


**ІННОВАЦІЙНІ ТЕХНОЛОГІЇ ТА СИСТЕМИ
ЗАХИСТУ НАВКОЛИШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА**

**методичні вказівки
до самостійного вивчення
практичної частини дисципліни
для здобувачів вищої освіти спеціальності
183 «Технології захисту навколишнього середовища»
усіх форм навчання другого (магістерського)
рівня вищої освіти**

*Рекомендовано Науково-методичною радою
ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА»
(протокол № 4 від «12» березня 2023 р.)
Обов'язково до розміщення в репозиторії*



Методичні вказівки до самостійного вивчення практичної частини дисципліни «Інноваційні технології та системи захисту навколишнього середовища» (для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» усіх форм навчання другого (магістерського) рівня вищої освіти) / Д.С. Пікареня, О.В. Орлінська. Запоріжжя: ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ «МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023. 35 с.

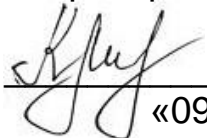
Методичні вказівки включають завдання до практичних робіт за варіантами, методичні пояснення щодо порядку виконання, вимоги до його оформлення.

Рекомендовано для здобувачів вищої освіти спеціальності 183 «Технології захисту навколишнього середовища» другого (магістерського) рівня освіти.

Самостійне електронне текстове мережеве видання

Затверджено на засіданні кафедри
Екології та економіки довкілля
Протокол № 7 від «07» березня 2023 р.

Узгоджено:
Секретар Редакційної ради

 Малій Х. В.
«09» березня 2023 р.

© ТОВ «ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
«МЕТІНВЕСТ ПОЛІТЕХНІКА», 2023



ЗМІСТ

Практична робота №1. Визначення необхідного ступеню очистки міських стічних вод.....	4
1.1. Короткі теоретичні відомості.....	4
1.2. Методика розрахунку основних характеристик стічних вод... 5	
1.3. Приклад розрахунку основних характеристик стічних вод.....	9
Практична робота №2. Розрахунок та вибір обладнання станції очистки стічних вод.....	14
2.1. Короткі теоретичні відомості.....	14
2.2. Методика розрахунку основних типів обладнання.....	14
2.3. Приклад розрахунку основних типів обладнання.....	23
Використана література.....	34
Додаток А. Вихідні дані щодо виконання практичної роботи №1.....	35



Практична робота № 1

Визначення необхідного ступеню очистки міських стічних вод

Завдання до практичної роботи: визначити необхідний ступінь очистки міських стічних вод перед випуском їх у водойму згідно з варіантом (Додаток А) за методикою, що наведена нижче.

1.1. Короткі теоретичні відомості.

Стічні води поділяють на 3 основні категорії: 1) побутові, 2) виробничі, 3) атмосферні, дощові й талі.

Забруднення поділяються на мінеральні, органічні, бактеріальні та біологічні, у стічних водах вони присутні в нерозчиненому, колоїдальному та розчиненому станах.

Нерозчинені речовини в стічних водах, затримані на паперовому фільтрі, називаються завислими речовинами.

Ступінь забрудненості стічних вод органічними речовинами, здатними біохімічно окиснюватися, оцінюється БСК - біохімічним споживанням кисню. При цьому розрізняють БСК_{повне}, БСК₂₀ (двадцятидобової проби) і БСК₅ (п'ятидобової проби). Для побутових стічних вод БСК₂₀ дорівнює БСК_{повне}.

Побутові стічні води від населення характеризуються більш-менш постійною добовою масою забруднень, віднесеною на одного жителя. На склад міських стічних вод впливають виробничі стічні води, що відводяться в комунальну каналізацію. Склад виробничих стічних вод різноманітний і в кожному випадку визначається лабораторними аналізами. Для попередніх розрахунків можна користуватися даними про склад виробничих стічних вод аналогічних діючих підприємств або середніми показниками забруднення виробничих стічних вод різних підприємств, наведеними в літературних джерелах. Вплив виробничих стічних вод на склад загального стоку враховується шляхом визначення концентрації того чи іншого інгредієнта в суміші побутових і виробничих стічних вод або шляхом розрахунку каналізаційних споруд за наведеним населенням.

Спільне очищення побутових і виробничих стічних вод у техніко-економічному відношенні найбільш доцільне. Однак слід мати на увазі, що концентрації забруднень виробничих стічних вод не повинні перевищувати допустимі значення. Якщо концентрації забруднень виробничих стічних вод перевищують нормативи, слід передбачати місцеве локальне попереднє очищення їх або відводити на власні очисні споруди. При цьому враховується техніко-економічна та санітарно-гігієнічна доцільність спільного або роздільного очищення.

Для визначення необхідного ступеня очищення стічних вод перед випуском їх у водойму і для гідравлічних і технологічних розрахунків окремих очисних споруд каналізації мають бути визначені розрахункові параметри очисної станції - характерні розрахункові витрати, концентрація забруднень у стічних водах, еквівалентне і наведене населення.

1.2 Методика розрахунку основних характеристик стічних вод

Розрахунок основних характеристик стічних вод проводиться за схемою:

1) Розрахунок середньодобової витрати води:

$$Q_{\text{витр}} = Q_{\text{побут}} + Q_{\text{пр}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (1.1)$$

де $Q_{\text{пр}}$ - витрати промислових стоків, $\text{м}^3/\text{добу}$;
 $Q_{\text{побут}}$ - витрати побутових стоків, які розраховуються за формулою:

$$Q_{\text{побут}} = N_{\text{ж}} \cdot q_{\text{н}}, \text{ м}^3/\text{добу}$$

де $N_{\text{ж}}$ - кількість мешканців населеного пункту, чол.;
 $q_{\text{н}}$ - норма водовідведення на людину за добу.

2) Визначення наведеного числа мешканців населеного пункту:

$$N_{\text{екв}} = \frac{Q_{\text{пр}} \cdot C_{\text{пр}}}{a^*}, \text{ чол} \quad (1.2)$$

де $N_{\text{екв}}$ - кількість мешканців, які вносять забруднення еквівалентно до забруднень промислових стоків, розраховується окремо за показниками кількості зважених речовин та БСК_{повн}, відповідно: $N_{\text{екв}}^{\text{ЗР}}$ та $N_{\text{екв}}^{\text{БСК}}$;

$C_{\text{пр}}$ - кількість забруднень промислових стоків, окремо зваженими речовинами та БСК_{повн}, $\text{г}/\text{м}^3$;

a^* - кількість забруднень, внесених однією людиною за добу, $\text{г}/\text{чол} \cdot \text{доба}$ (таблиця 1.1).

$$N_{\text{н}} = N_{\text{ж}} + N_{\text{екв}}, \text{ чол} \quad (1.3)$$

де $N_{\text{н}}$ - визначається окремо за показниками кількості зважених речовин та за повним біологічним споживанням кисню (БСК_{повн}) неосвітлених стічних вод, відповідно: $N_{\text{н}}^{\text{ЗР}}$ та $N_{\text{н}}^{\text{БСК}}$.

Таблиця 1.1 - Кількість забруднень, внесених однією людиною за добу

Показник	Кількість забруднюючих речовин на одного мешканця, г/добу
Зважені речовини	65
БСК _{повн} неосвітленої рідини	75

3) Визначення розрахункових концентрацій забруднень загального стоку.

Необхідний ступінь очищення очисних споруджень, здійснюється за основним показником забруднень – показником зважених речовин та сумою органічних забруднень БСК_{повн}.

Концентрація забруднень побутових стоків визначається окремо для зважених речовин та БСК_{повн}:

$$C_{\text{побут}} = \frac{a^* \cdot 1000}{q_n}, \text{ мг/л} \quad (1.4)$$

Оскільки поступають побутові та промислові стоки, тоді концентрація забруднень визначається:

$$C_{\text{заг}} = \frac{C_{\text{побут}} \cdot Q_{\text{побут}} + \sum C_{\text{пр}} \cdot Q_{\text{пр}}}{Q_{\text{випр}}}, \text{ г/м}^3 \quad (1.5)$$

де $C_{\text{побут}}$ - забруднення побутових вод, обчислюється за формулою:

$$C_{\text{побут}} = C_{\text{побут}}^{\text{зв}} + C_{\text{побут}}^{\text{БСК}}, \text{ г/м}^3$$

де $C_{\text{побут}}^{\text{зв}}$ - концентрація зважених речовин в побутових водах, мг/л;

$C_{\text{побут}}^{\text{БСК}}$ - концентрація БСК_{повн} в побутових водах, мг/л;

$\sum C_{\text{пр}}$ - сумарна кількість забруднень промислових стоків, яка обчислюється за формулою:

$$\sum C_{\text{пр}} = C_{\text{пр}}^{\text{зв}} + C_{\text{пр}}^{\text{БСК}}, \text{ г/м}^3$$

де $C_{\text{пр}}^{\text{зв}}$ - концентрація зважених речовин в промислових водах, мг/л;

$C_{\text{пр}}^{\text{БСК}}$ - органічна забрудненість за БСК_{повн} в промислових водах, мг/л.

4) Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод.

Умови випуску стічних вод у поверхневі водойми, визначається народно-господарчою значимістю цих водойм, характеристикою водокористування та їх самоочисною здатністю. Гігієнічні вимоги до складу води наведено в таблиці 1.2.

Таблиця 1.2 – Гігієнічні вимоги до складу води

Показники складу та властивості води водного об'єкта	Одиниці вимірювання	Тип водокористування			
		1.1	1.2	2.1	2.2
Розчинений кисень	мг/л	≥ 4	≥ 4	≥ 6	≥ 6
БСК _{повн} при температурі 20°C	мг/л	≤ 3	≤ 6	≤ 3	≤ 3
Підвищення $C^{\text{зв}}$, не більше ніж	мг/л	0,25	0,75	0,25	0,75

Примітка: типи водокористування: 1 - Санітарно-побутові води (1.1 – господарсько-питні; 1.2 – культурно-побутові); 2 – Рибогосподарські води (2.1 – для відтворення цінних порід риб; 2.2 - для інших рибогосподарських цілей).

4.1) Для визначення необхідного ступеня очищення, необхідно знати значення коефіцієнту змішування стічних вод з водою водойми, куди будуть скидатись очищені стічні води:

$$\gamma = \frac{1 - e^{-d \cdot \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{q_p}{Q_c} \cdot e^{-d \cdot \sqrt[3]{L}}} \quad (1.6)$$

де q_p - витрата води в створі річки біля місця випуску стічних вод $m^3/сек$;

Q_c - витрата стічних вод, $m^3/сек$;

L – відстань від місця випуску стічних вод до розрахункового створу (найближчий пункт водокористування L_ϕ), зменшена на 1 км, m ;

d – коефіцієнт, враховуючий гідравлічні фактори зміщення, розраховується за формулою:

$$d = \xi \cdot \phi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{Q_c}} \quad (1.7)$$

де ξ - коефіцієнт, залежний від місця випуску стічних вод (при випуску біля берега - $\xi = 1$; при випуску у фарватері річки $\xi = 1,5$);

ϕ - коефіцієнт звивистості річки;

E – коефіцієнт турбулентної дифузії, визначається для рівнинних рік як:

$$E = \frac{v_{cp} \cdot H_{cp}}{M \cdot \bar{C}} \cdot g \quad (1.8)$$

де v_{cp} - середня швидкість течії при мінімальній витраті, $m/сек$;

H_{cp} - середня глибина водойми між випуском стічних вод та розрахунковим створом, m ;

\bar{C} - швидкісний множник (коефіцієнт Шезі), $m^{0,5}/c$;

M – функція швидкісного множника, при:

$$\begin{aligned} \bar{C} \leq 60 & \quad M = 0,7 \cdot \bar{C} + 6 \\ \bar{C} > 60 & \quad M = 48 \end{aligned}$$

g - прискорення вільного падіння, що дорівнює $9,81 m/c$.

4.2) Визначення необхідного ступеня очищення. Ступінь очищення вод, які скидаються в водойми, визначається за кількістю зважених речовин, допустимої величини БСК та кількістю розчиненого в воді кисню. Зв'язок між санітарними вимогами до умов випуску стічних вод у водойми та необхідним ступенем очищення стічних вод виражається нерівністю:

$$C_{ex}^{38} \cdot Q_c + C_p \cdot \gamma \cdot q_p \leq (\gamma \cdot q_p + Q_c) \cdot C_N \quad (1.9)$$

де C_{ex}^{38} - допустима концентрація зважених речовин в водах які скидаються в водойми, визначається за формулою (1.12), mg/l ;

C_p - концентрація забруднюючих речовин у воді водойми, g/l ;

C_N - ГДК забруднень у воді водойми, мг/л.

4.2.1) Концентрація зважених речовин, яка міститься в стічних водах після очищення, виражається нерівністю:

$$C_{ex}^{36} \leq \frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c} \cdot (C_N - C_p) + C_N \quad (1.10)$$

Необхідний ступінь очищення стічних вод:

$$E = \frac{C_{en} - C_{ex}^{36}}{C_{en}} \cdot 100\% \quad (1.11)$$

де C_{en} - кількість зважених речовин в стічних водах до очищення, визначається за формулою:

$$C_{en} = \frac{C_{побут}^{36} \cdot Q_{побут} + C_{пр}^{36} \cdot Q_{пр}}{Q_{випр}}, \text{г/м}^3$$

Допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються в водойми, розраховується за формулою:

$$C_{ex}^{36} = p \cdot \left(\frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c} + 1 \right) + C_p, \text{г/м}^3 \quad (1.12)$$

де p – допустиме збільшення кількості зважених речовин у воді водойми (таблиця 1.2), мг/л;

C_p – концентрація зважених речовин у воді, мг/л.

4.2.2) Допустима величина БСК:

$$L_{ex}^{БСК} = \frac{\gamma \cdot q_p}{Q_c \cdot 10^{-k_1 \cdot t}} \cdot (L_N - L_p \cdot 10^{-k_2 \cdot t}) + \frac{L_N}{10^{-k_1 \cdot t}}, \text{мг/л} \quad (1.13)$$

де k_1 – константа швидкості споживання кисню, залежна від температури води та виду забруднень, визначається за таблицею 1.3;

k_2 – константа швидкості розчинення кисню, визначається за таблицею 1.4;

L_N – гранично допустима величина БСК стічних вод, які скидаються та вод водойми (таблиця 1.2), мг/л;

L_p – БСК річної води до місця скиду стічних вод мг/л;

t – час руху стічних вод до розрахункового створу, доба

$$t = \frac{L_{\phi}}{v_{cp}}, \text{доба}$$

Таблиця 1.3 – Константа швидкості споживання кисню в стічних водах

°C	0	5	9	12	15	18	20	22	24	26	28	29
k_1	0,04	0,05	0,06	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14	0,15

Таблиця 1.4 - Константа швидкості розчинення кисню в природних водах

Водосховища та слабо проточні водойми	0,05 – 0,15
Річки зі швидкістю течії до 0,5 м/с	0,2 – 0,25
Річки зі швидкістю течії більше 0,5 м/с	0,3 – 0,5
Малі річки	0,5 – 0,8

4.2.3) Визначення необхідного ступеня очищення за розчинним у воді водойми кисню.

Допустиме навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню, розраховується:

$$L_{ex}^{кисень} = \frac{\gamma \cdot q_p}{0,4 \cdot Q_c} \cdot (O_p - 0,4 \cdot L_p - 4) - \frac{L_{min}^{кисень}}{0,4} \quad (1.14)$$

де O_p – кількість розчиненого кисню у воді до випуску стічних вод, г/м³;

$L_{min}^{кисень}$ - мінімальна допустима кількість розчиненого кисню у воді водойми в залежності від категорії водоймища (таблиця 1.2), мг/л.

Ефективність очищення розраховується окремо, в залежності від значення допустимої величини БСК та допустимого навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню, й визначається за формулою:

$$E = \frac{L_{en}^{БСК} - L_{ex}}{L_{en}^{БСК}} \cdot 100\% \quad (1.15)$$

де L_{ex} - показники значень допустимої величини БСК ($L_{ex}^{БСК}$) та допустимого навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню ($L_{ex}^{кисень}$) відповідно;

$L_{en}^{БСК}$ - БСК_{повн} загального стоку розраховується за формулою:

$$L_{en}^{БСК} = \frac{C_{побут}^{БСК} \cdot Q_{побут} + C_{пр}^{БСК} \cdot Q_{пр}}{Q_{випр}}, \text{ мг/л}$$

1.3 Приклад розрахунку основних характеристик стічних вод

Вихідні дані щодо виконання розрахунків за прикладом

Найменування даних	Показник
Число мешканців населеного пункту, тис. чол.	70
Норма водовідведення, л/чол. за добу	230
Витрата промислових стоків, тис. м ³ /доба	4,5
Фізико-хімічні характеристики промислових стоків	
Концентрація зважених речовин, мг/л	430
Органічна забрудненість за БСК _{повн} , мг/л	750
pH	8,0

Температура, °С	22
Дані по водоймі	
Категорія водойми	1,1
Мінімальна витрата водойми при 95%-ї забезпеченості, м ³ /с	10,0
Середня швидкість течії при мінімальній витраті, м/с	0,4
Середня глибина водойми, м	3,5
Концентрація розчиненого кисню, мг/л	6,9
Зважені речовини, мг/л	13,0
Кількість органічних забруднювачів за БСК _{повн} , мг/л	3,0
Водовикористання водойми нижче за випуск стічних вод, км	6,5
Швидкісний множник (коефіцієнт Шезі), м ^{0,5} /с	12,8
Місце випуску стічних вод у водойму (б – беріг, ф – фарватер)	б
Коефіцієнт звивистості річки	1,6
Відмітки рівнів води, м	1,1

1) Середньодобові витрати води згідно формули (1.1) становлять:

$$Q_{витр} = 16100 + 4500 = 20600 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Витрати побутових стоків:

$$Q_{побут} = 70000 \cdot 230 = 16100 \text{ м}^3/\text{добу}$$

2) Визначення кількості мешканців, які вносять забруднення еквівалентно до забруднень промислових стоків, визначається згідно формули (1.1), окремо за показниками кількості зважених речовин та БСК_{повн}, відповідно: $N_{екв}^{зв}$ та $N_{екв}^{БСК}$:

$$N_{екв}^{зв} = \frac{4500 \cdot 430}{65} = 29770 \text{ чол}$$

$$N_{екв}^{БСК} = \frac{4500 \cdot 750}{75} = 45000 \text{ чол}$$

Кількість забруднень, внесених однією людиною за добу a^* , за таблицею 1.1 становить:

- для зважених речовин – 65 г/добу;
- для БСК_{повн} неосвітленої рідини - 75 г/добу.

Наведена кількість мешканців міста, розраховується відповідно до формули (1.3), окремо за показниками кількості зважених речовин та за повним біологічним споживанням кисню (БСК_{повн}) неосвітлених стічних вод, відповідно: $N_H^{зв}$ та $N_H^{БСК}$:

$$N_H^{зв} = 70000 + 29770 = 99770 \text{ чол}$$

$$N_H^{БСК} = 70000 + 45000 = 115000 \text{ чол}$$

3) Визначення розрахункових концентрацій забруднень загального стоку.

Концентрація забруднень побутових стоків визначається окремо для зважених речовин та БСК_{повн}, відповідно до формули (1.4):

$$C_{\text{побут}}^{\text{зв}} = \frac{65 \cdot 1000}{230} = 282,6 \text{ мг/л}$$

$$C_{\text{побут}}^{\text{БСК}} = \frac{75 \cdot 1000}{230} = 326,1 \text{ мг/л}$$

Оскільки поступають побутові та промислові стоки, тоді концентрація забруднень визначається за формулою (1.5):

$$C_{\text{заг}} = \frac{608,7 \cdot 16100 + 1180 \cdot 4500}{20600} = 733,50 \text{ г/м}^3$$

Забруднення побутових вод:

$$C_{\text{побут}} = 282,6 + 326,1 = 608,7 \text{ г/м}^3$$

Сумарна кількість забруднень промислових стоків:

$$\sum C_{\text{пр}} = 430 + 750 = 1180 \text{ г/м}^3$$

4) Визначення необхідного ступеня очищення стічних вод:

4.1) Коефіцієнт турбулентної дифузії E , визначається за (1.8):

$$E = \frac{0,4 \cdot 3,5}{14,96 \cdot 12,8} \cdot 9,81 = 0,072$$

Функція M швидкісного множника становить:

$$12,8 < 60$$

$$M = 0,7 \cdot 12,8 + 6 = 14,96$$

Коефіцієнт залежний від місця випуску стічних вод ξ , біля берега, становить 1.

Коефіцієнт, враховуючий гідрравлічні фактори зміщення, розраховується за формулою (1.7):

$$d = 1 \cdot 1,6 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,072}{0,238}} = 1,07$$

Визначення секундної витрати стічних вод:

$$Q_c = \frac{20600}{3600 \cdot 24} = 0,238 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Відстань L , від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, зменшена на 1 км, становить 5500 м.

Значення коефіцієнту змішування стічних вод з водою водойми, куди будуть скидатись очищені стічні води, визначається за формулою (1.6):

$$\gamma = \frac{1 - e^{-1,07 \cdot \sqrt[3]{5500}}}{1 + \frac{10}{0,238} \cdot e^{-1,07 \cdot \sqrt[3]{5500}}} = 0,999$$

4.2) Визначення необхідного ступеня очищення.

Зв'язок між санітарними вимогами до умов випуску стічних вод у водойму та необхідним ступенем очищення стічних вод виражається нерівністю (1.9):

$$23,744 \cdot 0,238 + 13 \cdot 0,999 \cdot 10 \leq (0,999 \cdot 10 + 0,238) \cdot 13,25$$

$$135,521 = 135,521$$

4.2.1) Концентрація зважених речовин, яка міститься в стічних водах після очищення, виражається нерівністю (1.10):

$$23,744 \leq \frac{0,999 \cdot 10}{0,238} \cdot (13,25 - 13) + 13,25$$

$$23,744 = 23,744$$

Допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються в водоймище, розраховується за формулою (1.12):

$$C_{ex}^{ze} = 0,25 \cdot \left(\frac{0,999 \cdot 10}{0,238} + 1 \right) + 13 = 23,744 \text{ г/м}^3$$

Так як категорія водойми становить 1.1 – господарсько-питні води, то допустиме збільшення кількості зважених речовин p у водоймі, відповідно до таблиці 1.2, дорівнює 0,25.

Кількість зважених речовин в стічних водах до очищення становить:

$$C_{en} = \frac{282,6 \cdot 16100 + 430 \cdot 4500}{20600} = 314,80 \text{ г/м}^3$$

Необхідний ступінь очищення стічних вод визначається за формулою (1.11):


$$E = \frac{314,80 - 23,744}{314,80} \cdot 100\% = 92,457 \approx 92,46\%$$

4.2.2) Допустима величина БСК, розраховується за формулою (1.13) та становить:

$$L_{ex}^{BCK} = \frac{0,999 \cdot 10}{0,238 \cdot 10^{-0,11 \cdot 0,19}} \cdot (3 - 3 \cdot 10^{-0,2 \cdot 0,19}) + \frac{3}{10^{-0,11 \cdot 0,19}} = 14,21 \text{ мг/л}$$

Константа швидкості споживання кисню k_1 , залежна від температури води та виду забруднень, визначена за таблицею 1.3, становить 0,11.

Константа швидкості розчинення кисню k_2 , визначена за таблицею 1.4 становить 0,2.



Водойма відноситься до категорії 1.1, отже гранично допустима величина БСК стічних вод L_M , які скидаються та вод водойми, за таблицею 1.2, становить 3.

Час руху стічних вод до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{6500}{0,4} = 16250 \text{сек} = \frac{16250}{86400} = 0,19 \text{ доби}$$

4.2.3) Визначення необхідного ступеня очищення за розчинним у воді водойми кисню.

Допустиме навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню, відповідно до формули (1.14) становить:

$$L_{ex}^{кисень} = \frac{0,999 \cdot 10}{0,4 \cdot 0,238} \cdot (6,9 - 0,4 \cdot 3 - 4) - \frac{4}{0,4} = 168,39 \text{мг/л}$$

Мінімальна допустима кількість розчиненого кисню у воді водойми $L_{min}^{кисень}$ для категорії водойм 1.1, за таблицею 1.2, становить 4 мг/л.

БСК_{повн} загального стоку $L_{en}^{БСК}$ становить:

$$L_{en}^{БСК} = \frac{326,1 \cdot 16100 + 750 \cdot 450}{20600} = 418,70 \text{ мг/л}$$

Ефективність очищення визначається окремо за формулою (1.15), в залежності від значення допустимої величини БСК та допустимого навантаження стічних вод на водний об'єкт за кількістю розчинного в ньому кисню:

$$E_{БСК} = \frac{418,70 - 14,21}{418,70} \cdot 100\% = 96,606\%$$

$$E_{кисень} = \frac{418,70 - 168,39}{418,70} \cdot 100\% = 59,783\%$$

Отже, ступінь очищення стічних вод від зважених речовин повинна складати не менше 92,46%, а від органічних забруднень – 96,606%. При цьому концентрація зважених речовин в очищених водах дорівнюватиме 23,744 г/м³, вміст органічних речовин – 14,21 мг/л, вміст розчиненого у воді кисню – 168,39 мг/л.



Практична робота №2

Розрахунок та вибір обладнання станції очистки стічних вод

Завдання до практичної роботи №2: визначити необхідні параметри обладнання очистки стічних вод, обрати тип очисного обладнання, скласти технологічну схему станції очистки міських стічних вод за методикою, наведеною нижче.

Вихідною інформацією є дані щодо необхідного ступеню очищення стічних вод, отримані в практичній роботі №1

2.1. Короткі теоретичні відомості

В залежності від складу та кількості стічних вод, приймають різні схеми очисних споруджень. В загальному вигляді така схема складається із наступних споруджень:

- приймальна камера – приймає стічні води, які поступають на очисні спорудження каналізації, усереднює їх хімічний склад та забезпечує рівномірну подачу води на очищення, не залежно від добових коливань витрат;

- решітка (механічні граблі) – призначена для уловлювання із стічних вод великих нерозчинних забруднювачів;

- пісковловлювач – встановлюють для затримання мінеральних частинок крупністю більше 0,2 – 0,25 мм ;

- первинні відстійники (радіальні або горизонтальні) – призначені для відстоювання зважених речовин, які залишилися в стічних водах;

- аеротенки – призначені для біологічного очищення та представляють собою апарат зі стічною водою, що постійно протікає, по всій товщі якої розвиваються мікроорганізми - споживачі забруднювачів стічних вод;

- вторинні відстійники – призначені для відстоювання води, з якої відділяється активний мул;

- контактні відстійники – слугують для контакту очищеної та хлорної води і знезараження вод, після чого води скидаються у водойми.

Відходи, які утворюються після кожного етапу очищення, вивозяться або на піскові майданчики, або на мулові майданчики, або поля, в останньому випадку вони заростають рослинами.

2.2. Методика розрахунку основних типів обладнання

Розрахунок очисного спорудження проводиться за такою схемою:

1) Приймальна камера. Розмір та параметри приймальної камери обираються в залежності від секундної витрати стічних вод за табл. 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристика приймальної камери

Пропускна здатність, л/с	Марка приймальної камери	Параметри		
		Довжина × Ширина × Висота, мм		
393	ПК-2-50	1500 × 2000 × 1600		
476	ПК-2-60а	1500 × 2000 × 1600		
610	ПК-2-60б	1600 × 2500 × 1600		
750	ПК-2-70	1600 × 2500 × 1600		
917	ПК-2-80	1600 × 2500 × 1600		
1140	ПК-2-80	1600 × 2500 × 1600		
1390	ПК-2-90	2000 × 3200 × 2000		
1810	ПК-2-110	2000 × 3200 × 2000		
2210	ПК-2-120а	2000 × 3200 × 2000		
2450	ПК-2-120б	2000 × 3200 × 2000		
2920	ПК-2-120б	2000 × 3200 × 2000		

2) Вибір решітки.

Решітка, яка обладнана механічними граблями, встановлюється перед очисними спорудженнями та повинна мати ширину прозорів не більше 16 мм. В основу вибору решіток покладена добова витрата стічних вод. За цією ознакою обирається тип та кількість решіток, додатково приймається резервна решітка. Вибір решітки здійснюється за таблицею 2.2.

Таблиця 2.2 – Технічна характеристика решіток

Марка	Пропускна здатність, тис. м ³ /добу	Розміри каналу перед решіткою, мм		Площа проходу решітки, м ²	Ширина решітки, В _р , мм	Маса, кг
		В	Н			
РМВ-1000	26	1000	1000	0,3		1690
МГ9Т	33	1000	1200	0,38	1425	1320
МГ7Т	35	800	1400	0,39	1338	1000
МГ11Т	50	1000	1600	0,57	1520	1500
МГ10Т	65	1000	2000	0,74	1580	1800
МГ8Т	110	1400	2000	1,25	1955	1637
МГ12Т	130	1600	2000	1,5	2175	1870
МГ6Т	165	2000	2000	1,9	2675	1951
МГ5Т	185	2000	3000	2,1	2175	2690
РМВ	17	600	800	0,2		610

За формулою (2.1) визначається площа живого перерізу решіток:

$$F = \frac{Q_c}{v_{ж}}, \text{ м}^2 \quad (2.1)$$

де $v_{ж}$ – швидкість руху речовини в прозорах решітки (в межах від 0,8 до 1), м/сек.

Розрахунок кількості решіток:



$$n_{\text{реш}} = \frac{F}{F_p} \Rightarrow \text{округлюється до цілого в більшу сторону} \quad (2.2)$$

де F_p – площа проходу обраної решітки, m^2 .

Загалом приймається на 1 решітку більше (резервна решітка).

2.1) Визначення добового скиду відходів з решіток. Об'єм відходів визначається за формулою:

$$W = \frac{a \cdot N_H^{3B}}{365 \cdot 1000}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.3)$$

де a – об'єм скидів відходів на 1 людину за рік, приймається рівним 8 л/(чол · рік).

Скиди відходів мають середню густину $\rho = 720 \text{ кг/м}^3$, вологість – 80%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою:

$$P = W \cdot \rho, \text{ кг/добу} \quad (2.4)$$

Маса відходів за 1 год. роботи решіток, визначається за формулою:

$$P_r = \frac{P}{24} \cdot K_r, \text{ кг/год} \quad (2.5)$$

де K_r – коефіцієнт годинної нерівномірності, який дорівнює 2.

2.2) Розрахунок концентрації зважених речовин після решіток:

$$C_{\text{ex}}^{3B} = \frac{T_{\text{ex}}^{3B}}{Q_{\text{ex}}}, \text{ кг/м}^3 (2. \text{ г/м}^3) \quad (2.6)$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$T_{\text{ex}}^{3B} = T_{\text{en}}^{3B} - T_{\text{скид}}^{3B}, \text{ кг/добу} \quad (2.7)$$

Маса вхідних зважених речовин розраховується за формулою:

$$T_{\text{en}}^{3B} = C_{\text{en}}^{3B} \cdot Q_{\text{en}}, \text{ кг/добу} \quad (2.8)$$

Маса скидів розраховується за формулою:

$$T_{\text{скид}}^{3B} = P \cdot \eta_{3B}, \text{ кг/добу} \quad (2.9)$$

де η_{3B} – доля зважених частинок в загальній масі відходів:

$$\eta_{3B} = \frac{100 - \eta_{\text{вл}}}{100} \quad (2.10)$$

де $\eta_{\text{вл}}$ – вологість скидів відходів, %.

Витрата очищеної води визначається за формулою:

$$Q_{ex} = Q_{en} - V_{скид}^{H_2O}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.11)$$

де Q_{en} – витрата стічної води, яка подається на очищення, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$V_{скид}^{H_2O}$ – об'єм води, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою:

$$V_{скид}^{H_2O} = \frac{P \cdot \eta_{вл}}{\rho_{H_2O}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.12)$$

3) Вибір та розрахунок горизонтального пісковловлювача здійснюється за таблицею 2.3.

Таблиця 2.3 – Приклади конструкцій пісковловлювачів з механічним видаленням осаду

Пропускна здатність, тис. $\text{м}^3/\text{добу}$	Число відділень	Розміри, м		
		довжина	ширина відділення	наповнення (глибина проточної частини)
25	2	9	1,25	0,55
50	2	15	2,8	0,55
70	2	18	3	0,58
100	3	18	3	0,55
140	2	18	4,5	0,67
200	3	18	4,5	0,65
280	4	18	4,5	0,67

3.1) Визначення мінімального діаметра затримки частин піску здійснюється через показник гідравлічної крупності піску:

$$u_o = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{L_s}, \text{ мм/с} \quad (2.13)$$

де K_s – коефіцієнт типу пісковловлювача, для горизонтальних – дорівнює 1,7;

H_s – глибина проточної частини пісковловлювача (табл. 2.3), м;

v_s – швидкість руху стічних вод (для горизонтальних пісковловлювачів дорівнює 0,3), м/сек;

L_s – довжина робочої частини пісковловлювача (табл. 2.3), м.

Відповідно до таблиці 2.4 визначається діаметр затримки частинок за величиною u_o .

Таблиця 2.4 – Залежність між гідравлічною крупністю та діаметром частинок піску

Діаметр часток піску, мм	0,1	0,12	0,15	0,2	0,25	0,3	0,35	0,4	0,5
Гідравлічна крупність при 10 – 15°C	5,12	7,37	11,5	18,7	24,2	28,3	34,5	40,7	51,6

3.2) Перевірка правильності вибору пісковловлювача:

— на швидкість руху води:

$$v_i = \frac{Q_{en}}{B_s \cdot H_s \cdot n}, \text{ м/с} \quad (2.14)$$

де B_s – ширина ділення пісковловлювача (Таблиця 2.3), м;

n – кількість ділень пісковловлювача;

Q_{en} – витрата стічних вод після решітки, $\text{м}^3/\text{сек}$.

$$v_i \leq 0,3 \text{ м/с}$$

— на тривалість протікання стічних вод:

$$t = \frac{L_s}{v_i}, \text{ с} \quad (2.15)$$

$$t > 30 \text{ с}$$

3.3) Визначення осадової частини пісковловлювача та об'єму скидів відходів:

$$V_s = \frac{P_s \cdot N_H^{3B} \cdot t_s}{1000}, \text{ м}^3 \quad (2.16)$$

де P_s – видалений об'єм затриманого піску, який дорівнює $0,02 \text{ л/добу} \cdot \text{чол}$;

t_s – час між очищенням пісковловлювачів, зазвичай 2 доби.

Об'єм видалених скидів відходів складає:

$$W_{\text{доба}} = \frac{V_s}{2}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.17)$$

Вологість осаду складає 60%, густина - $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$.

3.4) Розрахунок концентрації зважених речовин, витрати стічної води після пісковловлювача розраховується за формулами (2.6 – 2.12). За вхідні дані кількості маси зважених речовин, витрати очищеної води до пісковловлювача, беруться значення, які дорівнюють вихідним даним із решіток.

4) Вибір первинних радіальних відстійників здійснюється з урахуванням часової витрати стічних вод (таблиця 2.5).

Таблиця 2.5 – Уніфіковані розміри первинних відстійників із збірного залізобетону

Діаметр відстійника, м	Глибина зони відстоювання, м	Розрахунковий об'єм зони відстоювання, м ³	Розрахункова пропускна здатність, м ³ /год
18	3,1	788	550
24	3,1	1400	930
30	3,1	2190	1460
40	3,65	4580	3054
50	4,7	9220	6165
54	5,7	10500	7000

Кількість робочих відстійників має бути не менше 2: необхідно передбачити відстійник та місце для відстійника на перспективу розширення.

4.1) Об'єм осаду, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою:

$$W = \frac{Q_{en} \cdot (2 \cdot C_{en} - C_{ex})}{\left(\frac{100 - \eta_{вл}}{100}\right) \cdot \rho_{ос}}, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.18)$$

де Q_{en} – витрата стічних вод після пісковловлювача, м³/сек;
 C_{en} – концентрація зважених речовин, яка надходить після пісковловлювача, г/м³;

C_{ex} – максимально допустима концентрація зважених речовин перед аеротенком, яка дорівнює 150 г/м³;

$\eta_{вл}$ – вологість осаду, яка дорівнює 95%;

$\rho_{ос}$ – густина осаду - 1 000 000 г/м³.

Маса відходів, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою:

$$P = W \cdot \rho_{ос}, \text{ т/добу} \quad (2.19)$$

4.2) Відповідно до формул (2.6 – 2.12), розраховуються маси скидів та витрата очищеної води після радіальних відстійників.

5) Розрахунок аеротенку-витиснювача з регенератором.

Визначення тривалості аерації суміші стічної води та циркулюючого мулу в аеротенку:

$$t_a = \frac{2,5}{a_{аер}^{0,5}} \cdot \lg \frac{L_{en}^{БСК}}{L_{ex}^{БСК}}, \text{ год} \quad (2.20)$$

де $a_{аер}$ – доза мулу в аеротенку (рекомендовано приймати 1,5 г/л).

Визначення долі витрати циркулюючого мулу:

$$a = \frac{a_{\text{аер}}}{a_{\text{рег}} - a_{\text{аер}}} \quad (2.21)$$

де $a_{\text{рег}}$ – доза мулу в регенераторі (рекомендовано приймати 4 г/л).

Визначення тривалості окиснення знятих забруднень:

$$t_{\text{ок}} = \frac{L_{\text{ен}}^{\text{БСК}} - L_{\text{ех}}^{\text{БСК}}}{a \cdot a_{\text{рег}} \cdot (2.1 - S_{\text{л}}) \cdot \rho_3} \cdot \frac{15}{t_{\text{св}}}, \text{ год} \quad (2.22)$$

де $S_{\text{л}}$ – зольність мулу в долях одиниці, приймається 0,3;
 ρ_3 – середня швидкість окиснення забруднень: для побутових стічних вод $\rho_3 = 19$ мгБСК/г · год;
 $t_{\text{св}}$ – температура стічних вод, °С.

Розрахунок тривалості регенерації циркулюючого мулу:

$$t_{\text{р}} = t_{\text{ок}} - t_{\text{а}}, \text{ год} \quad (2.23)$$

Визначення власне об'єму аеротенка:

$$V_{\text{аер}} = t_{\text{а}} \cdot (2.1 + a) \cdot Q_{\text{р}}, \text{ м}^3 \quad (2.24)$$

де $Q_{\text{р}}$ – часова витрата стічних вод, м³/год.

Визначення об'єму регенератора:

$$V_{\text{рег}} = t_{\text{р}} \cdot a \cdot Q_{\text{р}}, \text{ м}^3 \quad (2.25)$$

та загального об'єму аеротенка:

$$V_{\text{спор}} = V_{\text{аер}} + V_{\text{рег}}, \text{ м}^3 \quad (2.26)$$

Визначення тривалості обробки води:

$$t_{\text{обр}} = \frac{L_{\text{ен}}^{\text{БСК}} - L_{\text{ех}}^{\text{БСК}}}{a_{\text{сп}} \cdot (2.1 - S_{\text{л}}) \cdot \rho_3}, \text{ год} \quad (2.27)$$

$$a_{\text{сп}} = \frac{a_{\text{аер}} \cdot V_{\text{аер}} + a_{\text{рег}} \cdot V_{\text{рег}}}{V_{\text{спор}}} \quad (2.28)$$

5.1) Вибір аеротенка:

Розраховується відношення загального об'єму аеротенка до об'єму регенератора та за отриманим значенням, яке округлюється до більшого, визначається кількість коридорів:

$$n = \frac{V_{\text{спор}}}{V_{\text{пер}}} \quad (2.29)$$

Обирається число секцій аеротенка:

- при добовій витраті стічних вод до 50000 м³ – від 2 до 6 секцій;
- при добовій витраті стічних вод більше 50000 м³ – від 8 до 10 секцій.

Розраховується об'єм секції:

$$V_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{спор}}}{n_{\text{сек}}} \quad (2.30)$$

За таблицю 2.6 обирається типовий проект аеротенка.

Таблиця 2. 6 – Характеристика типів аеротенків

Номер типового про-екту	Найменування типового про-екту	Ширина кори-дору, м
902-2-195	A-2-4,5-3,2 (2.4,4)	4,5
902-2-196	A-2-6-4,4 (2.5,0)	6,0
902-2-197	A-2-9-4,4 (2.5,0)	9,0
902-2-192	A-3-4,5-3,2 (2.4,4)	4,5
902-2-193	A-3-6-4,4 (2.5,0)	6,0
902-2-194	A-3-9-4,4 (2.5,0)	9,0
902-2-178	A-4-4,5-3,2 (2.4,4)	4,5
902-2-179	A-4-6-4,4 (2.5,0)	6,0
902-2-180	A-4-9-4,4 (2.5,0)	9,0

Розшифровка найменування типового проекту:

A- аеротенк **2-** кількість коридо-рів **4,5-** ширина кори-дору, м **3,2** стандартна гли-бина коридору, м **(4,4)** збільшена гли-бина коридору, м

Визначення довжини секції:

$$L_{\text{сек}} = \frac{V_{\text{сек}}}{n \cdot B \cdot H}, \text{ м} \quad (2.31)$$

де B – ширина коридору, м (обирається з табл. 2.6, стовпчик 3);

H – глибина коридору, м; (обирається з табл. 2.6, стовпчик 2, стандартна глибина);

n – кількість коридорів (обирається з табл. 2.6, стовпчик 2, кіль-кість коридорів).

Перевіряється правильність обраного типу аеротенку за критерієм:

$$L_{\text{сек}} \geq 10 \cdot B$$

Якщо це співвідношення витримується, то аеротенк обрано правильно, якщо ні – повторюється розрахунок для наступного типу аеротенку.

Якщо усі аеротенки відповідають наведеному критерію, то обирається той з них, у якого довжина секції буде найменшою.

5.2) Визначення приросту мулу в аеротенку при очищенні стічних вод:

$$\Delta i = 0,8 \cdot C_{en}^{ЗВ} + 0,3 \cdot L_{en}^{БСК} \quad (2.32)$$

де $C_{en}^{ЗВ}$ – концентрація зважених речовин, яка надходить в аеротенк, $г/м^3$;

$L_{en}^{БСК}$ – величина БСК, яка надходить в аеротенк, $г/м^3$.

6) Вибір вторинних радіальних відстійників здійснюється з урахуванням годинної витрати стічних вод (таблиця 2.5). Об'єм відстійників розраховується за формулою:

$$V_{відс}^{ВТ} = Q_{ч} \cdot t_{відс}, м^3 \quad (2.33)$$

де $Q_{ч}$ – годинна витрата води, $м^3/год$;

$t_{відс}$ – тривалість відстоювання, яка дорівнює 2 години.

За аналогією з вибору первинних радіальних відстійників, обираються вторинні відстійники, кількість яких розраховується за формулою:

$$n_{відс}^{ВТ} = \frac{V_{відс}^{ВТ}}{V_{з.в.}} \quad (2.34)$$

де $V_{з.в.}$ – об'єм зони відстоювання (таблиця 2.5), $м^3$.


Кількість робочих відстійників повинна бути не менше 3.

6.1) Об'єм осаду, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою (2.18). Маса відходів, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою (2.19).

6.2) Відповідно до формул (2.6 – 2.12), розраховується допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються у водойму після вторинних радіальних відстійників. Концентрація зважених повинна бути не більше, ніж допустима концентрація (розрахована за формулою 1.12 в практичній роботі №1).

6.3) За формулами (2.18) та (2.19) знаходиться об'єм забруднень, що характеризується кількістю кисню, який видаляється при відстоюванні за добу та маса забруднень, що характеризується кількістю кисню, яка видаляється з відстійника відповідно.

6.4) Згідно до формул (2.6 – 2.12), розраховується допустима вели-



чина БСК в водах, які скидаються у водойму після вторинних відстійників. Величина БСК повинна бути не більша, ніж величина, розрахована за формулою 1.13 в практичній роботі №1).

2.3 Приклад розрахунку основних типів обладнання

Вихідними даними для розрахунків та вибору необхідного обладнання міської станції очистки стічних вод є дані, отримані внаслідок виконання попередніх досліджень необхідної ступені очистки стічних вод перед випуском їх у водойму (дів. практичну роботу №1).

1) Розмір та параметри приймальної камери визначаються в залежності від секундної витрати стічних вод:

$$Q_c = \frac{20600 \cdot 1000}{3600 \cdot 24} = 238,43 \text{ л/сек}$$

Відповідно до показника Q_c , за таблицею 2.1, обирається приймальна камера марки ПК-2-50 з пропускнуою здатністю 393 л/сек.

Отже, після надходження стічних вод до приймальної камери, витрата стічних вод складає 20600 м³/добу, концентрація зважених речовин становить 314,80 г/м³, величина БСК – 418,70 мг/л.

2) Решітка обирається виходячи із добової витрати стічних вод, яка дорівнює 20600 м³/добу. Виходячи з даних таблиці 2.2, обирається решітка марки РМВ-1000 з пропускнуою здатністю 26000 м³/добу.

За формулою (2.1) визначається площа живого перерізу решіток:

$$F = \frac{0,238}{0,9} = 0,26 \text{ м}^2$$

Секундна витрата стічних вод становить:


$$Q_c = \frac{20600}{86400} = 0,238 \text{ м}^3/\text{сек}$$

Розрахунок кількості решіток виконується за формулою (2.2):

$$n_{\text{реш}} = \frac{0,26}{0,3} = 0,86 \rightarrow 1$$

Отже, кількість робочих решіток становить 1, але додатково приймається 1 резервна решітка.

2.1) Визначення добового скиду відходів з решіток. Об'єм відходів визначається за формулою (2.3):


$$W = \frac{8 \cdot 99770}{365 \cdot 1000} = 2,19 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Скиди відходів мають середню густину $\rho = 720 \text{ кг/м}^3$, вологість – 80%. Маса відходів, яка знімається з решіток, визначається за формулою (2.4) та становить:

$$P = 2,19 \cdot 720 = 1576,8 \text{ кг/добу}$$

Маса відходів за 1 год. роботи решіток відповідно до формули (2.5) становить:

$$P_r = \frac{1576,8}{24} \cdot 2 = 131,4 \text{ кг/год}$$

2.2) Розрахунок концентрації зважених речовин після решіток визначається за формулою (2.6):

$$C_{ex}^{зв} = \frac{6169,52}{20598,74} = 0,29951 \text{ кг/м}^3 = 299,51 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин розраховується за формулою (2.7) та становить:

$$T_{ex}^{зв} = 6484,88 - 315,36 = 6169,52 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин відповідно до формули (2.8) становить:

$$T_{en}^{зв} = \frac{314,80 \cdot 20600}{1000} = 6484,88 \text{ кг/добу}$$

Маса скидів розраховується за формулою (2.9):

$$T_{скид}^{зв} = 1576,8 \cdot 0,2 = 315,36 \text{ кг/добу}$$

Доля зважених частинок $\eta_{зв}$, в загальній масі відходів за формулою (2.10) складає:

$$\eta_{зв} = \frac{100 - 80}{100} = 0,2$$


Витрата очищеної води визначається за формулою (2.11):

$$Q_{ex} = 20600 - 1,26 = 20598,74 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм води $V_{скид}^{H_2O}$, який видаляється разом зі скидами, розраховується за формулою (2.12):

$$V_{скид}^{H_2O} = \frac{1576,8 \cdot 0,8}{1000} = 1,26 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Таким чином, обирається 1 робоча та 1 резервна решітка марки



РМВ-1000. Витрата стічних вод після решіток складає 20598,74 м³/добу, концентрація зважених речовин становить 299,51 г/м³, величина БСК – 418,70 г/м³. Добова витрата скидів з решіток має значення 2,19 м³/добу, об'єм води, який видаляється разом зі скидами – 1,26 м³/добу, маса скидів становить 315,36 кг/добу.

3) Вибір та розрахунок горизонтального пісковловлювача здійснюється за величиною добової витрати стічних вод, яка дорівнює 20598,74 м³/добу. Виходячи із таблиці 2.3, обирається пісковловлювач з пропускною здатністю 25000 м³/добу.

3.1) Визначення мінімального діаметра затримки частин піску здійснюється через показник гідралічної крупності піску за формулою (2.13):

$$u_o = \frac{1000 \cdot 1,7 \cdot 0,55 \cdot 0,3}{9} = 31,17 \text{ мм/сек}$$

За табл. 2.3, глибина проточної частини пісковловлювача H_s та довжина робочої частини пісковловлювача L_s , становлять 0,55 м та 9 м відповідно.

За таблицею 2.4 визначається діаметр затримки частинок використовуючи величину u_o : $d = 0,323$ мм.

Таким чином, в пісковловлювачі затримуються зважені речовини розміром від 0,323 до 16 мм.

3.2) Перевірка правильності вибору пісковловлювача:

— швидкість руху води визначається за формулою (2.14) та повинна бути менше (або дорівнювати) 0,3 м/с:

$$v_i = \frac{0,238}{1,25 \cdot 0,55 \cdot 2} = 0,17 \text{ м/с}$$

Згідно до таблиці 2.3, ширина ділення B_s пісковловлювача становить 1,25 м та кількість відділень $n - 2$.

Витрата стічних вод становить:


$$Q_{en} = \frac{20598,74}{86400} = 0,238 \text{ м}^3/\text{сек}$$

- тривалість протікання стічних вод визначається за формулою (2.15) та повинна бути більше ніж 30 секунд:

$$t = \frac{9}{0,17} = 52,94 \text{ сек}$$

Пісковловлювач вибраний вірно.

3.3) Визначення осадової частини пісковловлювача та об'єму скидів відходів відповідно до формули (2.16) становить:


$$V_s = \frac{0,02 \cdot 99770 \cdot 2}{1000} = 3,99 \text{ м}^3$$

Об'єм видалених скидів відходів за формулою (2.17) складає:

$$W_{\text{доба}} = \frac{3,99}{2} = 1,995 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 60%, густина - $\rho = 1500 \text{ кг/м}^3$.

3.4) Розрахунок концентрації зважених речовин, витрати стічної води після пісковловлювача розраховується за формулами (2.6 – 2.12):

Розрахунок концентрації зважених речовин після пісковловлювача:

$$C_{\text{ex}}^{\text{зв}} = \frac{4972,53}{20596,94} = 0,2414 \text{ кг/м}^3 = 214,4 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин становить:

$$T_{\text{ex}}^{\text{зв}} = 6169,53 - 1197 = 4972,53 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин становить:

$$T_{\text{en}}^{\text{зв}} = \frac{299,51 \cdot 20598,74}{1000} = 6169,53 \text{ кг/добу}$$

Маса скидів складає:

$$T_{\text{скид}}^{\text{зв}} = 2992,5 \cdot 0,4 = 1197 \text{ кг/добу}$$

Маса відходів, яка видалається:

$$P = 1,995 \cdot 1500 = 2992,5 \text{ кг/добу}$$

Доля зважених частинок в загальній масі відходів після пісковловлювача:

$$\eta_{\text{зв}} = \frac{100 - 60}{100} = 0,4$$

Витрата очищеної води після пісковловлювача:

$$Q_{\text{ex}} = 20598,74 - 1,7955 = 20596,94 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм води $V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}}$, який видалається разом зі скидами має значення:

$$V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{2992,5 \cdot 0,6}{1000} = 1,7955 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, витрата стічних вод після пісковловлювача складає $20596,94 \text{ м}^3/\text{добу}$, концентрація зважених речовин становить $241,4 \text{ г/м}^3$, величина БСК – $418,70 \text{ г/м}^3$. Добова витрата скидів з пісковловлювача становить $1,995 \text{ м}^3/\text{добу}$, об'єм води, який видалається разом зі скидами – $1,7955 \text{ м}^3/\text{добу}$, маса скидів становить 1197 кг/добу .

4) Вибір первинних радіальних відстійників здійснюється з урахуванням годинної витрати стічних вод:

$$Q_{\Gamma} = \frac{20596,94}{24} = 858,21 \text{ м}^3/\text{год}$$

Кількість первинних відстійників становить 3, з них 2 робочих та 1 резервний. Отже витрата води в кількості 858,21 м³/год. йде на 2 відстійника. Відповідно до цього, на один відстійник надходять води в обсязі:

$$Q_{\Gamma}^1 = \frac{858,21}{2} = 429,105 \text{ м}^3/\text{год}$$

Згідно таблиці 2.5 обирається діаметр відстійника 18 м з пропускною здатністю 550 м³/год.

4.1) Об'єм осаду, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою (2.18):

$$W = \frac{20596,94 \cdot (2,241,4 - 150)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 37,65 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 95%, густина - $\rho = 1\text{г}/\text{см}^3 = 1000\text{кг}/\text{м}^3 = 1000000\text{г}/\text{м}^3$.

Маса відходів, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою (2.19):

$$P = W \cdot \rho_{\text{ос}} = 37,65 \cdot 1000000 = 37,65 \text{ т}/\text{добу}$$

4.2) Відповідно до формул (2.7 – 2.12), розраховуються маси скидів та витрата очищеної води після радіальних відстійників:

Маса вихідних зважених речовин після первинних радіальних відстійників становить:

$$T_{\text{ex}}^{\text{зв}} = 4972,1 - 1882,5 = 3089,6 \text{ кг}/\text{добу}$$

Маса вхідних зважених речовин становить:

$$T_{\text{en}}^{\text{зв}} = \frac{241,4 \cdot 20596,94}{1000} = 4972,10 \text{ кг}/\text{добу}$$

Маса скидів після первинних відстійників складає:

$$T_{\text{скид}}^{\text{зв}} = 37650 \cdot 0,05 = 1882,5 \text{ кг}/\text{добу}$$

Доля зважених частинок $\eta_{\text{зв}}$ в загальній масі відходів становить:

$$\eta_{\text{зв}} = \frac{100 - 95}{100} = 0,05$$

Витрата очищеної води має значення:

$$Q_{\text{ex}} = 20596,94 - 35,77 = 20561,17 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм води $V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}}$, який видаляється разом зі скидами, після первинних радіальних відстійників становить:

$$V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{37650 \cdot 0,95}{1000} = 35,77 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отже, обирається 2 робочих та 1 резервний первинних відстійника діаметром 18 м. Витрата стічних вод після первинних радіальних відстійників становить 20561,17 м³/добу, концентрація зважених речовин сягає 150 г/м³, величина БСК – 418,70 г/м³. Об'єм води, який видаляється разом зі скидами – 35,77 м³/добу, маса скидів становить 1882,5 кг/добу.

5) Розрахунок аеротенку-витиснювача з регенератором:

Визначення тривалості аерації суміші стічної води та циркулюючого мулу в аеротенку здійснюється за формулою (2.20):

$$t_a = \frac{2,5}{(2,1,5)^{0,5}} \cdot \lg \frac{418,70}{14,21} = 2,999 \text{ год}$$

Визначається доля витрати циркулюючого мулу розраховується за формулою (2.21):

$$a = \frac{1,5}{4 - 1,5} = 0,6$$

Визначається тривалість окиснення знятих забруднень за формулою (2.22):

$$t_{\text{ок}} = \frac{418,70 - 14,21}{0,6 \cdot 4 \cdot (2,1 - 0,3) \cdot 19} \cdot \frac{15}{22} = 8,64 \text{ год}$$

Розрахунок тривалості регенерації циркулюючого мулу здійснюється за формулою (2.23):

$$t_p = 8,64 - 2,999 = 5,64 \text{ год}$$

Визначення власне об'єму аеротенка згідно до формули (2.24):

$$V_{\text{аер}} = 2,999 \cdot (1 + 0,6) \cdot \frac{20561,17}{24} = 4110,86 \text{ м}^3$$

Об'єм регенератора визначається за формулою (2.25):

$$V_{\text{рег}} = 5,64 \cdot 0,6 \cdot \frac{20561,17}{24} = 2899,12 \text{ м}^3$$

Загальний об'єм аеротенка за формулою (2.26) становить:

$$V_{\text{спор}} = 4110,86 + 2899,12 = 7009,98 \text{ м}^3$$

Визначення тривалості обробки води здійснюється відповідно до

формули (2.27) та за формулою (2.28) визначається середня доза мулу:

$$t_{\text{обр}} = \frac{418,70 - 14,21}{2,53 \cdot (2,1 - 0,3) \cdot 19} = 12,02 \text{ год}$$
$$a_{\text{ср}} = \frac{1,5 \cdot 4110,86 + 4 \cdot 2899,12}{7009,98} = 2,53$$

5.1) Вибір аеротенка:

За формулою (2.29) розраховується відношення загального об'єму аеротенка до об'єму регенератора та за отриманим значенням, яке округлюється до більшого, визначається кількість коридорів:

$$n = \frac{7009,98}{2889,12} = 2,42 \approx 3$$

При добовій витраті стічних вод 20561,17 м³ обирається 3 секції аеротенку. Розраховується об'єм секції відповідно до формули (2.30):

$$V_{\text{сек}} = \frac{7009,98}{3} = 2336,66 \text{ м}^3$$

За таблицю 2.6 обирається типовий проект аеротенка 902-2-192 з шириною коридору 4,5 м та глибиною 3,2 м.

Довжини секції розраховується за формулою (2.31) та повинні бути більше (або дорівнювати) ширини коридору, збільшеної в 10 разів:

$$L_{\text{сек}} = \frac{2336,66}{3 \cdot 4,5 \cdot 3,2} = 54,09 \text{ м}$$

54,09 > 45 – відповідає, аеротенк вибраний вірно.

5.2) Визначення приросту мулу в аеротенку при очищенні стічних вод за формулою (2.32):

$$\Delta i = 0,8 \cdot 150 + 0,3 \cdot 418,70 = 245,61 \text{ мг/дм}^3 = 245,61 \text{ мг/л}$$

Таким чином, обирається 3-х секційний аеротенк за типовим проектом 902-2-192 з 3-ма коридорами. Регенерація даного аеротенка складає 66%, витрата стічних вод після аеротенка становить 20561,17 м³/добу, концентрація зважених речовин становить 150 г/м³, величина БСК – 418,70 г/м³.

6) Вибір вторинних радіальних відстійників здійснюється з урахуванням годинної витрати стічних вод (таблиця 2.5). Об'єм відстійників розраховується за формулою (2.33):

$$V_{\text{відс}}^{\text{вт}} = \frac{20561,17}{24} \cdot 2 = 1713,43 \text{ м}^3$$

За аналогією з вибором первинних радіальних відстійників, обираються вторинні відстійники, кількість яких розраховується за формулою (2.34):

$$n_{\text{відс}}^{\text{вТ}} = \frac{1713,43}{788} = 2,174 \approx 3$$

Об'єм зони відстоювання $V_{\text{з.в.}}$ за таблицею 5 становить 788 м^3 , відповідно діаметр відстійника становить 18 м.

Годинна витрата стічних вод складає:

$$Q_{\text{г}} = \frac{20561,17}{24} = 856,715 \text{ м}^3/\text{год}$$

Виходячи з того, що робочих відстійників 3, на один відстійник надходять води в обсязі:

$$Q_{\text{г}}^1 = \frac{856,715}{3} = 285,5717 \text{ м}^3/\text{год}$$

За таблицею 2.5 пропускна здатність відстійника з діаметром 18 м складає $550 \text{ м}^3/\text{год}$.

6.1) Об'єм осаду, який видалається при відстоюванні за добу, визначається за формулою (2.18):

$$W = \frac{20561,17 \cdot (2,150 - 23,744)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 51,92 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 95%, густина - $\rho = 1 \text{ г/см}^3 = 1000 \text{ кг/м}^3 = 1000000 \text{ г/м}^3$.

Концентрація зважених речовин $C_{\text{ен}}$, яка надходить після аеротенка складає 150 г/м^3 .

Максимально допустима концентрація зважених речовин $C_{\text{ех}}$, яка розрахована за формулою (практичної роботи №1), дорівнює $23,744 \text{ г/м}^3$.

Маса відходів, яка видалається з відстійників, визначається за формулою (2.19):

$$P = W \cdot \rho_{\text{ос}} = 51,92 \cdot 1000000 = 51,92 \text{ т/добу}$$

6.2) Відповідно до формул (2.6 - 2.12), розраховується допустима концентрація зважених речовин в водах, які скидаються у водойму після вторинних радіальних відстійників. Концентрація зважених речовин повинна бути не більше, ніж допустима концентрація, розрахована за формулою (1.12 практичної роботи №1).

Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників становить:

$$C_{\text{ех}}^{\text{зв}} = \frac{488,1755}{20511,846} = 0,02380 \text{ кг/м}^3 = 23,80 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних зважених речовин після вторинних радіальних відстійників становить:

$$T_{ex}^{зв} = 3084,1755 - 2596 = 488,1755 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних зважених речовин становить:

$$T_{en}^{зв} = \frac{150 \cdot 20561,17}{1000} = 3084,1755 \text{ кг/добу}$$

Маса скидів після вторинних відстійників становить:

$$T_{скид}^{зв} = 51920 \cdot 0,05 = 2596 \text{ кг/добу}$$

Доля зважених частинок $\eta_{зв}$ в загальній масі відходів становить:

$$\eta_{зв} = \frac{100 - 95}{100} = 0,05$$

Витрата очищеної води становить:

$$Q_{ex} = 20561,17 - 49,324 = 20511,846 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм води $V_{скид}^{H_2O}$, який видаляється разом зі скидами, після вторинних радіальних відстійників становить:

$$V_{скид}^{H_2O} = \frac{51920 \cdot 0,95}{1000} = 49,324 \text{ м}^3/\text{добу}$$

6.3) Об'єм забруднень, що характеризується кількістю кисню, який видаляється при відстоюванні за добу визначається за формулою (2.18):

$$W = \frac{20561,17 \cdot (2.418,70 - 14,21)}{\left(\frac{100 - 95}{100}\right) \cdot 1000000} = 166,33575 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вологість осаду складає 95%, густина - $\rho = \frac{1\text{г}}{\text{см}^3} = \frac{1000\text{кг}}{\text{м}^3} = 1000000 \text{ г/м}^3$.

Показник БСК_{повн} загального стоку $L_{en}^{БСК}$, який надходить після аеротенка складає $418,70 \text{ г/м}^3$.

Допустима величина БСК $L_{ex}^{БСК}$, яка розрахована за формулою (1.13 практичної роботи №1) дорівнює $14,21 \text{ г/м}^3$.

Маса забруднень, що характеризується кількістю кисню, яка видаляється з відстійників, визначається за формулою (2.19):

$$P = W \cdot \rho_{oc} = 166,33575 \cdot 1000000 = 166,33575 \text{ т/добу}$$

6.4) Згідно до формул (2.6 – 2.12), розраховується величина БСК в водах, які скидаються у водойму після вторинних відстійників. Величина БСК повинна бути не більша допустимого значення БСК, розрахованого за формулою (1.13 практичної роботи №1).

Величина БСК після вторинних відстійників складає:

$$L_{\text{ex}}^{\text{БСК}} = \frac{292,1745}{20403,15} = 0,01432 \text{ кг/м}^3 = 14,32 \text{ г/м}^3$$

Маса вихідних забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних радіальних відстійників має значення:

$$T_{\text{ex}}^{\text{БСК}} = 8608,962 - 8316,7875 = 292,1745 \text{ кг/добу}$$

Маса вхідних забруднень, що характеризується кількістю кисню становить:

$$T_{\text{en}}^{\text{БСК}} = \frac{418,70 \cdot 20561,17}{1000} = 8608,962 \text{ кг/добу}$$

Маса скидів забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних відстійників становить:

$$T_{\text{скид}}^{\text{БСК}} = 166335,75 \cdot 0,05 = 8316,7875 \text{ кг/добу}$$

Доля величини БСК η в загальній масі відходів становить:

$$\eta = \frac{100 - 95}{100} = 0,05$$

Витрата очищеної води становить:

$$Q_{\text{ex}} = 20561,17 - 158,02 = 20403,15 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм води $V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}}$, який видаляється разом зі скидами забруднень, що характеризується кількістю кисню, після вторинних радіальних відстійників становить:

$$V_{\text{скид}}^{\text{H}_2\text{O}} = \frac{166335,75 \cdot 0,95}{1000} = 158,02 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Таким чином, обирається 3-и робочих вторинних відстійника діаметром 18 м. Витрата стічних вод після вторинних радіальних відстійників становить 20511,846 м³/добу. Об'єм води, який видаляється разом зі скидами – 158,02 м³/добу, маса скидів після вторинних відстійників становить - 8316,79 кг/добу.

Концентрація зважених речовин після вторинних відстійників складає 23,744 г/м³, величина БСК становить 14,21 г/м³. Дані показники знаходяться в межах допустимих значень.

7. Схема розташування споруд станції очистки стічних вод з розрахованими параметрами зображена на рисунку 2.1. Вона є типовою для більшості водоочисних споруд.

Ця схема є обов'язковою та наводиться наприкінці розрахунків.

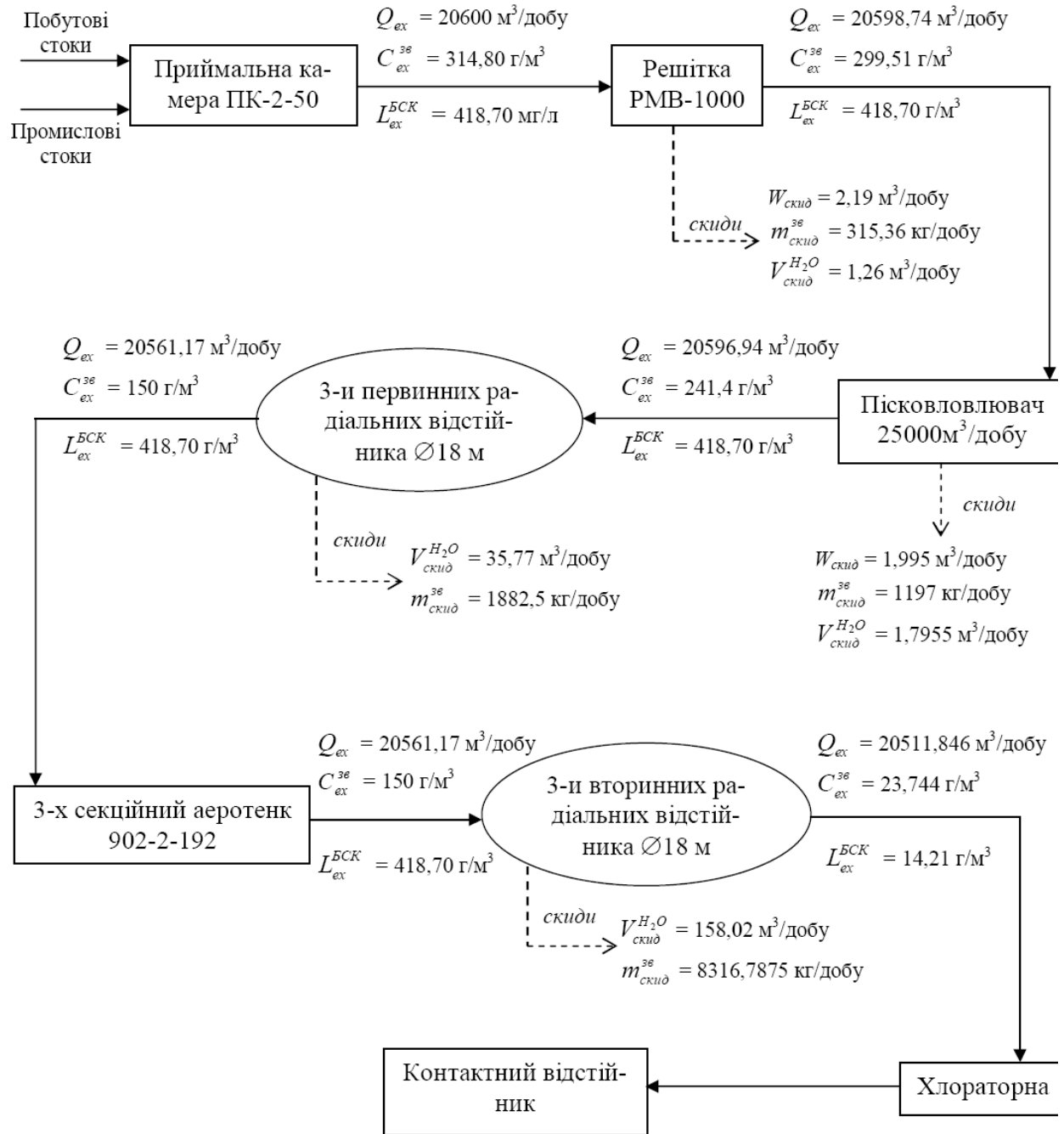


Рисунок – 2.1 Схема розташування споруд міської станції очистки стічних вод



Використана література

1. Березуцкий В.В. Выбор засобів і методів запобігання забрудненню біосфери промисловими стічними водами. – Київ: ІСДОХПІ, 1993. – 108 с.
2. Раціональне природокористування та охорона навколишнього середовища. Курс лекцій. – Київ: МВССО України. Навчально-методичний кабінет вищої освіти, 1991. – 147 с.
3. Строительные нормы и правила. Канализация. Наружные сети и сооружения СНиП 2.04.03-85
4. Лапицкая М.П. Очистка сточных вод (примеры расчетов) / М. П. Лапицкая, Л. И. Зуева, Н. М. Балаескул, Л. В. Кулешова. – Мн.: Выш. Школа, 1983. – 255 с.
5. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. – Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», – 2002. – 622с.

Вихідні дані щодо виконання практичної роботи №1

Найменування даних	Варіант завдання																					
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20	21	22
Число мешканців населеного пункту, тис. чол.	20	40	65	80	100	130	150	180	200	230	250	50	200	110	60	190	93	250	65	38	56	70
Норма водовідведення, л/чол. за добу	200	210	200	230	240	250	250	270	290	300	300	210	270	240	200	270	240	200	210	200	230	230
Витрата промислових стоків, тис. м ³ /доба	1,95	4,39	1,5	4,25	5,37	2,59	3,48	2,95	2,2	3,5	5,72	4,86	4,39	2,7	3,50	1,70	5,37	1,95	4,39	1,5	4,25	4,5
Фізико-хімічні характеристики промислових стоків																						
Концентрація зважених речовин, мг/л	250	340	300	400	700	150	450	300	200	300	400	750	500	300	650	150	760	210	330	290	410	430
Органічна забрудненість за БСК _{повн} , мг/л	300	600	350	520	800	460	800	900	540	200	900	700	950	800	700	460	700	320	610	370	540	750
pH	7,1	7	7,5	6,8	7,4	7,3	7,0	6,7	6,8	7	7,8	7,0	8,0	6,7	7	7,3	7,4	7,1	7	7,5	6,8	8,0
Температура, °C	16	17	15	12	17	16	19	18	17	17	20	15	22	18	17	16	17	16	17	15	12	22
Дані по водоїмі																						
Категорія водоїми	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2
Мінімальна витрата водоїми при 95%-ї забезпеченості, м ³ /с	8,2	8,8	9,3	10,0	9,5	9,0	10,0	10,6	12,7	13,6	15,2	8,1	13,6	9,5	9,3	8,5	9,5	8,2	8,8	9,3	10,0	8,5
Середня швидкість течії при мінімальній витраті, м/с	0,3	0,34	0,38	0,4	0,46	0,56	0,4	0,38	0,5	0,42	0,33	0,25	0,42	0,46	0,38	0,47	0,46	0,3	0,34	0,38	0,4	0,47
Середня глибина водоїми, м	2,1	2,5	3,0	3,5	3,8	2,7	3,5	2,3	2,8	4,0	4,1	2,0	4,0	3,8	3,0	3,2	3,8	2,1	2,5	3,0	3,5	3,2
Концентрація розчиненого кисню, мг/л	7,0	7,2	7,0	6,9	7,5	7,0	6,9	7,1	7,3	7,4	6,9	6,8	7,4	7,5	7,0	7,15	7,5	7,0	7,2	7,0	6,9	7,15
Зважені речовини, мг/л	12,1	11,0	9,0	13,0	8,7	12,0	13,0	13,5	10,8	12,3	14,0	10,0	12,3	8,7	9,0	12,0	8,7	12,1	11,0	9,0	13,0	12,0
Кількість органічних забруднювачів за БСК _{повн} , мг/л	2,5	2,6	2,8	3,0	2,7	2,1	3,0	2,9	2,2	2,3	2,5	2,9	2,3	2,7	2,8	2,7	2,6	2,4	2,8	2,5	3,1	2,7
Водовикористання водоїми нижче за випуск стічних вод, км	4,5	5,0	6,0	6,5	4,0	3,5	6,5	7,0	7,0	7,5	8,0	2,0	7,5	4,0	6,0	6,8	4,0	4,5	5,0	6,0	6,5	6,8
Швидкісний множник (коефіцієнт Шезі), м ^{0,5} /с	12,5	13	11,6	16,0	9,95	9,80	12,8	12,5	13,2	14,1	12,8	10,5	10,0	12,5	13,3	11,0	9,95	12,5	13	11,6	16,0	11,5
Місце випуску стічних вод у водоїму (б – беріг, ф – фарватер)	б	ф	ф	б	б	б	б	ф	б	ф	ф	б	ф	ф	б	ф	б	б	ф	ф	б	ф
Коефіцієнт звивистості річки	1	1,3	1,4	2	2,8	1,5	1,6	1,2	2,2	1,7	1,9	2,1	2,7	2,0	1,1	1,0	2,8	1	1,3	1,4	2	1,8
Відмітки рівнів води, м	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,2	1,2	1,1	1,1	1,1	1,2	1,2	1,2