$

$$C_{\text{ст}} \leq \frac{a \times Q}{q} (C_{п.д.} - C_p) + C_{п.д.}$$

$$C_{\text{ст}} \leq \frac{(0,1 \times 10500 + 350) \times 10 - 3,2 \times 0,1 \times 10500}{350} \leq \\ \leq 30,4 \text{ г/м}^3$$

2. Визначаємо допустимий вміст завислих речовин у стічних водах, а саме:

$$m = p \times \left(\frac{a \times Q}{q} + 1 \right) + b = 0,25 \left(\frac{0,1 \times 10500}{350} \right) + 10 = \\ = 11 \text{ г/м}^3$$

3. Визначаємо необхідний ступінь очищення стоків:

$$D = \frac{C_{\text{техн.}} - m}{C_{\text{техн.}}} \times 100 = \frac{120 - 11}{120} \times 100 = 90,83\%$$

4. Обчислюємо необхідний ступінь очищення за параметром БСК_{повн.}, тобто:

$$L_{\text{ст}} = \frac{a \times Q}{q \times 10^{-k_{\text{ст}} t}} \times (L_{п.д.} - L_p \times 10^{-k_p t}) + \frac{L_{п.д.}}{10^{-k_{\text{ст}} t}} =$$

$$= \frac{0,1 \times 10500}{350 \times 0,841} (3 - 2,4 \times 0,944) + \frac{3}{0,841} = 2,62 + 3,57 = 6,19 \text{ г/м}^3$$

Контрольне завдання

Виконати фракційний аналіз стічних вод за вихідними даними, що наведені в таблиці

Питання для самоконтролю

1. Визначити величину концентрації забруднювача в стічних водах, якої необхідно досягти внаслідок очищення й знешкодження.
2. Визначити необхідний ступінь очищення стоків за кількістю завислих частинок речовин.
3. Визначити необхідний ступінь очищення стоків за показником БСК_{повн.}

Вихідні дані для виконання завдань наведено в таблиці

Вихідні дані для розрахунку необхідного ступеня очищення виробничих стічних вод

№ вар.	Витрата води у водоймі $Q, \text{ м}^3/\text{год}$	Витрата стоків, що скидаються у водойму $q, \text{ м}^3/\text{год}$	Коефіцієнт змішування води зі стоками a	№ вар.	Витрата води у водоймі $Q, \text{ м}^3/\text{год}$	Витрата стічних вод, що надходять у водойму $q, \text{ м}^3/\text{год}$	Коефіцієнт змішування води зі стоками a
1	1000	200	0,1	11	1500	300	0,19
2	1050	210	0,11	12	1550	310	0,18
3	1100	220	0,12	13	1600	320	0,17
4	1150	230	0,13	14	1650	330	0,16
5	1200	240	0,14	15	1700	340	0,15
6	1250	250	0,15	16	1750	350	0,14
7	1300	260	0,16	17	1800	360	0,13
8	1350	270	0,17	18	1850	370	0,12
9	1400	280	0,18	19	1900	380	0,11
10	1450	290	0,19	20	1950	390	0,1

Примітка: номер варіанта кожен студент визначає за номером власного прізвища в списку академічної групи.

Значення решти параметрів для розрахунку беремо з вихідних даних, що наведені в умовах до розв’язування типової задачі.

Практична робота № 6

Тема: *Проектування механічних решіток для очищення стічних вод*

Мета: *навчитись проектувати механічні решітки*

Основні поняття

Решітки – це перший пристрій в схемі очисних споруд. Вони мають вигляд закріплених на рамі металевих стержнів з просвітами різної ширини (просвіт) в залежності від необхідного ступеня очищення. Стержні решіток бувають прямокутними, рідше – круглими. Решітка встановлюється вертикально чи похило на шляху руху стічних вод. Кут нахилу решітки до горизонту складає 60–80°.

Решітки можуть мати рухому або нерухому конструкцію, а їхнє очищення від утримуваних забруднень може здійснюватися як простим, так і механізованим методом. В таблиці 6.1 подані основні параметри решіток-дробарок типу РД.

Найпростіші решітки (рис. 6.1) встановлюють при кількості затриманих забруднень менше 0,1 м³/д. Їх очищають вручну металевими граблями. Домішки скидають на дренаючі майданчики або дірчасті жолоби, а потім вивозять в закритих контейнерах в спеціально відведені місця і знезаражують.

Таблиця 6.1

Основні параметри решіток-дробарок типу РД

Марка	Макс. пропускна здатність, м ³ /год	Ширина щілинних отворів, мм	Діаметр барабана, мм	Частота обертів барабана, хв ⁻¹	Потужність електро-двигуна, кВт	Маса агрегата, кг

РД-100	30	8	100	65	0,27	85
РД-200	60	8	180	53	0,6	320
РД-400	420	10	400	31	0,8	660
РД-600	2000	10	635	31	1,5	1800

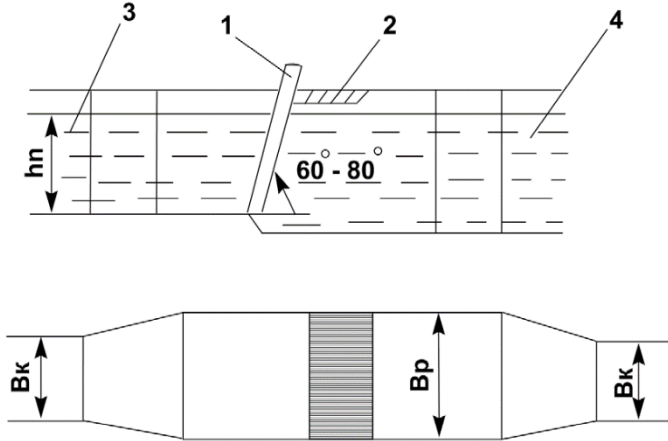


Рисунок 6.1. Схема найпростішої решітки:
1 – решітка; 2 – настил; 3 – підвідний канал; 4 – відвідний канал

Методика розрахунку

Загальні вимоги при проектуванні при розрахунку решіток приймають:

- провіти (ширину) між металевими стержнями $b = 10...20$ мм;
- швидкість руху стічних вод в провітах решітки при максимальному припливі в механізованих решітках $\sqrt{p} = 0,8...1$ м/с, в провітах решіток-дробарок – 1,2 м/с;
- об'ємна маса відходів – 750 кг/м³;
- коефіцієнт погодинної нерівномірності (табл. 6.2).
- кут нахилу решітки до горизонту, приймається $60 - 80^\circ$;
- норма відходів на одну людину в рік, яка затримується

решітками, становить 0,008 м³(люд./рік), густиною 750 кг/м³, відносною вологістю 80%;

– норма водовідведення на одну добу становить 0,25 м³ (люд./д).

Таблиця 6.2

Коефіцієнти нерівномірності надходження стічних вод загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод середні витрати стічних вод, л/с

Загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод	Середні витрати стічних вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 і більше
Максимальний K_H	2,5	2,1	1,9	1,7	1,6	1,55	1,5	1,47	1,44
Мінімальний K_H	0,38	0,45	0,5	0,55	0,59	0,66	0,68	0,69	0,71

Примітка: при проміжних значеннях середніх витрат стічних вод загальний коефіцієнт нерівномірності необхідно визначити інтерполяцією.

Розрахунок решіток полягає у визначенні їх розмірів і втрати напору, який виникає при проходженні стоків витрати стічних вод, Q_c , м³/с, які проходять через решітку, залежать від її конструктивних розмірів:

$$Q_c = F_p V_p = b n h_p V_p, \quad (6.1)$$

де F_p – площа перерізу, м²;

V_p – швидкість руху рідини в просвітах решітки, м/с;

b – величина просвітів решітки, м;

h_p – глибина потоку, м;

n – число просвітів решітки.

З виразу (6.1) знаходимо:

$$n = 1,05 \frac{Q_c}{bnh_n V_p}, \quad (6.2)$$

де 1,05 – коефіцієнт, який враховує стиснення потоку граблями.
Ширина решітки:

$$B_p = B_n + \delta(n - 1), \quad (6.3)$$

де δ – товщина стержня, м.

Втрата напору в решітці визначається за формулою:

$$h_m = \xi \frac{V_p^2}{2g} \times K, \quad (6.4)$$

де K – коефіцієнт, який враховує збільшення втрат напору внаслідок забруднення решітки, приймається $K = 3$;

ξ – коефіцієнт опору.

Коефіцієнт опору обчислюється за формулою:

$$\xi = \beta \left(\frac{\delta}{b} \right)^{4/3} \times \sin \alpha, \quad (6.5)$$

де β – коефіцієнт, що залежить від форми поперечних перерізів стержнів решітки: для круглих стержнів $\beta = 1,72$, для прямокутних – 2,42, для прямокутних із закругленими ребрами – 1,83;

α – кут нахилу решітки до горизонту, °.

Приклад типової задачі

Підібрати тип і кількість решіток для станції продуктивністю 40000 м³/д.

Розв'язання

1. Визначається секундна витрата стічних вод

$$Q_c = \frac{Q_d}{t_{c, \text{доб}}} = \frac{Q_d}{24 \times 3600} = \frac{40000}{24 \times 3600} = 0,46 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. За табл. 6.3 знаходимо коефіцієнт нерівномірності $K_n = 1,1$ і визначаємо максимальну витрату стічних вод:

$$Q_{c \text{ макс}} = Q_c \times K_n = 0,46 \times 1,1 = 0,5 \text{ м}^3/\text{с}$$

Таблиця 6.3

Основні параметри механізованих решіток

Марка	Номинальні розміри каналу (В×Н), мм	Ширина камери в місці встановлення, мм	Число просівів	Товщина стержня, мм	Радіус повороту, мм	Маса, кг
МГ5Т	2000 × 3000	2290	84	8	3810	2691
МГ9Т	1000 × 1200	1140	39	8	2050	1329
МГ10Т	1000 × 2000	1200	39	8	2850	1436
МГ-12Т	1600 × 2000	1790	64	8	2850	1949
РМУ-1	600 × 800	685	21	6	-	650
РМУ-4	1500 × 2000	2035	60	6	-	1560
РМУ-7	2500 × 3000	3035	107	6	-	2300

3. Необхідна площа поперечного перерізу робочих решіток при рекомендованій швидкості руху води в просвітах решітки $V_p = 0,8 \text{ м/с}$

$$F_p = \frac{Q_c}{V_p} = \frac{0,5}{0,8} = 0,625 \text{ м}^2$$

4. При двох робочих решітках ($N=2$) площа поперечного перерізу кожної буде

$$F_p = \frac{F_p}{N} = \frac{0,625}{2} = 0,31 \text{ м}^2$$

5. Число просвітів решітки при їх ширині $b = 0,016$ м і глибині води перед решіткою $h_n = 0,85$ м

$$n = 1,05 \frac{Q_{c \text{ макс}}}{bh_n \times V_p} = \frac{0,5}{0,016 \times 0,85 \times 0,8} = 46$$

6. Ширина решітки при товщині стержня $\delta = 8$ мм

$$B_p = bn + \delta(n - 1) = 0,016 \times 46 + 0,008(46 - 1) = 1,1 \text{ м}$$

7. За одержаними розмірами (табл. 6.3) підбираємо решітку типу МГ9Т: дві робочі і одну резервну.

8. Швидкість протікання води через просвіти решітки МГ9Т

$$V_p = \frac{Q_{c \text{ макс}}}{2nh_{nb}} = \frac{0,5}{2 \times 39 \times 0,85 \times 0,016} = 0,47 \text{ м/с}$$

9. Втрата напору в решітці

$$h_p = \beta \left(\frac{\delta}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{V_p^2}{2g} K \sin \alpha = 2,42 \left(\frac{8}{16}\right)^{\frac{4}{3}} \times \frac{0,47^2}{2 \times 9,81} \times 3 \times 0,866 =$$

$$= 0,03 \text{ м}$$

10. Загальний підпір в решітці дорівнює трикратній втраті напору (при забрудненнях):

$$h_3 = 3h_p = 3 \times 0,03 = 0,09 \text{ м}$$

11. Кількість відходів, які знімаються з решіток, при ширині просвітів 16...20 мм передбачається 8 л/рік ($0,008 \text{ м}^3/\text{рік}$) на 1 людину. Приймавши норму водовідведення $Q_b = 0,25 \text{ м}^3/\text{д}$ ($91,25 \text{ м}^3/\text{рік}$), можна знайти число жителів, яких зможуть

обслуговувати ці решітки:

$$N_m = \frac{Q_d}{Q_B} = \frac{4000}{0,25} = 160000 \text{ жит.}$$

12. Кількість затриманих забруднень в рік становить:

$$W_p = N_m \times 0,008 = 16000 \times 0,008 = 1280 \text{ м}^3/\text{рік}$$

або

$$W_d = \frac{W_p}{365} = \frac{1280}{365} = 3,5 \text{ м}^3/\text{д}$$

13. При їх густині $\rho = 750 \text{ кг/м}^3$ маса

$$M = W_d \times \rho = 3,5 \times 750 = 2625 \text{ кг/д}$$

При визначенні кількості затриманих забруднень, які утворилися при митті автомобілів, необхідно знати середню кількість забруднень від одного автомобіля, кількість автомобілів, що обслуговуються за добу, та продуктивність мийних машин.

Контрольне завдання

Підібрати тип і кількість решіток для станції продуктивністю $50000 \text{ м}^3/\text{д}$.

Питання для самоконтролю

1. Дайте визначення поняттю «механічні решітки».
2. Розкажіть про типи решіток та вимоги до їх розрахунку.
3. У чому полягає розрахунок решіток, наведіть формулу.

Вихідні дані розрахунку решіток

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1													
2													
3													
4													
5													

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1													
2													
3													
4													
5													

Практична робота № 7

Тема: Розрахунок кількості уловлюваних продуктів нафтоуловлювачем

Мета: навчитись розраховувати кількість уловлюваних продуктів нафтоуловлювачем

Основні поняття

Для очищення виробничих стічних вод з вмістом спливаючих домішок (жири, нафтопродукти, смоли) використовуються, відповідно, жиро-, нафто-, смолоуловлювачі. Вони являють собою прямокутні, витягнуті в довжину резервуари, в яких за рахунок різниці густини домішок і води відбувається їх розділення. домішки впливають на поверхню, де відділяються від стічної води і за допомогою різних пристроїв видаляються в спеціальні резервуари, подібні до відстійників.

Нафтоуловлювачі використовуються для затримання грубодисперсних нафтових частинок при концентрації їх в стічних водах більше 100 мг/дм³.

Методика розрахунку

Розраховуються вони з урахуванням кінетики спливання нафтових частинок.

У разі відсутності даних з кінетики спливання допускається застосовувати: гідравлічну крупність (швидкість спливання частинок) $U_0 = 0,4...0,6$ мм/с, середню розрахункову швидкість в проточній частині $V_p = 4...6$ мм/с. Кількість затриманих частинок при цьому становить: 70% при $U_0 = 0,4$ мм/с, 60% при $U_0 = 0,6$ мм/с.

Необхідно приймати: глибину проточної частини $H_1 = 2$ м; відношення довжини до глибини – від 15 до 20; ширину секції 3...6 м; число секцій – не менше 2; шар спливаючих нафтопродуктів 0,1 м; шар осаду – до 0,1 м; вологість свіжого осаду 95%; об'ємну вагу 1,1 т/м³; вологість осаду 70%, кількість задержаного осаду за сухою речовиною 80..120 кг на 1 м³ стічних вод.

Необхідно передбачити пристрій для збору нафтопродуктів, що сплили, і видалення осаду. При нормальній експлуатації в нафтоуловлювачах затримується до 98% нафтопродуктів. Залишкова кількість нафти може досягати 100 мг/дм^3 , тому воду необхідно відправляти на біологічне очищення.

Приклад типової задачі

Розрахувати нафтоуловлювач.

Дано: середні витрати стічних вод $Q_{\text{д}} = 8000 \text{ м}^3/\text{д}$; погодинний коефіцієнт нерівномірності $K_{\text{Н}}=1,2$; вміст нафтопродуктів в стічній воді $C_{\text{п}} = 150 \text{ мг/дм}^3$, в очищеній воді $C_{\text{в}} = 60 \text{ мг/дм}^3$.

Розв'язання

1. Максимальні секундні витрати води на нафтоуловлювачі:

$$Q_{\text{с макс}} = Q_{\text{д}} \times \frac{K_{\text{Н}}}{24 \times 3600} = 8000 \times \frac{1,2}{24 \times 3600} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}$$

2. Приймаємо дві секції нафтоуловлювача, глибину проточної частини $H_1 = 2 \text{ м}$, розрахункову швидкість руху води:

$$V_p = 0,004 \text{ м/с}$$

3. Ефект освітлення від нафтопродуктів:

$$\varepsilon = (C_{\text{п}} - C_{\text{в}}) \times \frac{100}{C_{\text{п}}} = (150 - 60) \times \frac{100}{150} = 60\%$$

4. Гідравлічна крупність нафтопродуктів: $U_0 = 0,6 \text{ мм/с}$.

5. Ширина секцій:

$$B = \frac{Q_{\text{с макс}}}{n \times H_1 \times V_p} = \frac{0,11}{2 \times 2 \times 0,004} = 6,9 \text{ м}$$

6. Довжина нафтоуловлювача:

$$L_H = V_p \times \frac{H_1}{K} \times U_o = 0,004 \times \frac{2}{0,5 \times 0,0006} = 26,7 \text{ м}$$

де $K = 0,5$ – коефіцієнт використання об'єму нафтоуловлювача.

Кількість уловлюваних нафтопродуктів за добу:

$$M = C_n \times \varepsilon \times K_1 \times \frac{Q_D}{10^6} = 150 \times 0,6 \times 0,9 \times \frac{8000}{10^6} = 0,65 \text{ т/д.}$$

де K_1 – коефіцієнт, який враховує збільшення уловлюваних нафтопродуктів за рахунок фракцій, невлвовлюваних при аналізах (рівний 0,8....1,0).

Контрольне завдання

Розрахувати нафтоуловлювач за даними з таблиці вихідних даних.

Питання для самоконтролю

1. Поясніть принцип очищення стічних вод нафтоуловлювачами.
2. Що являють собою нафтоуловлювачі і для чого застосовуються?
3. За якою формулою визначаються максимальні секундні витрати води на нафтоуловлювачі?

Вихідні дані розрахунку нафтоуловлювача

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	Середні витрати стічних вод	Q_d											
2	Погодинний коефіцієнт нерівномірності	K_H											
3	Вміст нафтопродуктів в стічній воді	C_P											
4	Вміст нафтопродуктів в очищеній воді	C_B											

№ з/п	Вихідні показники	Умовне позначення	№ варіанта										
			12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
1	Середні витрати стічних вод	Q_d											
2	Погодинний коефіцієнт нерівномірності	K_H											
3	Вміст нафтопродуктів в стічній воді	C_P											
4	Вміст нафтопродуктів в очищеній воді	C_B											
5													

Практична робота № 8

Тема: Дезінфекція стічних вод хлором

Мета: навчитись проводити дезінфекцію стічних вод хлором

Основні поняття

Обеззаражування (дезінфекцію) стічних вод проводять з метою знищення наявних в них хвороботворних (патогенних) бактерій і охорони, таким чином, водоймищ від зараження спущеними в них стічними водами. Обеззаражування побутових стічних вод та їх сумішей з виробничими необхідно проводити після їх очищення. при спільному біологічному очищенні побутових і виробничих стічних вод, які пройшли роздільне механічне очищення, допускається проведення обеззаражування тільки побутових вод з дехлоруванням їх на спорудах біологічного очищення. Обеззаражування стічних вод може здійснюватися різними способами: хлоруванням, електролізом, озонуванням, бактерицидними променями тощо. Найбільшого розповсюдження одержав спосіб хлорування стічних вод. Хлор вводиться в стічну воду у вигляді хлорного вапна або в газоподібному вигляді. Кількість активного хлору, введеного на одиницю об'єму стічної води, називають дозою хлору – і виражається в грамах на 1 м^3 , ($\text{г}/\text{м}^3$).

Методика розрахунку

Розрахункова доза активного хлору приймається:

- після механічного очищення – $10 \text{ (г}/\text{м}^3)$;
- після механічного очищення при ефективності відстоювання 70% і неповному біологічному очищенні – $5 \text{ (г}/\text{м}^3)$;
- після повного біологічного, фізико-хімічного і глибокого очищення – $3 \text{ (г}/\text{м}^3)$.

Установка для дезінфекції стічних вод хлором складається із таких елементів: витратного складу хлору, вузлів випарювання рідкого хлору і утворення хлорної води. для невеликих установок хлор випаровують у тій тарі, в якій він зберігається (табл. 8.1). якщо потрібно більше $30 \text{ кг}/\text{год}$ хлору,

то застосовуються випарники зі штучним підігрівом.

Таблиця 8.1

Вихід газоподібного хлору при температурі 16 °С без підігріву

Тара	Площа зовнішньої поверхні тари, м ²	Середній вихід хлору S _δ , кг/год
Балони місткістю 40 л, встановлені вертикально	0,99	0,7
Балони встановлені під кутом	0,9	2
Контейнери місткістю 800 л	4,7	3-4
Тенк місткістю 40 м ³	77	2-3

Серійно випускаються хлоратори ЛОНП–100К ручного регулювання на продуктивність хлору: 1,28...8,1 і 2,05...12,8 кг/год.

Для змішування хлорної води із стічними водами застосовуються різного типу змішувачі. Тривалість контакту хлору з водою повинна становити 30 хв. Як контактні резервуари застосовуються відстійники аналогічні первинним. Швидкість руху стічних вод в контактних резервуарах повинна бути не більше 10 мм/с.

Приклад типової задачі

Розрахувати хлораторну установку дезінфекції води для очисної станції на повне біологічне очищення продуктивністю $Q_d = 18000 \text{ м}^3/\text{д}$. Загальний коефіцієнт нерівномірності $K_H = 1,5$.

Розв'язання

1. Розраховуються максимальні погодинні витрати стічних вод:

$$Q_{\text{г макс}} = \frac{Q_d \times K_H}{24} = \frac{1800 \times 1,5}{24} = 1125 \text{ м}^3/\text{год}$$

2. Доза хлору, що береться для дезінфекції вод $D_{\text{хл}} = 3 \text{ г}/\text{м}^3$. Втрата хлору за за 1 годину при максимальних

витратах стічних вод:

$$q_{\text{хл}} = D_{\text{хл}} \times \frac{Q_{\text{Г макс}}}{1000} = 3 \times \frac{1125}{1000} = 3,75 \text{ кг/год}$$

3. Витрати хлору за добу:

$$q'_{\text{хл}} = D_{\text{хл}} \times \frac{Q_{\text{Д}}}{1000} = 3 \times \frac{18000}{1000} = 54 \text{ кг/д}$$

4. Передбачається установка двох хлораторів ЛОНП–100К. Один хлоратор робочий, а інший – резервний.

5. Визначається, скільки балонів-випалювачів необхідно мати для забезпечення одержаної продуктивності за 1 годину:

$$n_{\delta} = \frac{q_{\text{хл}}}{S_{\delta}} = \frac{3,75}{0,7} \approx 5,36$$

де S_{δ} – 0,7 кг/год – вихід з одного балона (табл. 8.1).

Приймаємо 6 балонів об'ємом 40 л кожний, які містять по 50 кг рідкого хлору.

Для забезпечення контакту хлору зі стічною водою запроєктуються контактні резервуари за типом горизонтальних відстійників.

Об'єм резервуарів:

$$V_{\text{кр}} = \frac{Q_{\text{Г макс}} \times t_{\text{н}}}{60} = \frac{1125 \times 30}{60} = 562,5 \text{ м}^3$$

де $t_{\text{н}}=30$ хв – тривалість контакту хлору зі стічною водою.

7. При швидкості руху стічних вод в контактних резервуарах $v=10$ мм/с довжина резервуара $V_{\text{кр}} = 10$ мм/с довжина резервуара:

$$L_{\text{кр}} = V_{\text{кр}} \times t_{\text{н}} = \frac{10 \times 30 \times 60}{1000} = 18 \text{ м}$$

8. Площа поперечного перерізу:

$$F_{\text{кр}} = \frac{V_{\text{кр}}}{L_{\text{кр}}} = \frac{562,5}{18} = 31,3 \text{ м}^2$$

9. При глибині $H_{\text{кр}} = 2,8$ м і ширині кожної секції $B_{\text{скр}} = 6$ м число секцій:

$$n = \frac{F_{\text{кр}}}{B_{\text{скр}} \times H_{\text{кр}}} = \frac{31,3}{6 \times 2,8} = 1,87$$

10. Фактична тривалість контакту води з хлором в годину максимального припливу води:

$$t_{\text{ф}} = \frac{V_{\text{кр}}}{Q_{\text{г макс}}} = \frac{n \times B_{\text{скр}} \times H_{\text{кр}} \times L_{\text{кр}}}{Q_{\text{г макс}}} = \frac{2 \times 6 \times 2,8 \times 18}{1125} = 32,4 \text{ хв}$$

Таким чином $32,4 > 30$ хв, що забезпечує необхідну якість дезінфекції води.

Одним з найбільш перспективних способів обеззараження вод на водоочисних комплексах з добовими витратами хлору до 50 кг є використання гіпохлориту натрію (NaClO), який одержується на місці споживання шляхом електролізу розчинів кухонної солі або мінералізованих вод, які містять не менше 50 г/дм^3 хлоридів. Електрохімічний спосіб одержання гіпохлориту натрію базується на одержанні хлору і його взаємодії з лугами в одному і тому ж апараті – електролізері.

Електролізерна установка показана на рис. 8.1. В розчинний бак 1 завантажують кухонну сіль, заливають воду і з допомогою насоса перемішують до одержання насиченого ($280...300 \text{ г/дм}^3$) розчину кухонної солі. Потім розчин за допомогою насоса 5 подають в електролізер 6, де розводять водою до робочої концентрації ($100...120 \text{ мг/дм}^3$). Готовий розчин зливають в бак-нагромаджувач 8, звідки його дозують в оброблювану воду. Технологічні характеристики електролізерів

непротічного типу наведені в табл. 8.2.

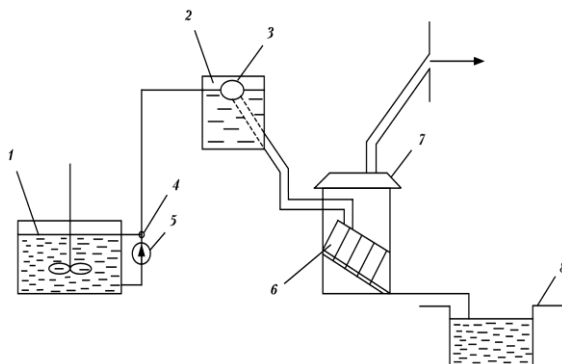


Рис. 8.1. Електролізна установка:
 1, 2 – розчинний і робочий баки; 3 – поплавковий дозатор; 4 – розподільний трійник; 5 – насос; 6 – електролізер; 7 – зонт втяжної вентиляції, 8 – бак-нагромаджувач гіпохлориту натрію

Таблиця 8.2

Доза ультрафіолетового випромінювання (мДж/см²), необхідна для інактивації різних видів мікроорганізмів

№ п/п	Вид мікроорганізмів	Доза опромінювання, необхідна для інактивації		Вид мікроорганізмів	Доза опромінювання, необхідна для інактивації
		99,9%			99,9%
1	Shigella flexneri	5,2	8	Salmonella paratyphi	6,1
2	Salmonella typhi	7,5	9	Vibrio cholerae	6,5
3	Shigella dysenteriae	8,8	10	Orthomyxoviridae (віруси грипу)	6,6
4	Proteus vulgaris	7,8	11	Salmonella enteritidis	7,6
5	Staphylococcus aureus	7,8	12	Mycobacterium tuberculosis	10,0
6	Escherichia coli	6,0	13	Pseudomonas aeruginosa	10,5
7	Virus poliomyelitis	6,0	14	Virus hepatitis A	11,0

Питання для самостійного опрацювання.

1. Наведіть категорії стічних вод.
2. Охарактеризуйте найпоширеніші види забруднень стічних вод.
3. Які є системи водопостачання населених пунктів?
4. Дайте характеристику існуючих систем і схем водопостачання та водо- відведення промислових підприємств.
5. Охарактеризуйте різновиди систем оборотного водопостачання.
6. Від чого залежить вибір систем і схем водопостачання та водовідведення?
7. Опишіть вимоги до складу і властивостей води водних об'єктів поблизу
8. пунктів господарсько-питного і культурно-побутового водокористування.
9. Проаналізуйте заходи підприємств, установ і організацій щодо охорони водних басейнів від забруднень.
10. Наведіть порядок визначення необхідного ступеня очищення стічних вод.
11. Опишіть порядок розрахунку допустимої температури стічних вод перед спуском їх у водоймище.
12. Розкрийте особливості методів очищення стічних вод.
13. Наведіть схему механічного і біологічного очищення стічних вод. Опишіть сутність механічного очищення стічних вод від забруднень.
14. Розкажіть про типи решіток та вимоги до їх розрахунку.
15. Обґрунтуйте необхідність спорудження осередників у системі очищення стічних вод.
16. Розкрийте особливості очищення стічних вод пісколовками.
17. Наведіть види та конструкції відстійників.

18. Опишіть загальні вимоги до проектування відстійників.
19. Розкрийте сутність та особливості очищення стічних вод гідроциклонами.
20. Поясніть принцип очищення стічних вод нафтоуловлювачами. Опишіть сутність фізико-хімічного очищення стічних вод.
21. Наведіть переваги фізико-хімічного очищення стічних вод перед біологічним очищенням.
22. Охарактеризуйте способи нейтралізації виробничих стічних вод.
23. Розкрийте особливості коагулювання стічних вод.
24. Поясніть процес сорбційного очищення стічних вод.
25. Розкажіть про особливості застосування іонообмінного очищення стічних вод.
26. Наведіть класифікацію флотаційних установок.
27. Опишіть процес електрохімічного очищення стічних вод.
28. Розкрийте особливості застосування екстракції, евапорації та кристалізації при очищенні стічних вод.

Рекомендована література

1. Про охорону навколишнього природного середовища: Закон України від 25.06.1991р. №1264-XII. URL: <http://zakon5.rada.gov.ua/laws/show/1264-12>.
2. Водний кодекс України : Закон України від 06.06.1995 р. №213/95-ВР. *Відомості Верховної Ради України*. 1995. №24. С. 189. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text>
3. Водна Рамкова Директива ЄС 2000/60/ЄС. Основні терміни та їх визначення. Київ, 2006. 240 с

4. Природоохоронні технології : навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І. Вінниця : ВНТУ, 2014. 254 с.
5. ДСТУ 2569-94 "Водопостачання і каналізація. Терміни та визначення" (наказ Держстандарту України №138 від 10.06.1994 р.).
6. ДСТУ 3041-95 Система стандартів у галузі охорони навколишнього середовища та раціонального використання ресурсів. Гідросфера. Використання і охорона води. Терміни та визначення (наказ Держстандарту України № 91 від 28.03.1995 р.).
7. Мальований М. С., Петрушка І. М. Очищення стічних вод природними дисперсними сорбентами : монографія. Львів : Львівська політехніка, 2012. 177 с.
8. Відродження екосистем трансформованих басейнів річок та озер (Рекомендації до розробки ОВНС) : монографія / Клименко М. О. та ін.; за ред. д.б.н., професора Й. В. Гриба. Рівне : НУВГП, 2012 246 с
9. Моніторинг природокористування та стратегія реабілітації порушених річкових і озерних екосистем : навчальний посібник / Й. В. Гриб та ін. Вінниця : ФОП Рогальська І. О., 2015. 486 с.
10. Ліхо О. А., Клименко О. М., Статник І. І. Антропогенний вплив на геосистеми (басейни річок) : навч. посіб. Рівне : Червінко А. В., 2011. 202 с.
11. Клименко О. М., Статник І. І. Методологія покращення екологічного стану річок Західного Полісся (на прикладі р. Горинь) : монографія. Рівне : НУВГП, 2012. 206 с.
12. Проектування систем водовідведення, очищення та утилізації стічних вод в малих населених пунктах та сільській місцевості : монографія / М. М. Гіроль, С. Б. Проценко, А. М. Гіроль та ін. ; за заг. ред. М. М. Гіроля і С. Б. Проценка. Рівне : НУВГП, 2013. 65 с.
13. Клименко М. О., Мошинський В. С., Бедункова О. О., Статник І. І. Вибір індикаторів моніторингу якості поверхневих вод річки Прип'ять. *Вісник Національного*

університету водного господарства та природокористування. 2022. 1(97)). С. 61–73.

14. Статник І. І., Клименко Л. В. Технології відновлення якості поверхневих вод малої річки Тиннівська в межах території міста Рівне. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. 2021. (3(95)). С. 111–127.*
15. Statnyk I. I., Bedunkova O. O., Korbutiak V. M., Zhuk O. M., Lahodniuk O. A. The management of transformed small river basins of Volyn Polissia - Buniv River case study. IOP Conference Series: *Earth and Environmental Science*, 2023, 1254(1), 012118. DOI 10.1088/1755-1315/1254/1/012118. URL: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1755-1315/1254/1/012118>