

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
Київський національний університет будівництва і архітектури

ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Методичні вказівки
до виконання курсового проекту
з дисципліни «Очисні споруди водовідведення»
для бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
спеціалізації «Водопостачання та водовідведення»
денної та заочної форм навчання

Київ 2023

УДК 628.3 (075.8)

О-94

Укладач В.П. Хоружий, д-р техн. наук, професор

Рецензент О.М. Нечипор, канд. техн. наук, доцент

Відповідальний за випуск В.П. Хоружий, д-р техн. наук,
професор

*Затверджено на засіданні кафедри водопостачання та
водовідведення, протокол № 5 від 19 грудня 2022 року.*

В авторській редакції.

Очисні споруди водовідведення: методичні вказівки і завдання
О-94 до виконання курсового проекту / уклад.: В.П. Хоружий. – Київ:
КНУБА, 2023. – 68 с.

Містять послідовність виконання курсового проекту системи водовідведення міста і вихідні дані для проектування. Викладання супроводжується посиланням на нормативні документи і типові рішення основних споруд, або технічні розробки фірм, окремих авторів, які знайшли широке впровадження.

Призначено для студентів-бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво і цивільна інженерія» спеціалізації «Водопостачання та водовідведення» усіх форм навчання.

ЗМІСТ

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	4
1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ І КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЕНЬ СТІЧНИХ ВОД	5
1.1. Визначення розрахункових витрат стічних вод.....	5
1.2. Визначення концентрацій забруднень стічних вод	8
1.3. Визначення зведеного числа жителів	10
2. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	10
3. ВИБІР МЕТОДУ І СКЛАДУ СПОРУДЖЕНЬ ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД І ОБРОБКИ ОСАДІВ.....	11
3.1. Склад очисних споруд	12
3.2. Споруди для обробки осадів	13
4. РОЗРАХУНОК СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	14
4.1. Приймальна камера.....	14
4.2. Решітки.....	15
4.3. Піскоуловлювачі	20
4.4. Первинні відстійники.....	25
5. РОЗРАХУНОК СПОРУДЖЕНЬ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ШТУЧНО СТВОРЕНИХ УМОВАХ	30
5.1. Аеротенки	30
5.2. Вторинні відстійники.....	41
5.3. Знезараження стічних вод	43
5.4. Випуски стічних вод у водойму	47
6. СПОРУДИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД.....	48
6.1. Встановлення об'єму осадів.....	48
6.2. Ущільнення осадів	51
6.3. Метантенки	54
6.4. Газгольдери.....	58
6.5. Механічне зневоднення забродженого осаду	58
6.6. Зневоднення осадів у природних умовах	60
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ.....	62
ДОДАТОК.....	63

ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою розробки курсового проекту «Очисні споруди водовідведення» є узагальнення знань, одержаних під час вивчення курсу «Очисні споруди водовідведення». Курсовий проект передбачає розрахунок і проектування міських очисних споруд водовідведення та складається із розрахунково-пояснювальної записки і графічного матеріалу.

Пояснювальна записка має містити опис об'єкта водовідведення; визначення концентрації забруднення та потрібний ступінь їх очищення; розрахунок очисних споруд; техніко-економічний розрахунок вартості відведення та очищення стічних вод.

Графічна частина має складатися із генплану очисних споруд із профілем руху стічних вод і мулу. Графічну частину проекту виконують на двох листах: на першому – генплан очисних споруд, умовні позначення й експлікація споруд; на другому – профіль руху стічних вод і мулу по очисним спорудам.

Рекомендовані масштаби генерального плану – 1:500 або 1:1000.

Завдання

Згідно з вихідними даними: (див. додаток):

а) виконати розрахунки основних технологічних споруд повної біологічної очистки стічних вод населеного пункту;

б) розробити план майданчика споруд для очистки стічних вод, обробки осаду та надлишкового активного мулу.

Вихідні дані

Конкретні значення вихідних даних за поданим нижче переліком студент бере індивідуально згідно зі своїм варіантом (див. додаток):

- добова кількість побутових стічних від районів міста (Q_I , Q_{II} ; тис. m^3 /доб.);

- питоме водовідведення по районах міста (q_{w1} , q_{w2} , л/ос. доб.);

- добова кількість промислових стічних вод підприємств (Q_1 ; Q_2 ; Q_3 , m^3 /доб.);

- концентрація завислих речовин у промислових стічних водах (C_1 ; C_2 ; C_3 , г/ m^3);

- концентрація БСК_{пов} у промислових стічних водах (L_1 ; L_2 ; L_3 , г/ m^3).

Завдання до виконання курсового проекту (додаток)

$Q_I =$		тис. м ³ /доб.
$Q_{II} =$		тис. м ³ /доб.
$q_{01} =$		л/ос·доб.
$q_{02} =$		л/ос·доб.
$Q_1 =$		м ³ /доб.
$Q_2 =$		м ³ /доб.
$Q_3 =$		м ³ /доб.
$C_1 =$		г/м ³
$C_2 =$		г/м ³
$C_3 =$		г/м ³
$L_1 =$		г/м ³
$L_2 =$		г/м ³
$L_3 =$		г/м ³

1. ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ І КОНЦЕНТРАЦІЙ ЗАБРУДНЕНЬ СТИЧНИХ ВОД

1.1. Визначення розрахункових витрат стічних вод

Витрати господарсько-побутових стічних вод від населення міста

1. Добова витрата:

$$Q_d^w = \frac{N_p \times q_0}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}; \quad (1.1)$$

де N_p – чисельність населення міста (району);
 q_0 – норма водовідведення в л/доб на 1 жителя.

$$Q_d^w = Q_{\text{міста}} = Q_I + Q_{II} \text{ (згідно із завданням)}. \quad (1.2)$$

2. Середні витрати:

- годинна:

$$q_{\text{mid } h}^w = \frac{Q_d^w}{24}, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \quad (1.3)$$

- секундна:

$$q_{mid\ s}^w = \frac{q_{mid\ h} \times 1000}{3600}, \text{ л/с.} \quad (1.4)$$

3. Максимальні витрати:

- годинна

$$q_{max\ h}^w = K_{gen\ max} \times q_{mid\ h}^w, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \quad (1.5)$$

- секундна

$$q_{max\ s}^w = K_{gen\ max} \times q_{mid\ s}^w, \text{ л/с.} \quad (1.6)$$

4. Мінімальні витрати:

- годинна

$$q_{min\ h}^w = K_{gen\ min} \times q_{mid\ h}^w, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \quad (1.7)$$

- секундна

$$q_{min\ s}^w = K_{gen\ min} \times q_{mid\ s}^w, \text{ л/с.} \quad (1.8)$$

Таблиця 2

**Загальні коефіцієнти нерівномірності і припливу стічних вод
у населених пунктах**

Загальний коефіцієнт нерівномірності припливу стічних вод	Середня витрата стічних вод, л/с								
	5	10	20	50	100	300	500	1000	5000 і більше
Максимальний $K_{gen, max}$	2,50	2,10	1,90	1,70	1,60	1,55	1,50	1,47	1,44
Мінімальний $K_{gen, min}$	0,38	0,45	0,50	0,55	0,59	0,62	0,66	0,69	0,71

Витрати стічних вод промислових підприємств

Добові витрати стічних вод промислових підприємств наведено в завданні. Далі по кожному промислового підприємству визначають:

1. Годинні витрати:

- середні:

$$q_{mid h}^P = \frac{1}{T} \times Q_d^P, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \quad (1.9)$$

- максимальні:

$$q_{max h}^P = K_h \times q_{mid h}^P, \text{ м}^3/\text{ГОД}, \quad (1.10)$$

де Q_d^P – добова витрата стічних вод промислового підприємства, м³/добу;

T – тривалість роботи промислового підприємства протягом доби, годин;

K_h – коефіцієнт годинної нерівномірності відведення виробничих стічних вод, визначають за таблицями для всіх галузей промисловості.

Умовно для розрахунків приймаємо:

$$K_h = 1,25.$$

2. Секундні витрати:

- середні:

$$q_{mid s}^P = \frac{q_{mid h}^P \times 1000}{3600}, \text{ л/с}; \quad (1.11)$$

- максимальні:

$$q_{max s}^P = \frac{q_{max h}^P \times 1000}{3600}, \text{ л/с}. \quad (1.12)$$

Таблиця 3

Сумарна витрата стічних вод

Джерела утворення стічних вод	Добова витрата, м ³ /доб.	Годинні витрати, м ³ /ГОД		Секундні витрати, л/с	
		Середні	Максимальні	Середні	Максимальні
Населення					
Промисловість					
Разом					

Визначення додаткових умовних параметрів до загальної принципової схеми водовідведення міста

Кількість мешканців у кожному районі:

$$N_{(oc)} = \frac{Q_d^w (\text{м}^3/\text{добу}) \cdot 1000 (\text{л}/\text{м}^3)}{q_0 (\text{л}/\text{ос} \cdot \text{добу})}. \quad (1.13)$$

Кількість мешканців у місті:

$$N_m = N_1 + N_2. \quad (1.14)$$

Визначення добових витрат з населеного пункту:

$$Q_{\text{заг}} (\text{м}^3/\text{добу}) = Q_I + Q_{II} + Q_1 + Q_2 + Q_3. \quad (1.15)$$

1.2. Визначення концентрацій забруднень стічних вод

Концентрація забруднень – кількість забруднень, що доводяться на 1 од. об'єму стічних вод ($\text{мг}/\text{дм}^3$; $\text{г}/\text{м}^3$). Концентрація забруднень залежить від норми водовідведення. Чим вище норма водовідведення, тим концентрація забруднень буде менше.

Основними показниками характеристики міських стічних вод є концентрація забруднень по завислим речовинам і по БСК_{повн}.

1. Концентрація забруднень господарчо-побутових стічних вод від населення:

- по завислим речовинах у стічних водах району, $\text{мг}/\text{дм}^3$:

$$C_P^W = \frac{a}{q_0} \times 1000; \quad (1.16)$$

- концентрація БСК_{повн} у стічних водах району, $\text{мг}/\text{дм}^3$:

$$L_P^W = \frac{a_1}{q_0} \times 1000, \quad (1.17)$$

де q_0 – норма водовідведення, л/доб. на 1-го жителя;

$a = 65$ г/доб. завислих речовин на одного жителя;

$a_1 = 75$ г/доб. БСК_{повн} непроясної рідини в розрахунку на одного жителя;

2. Концентрація забруднень суміші господарчо-побутових і виробничих стічних вод, що надходять на очисні спорудження:

- по завислим речовинах, мг/дм³:

$$C_{заг} = \frac{Q_1 C_1 + Q_2 C_2 + Q_{N1} C_{N1} + Q_{N2} C_{N2} + Q_{N3} C_{N3}}{Q_1 + Q_2 + Q_{N1} + Q_{N2} + Q_{N3}} \quad (1.18)$$

$$C_{ен} = \frac{Q_d^w \cdot C_p^w + \sum(Q_{di}^P \cdot C_{pi}^P)}{Q_d^w + \sum Q_{di}^P} \cdot K_C; \quad (1.19)$$

- по БСК_{повн}, мг/дм³:

$$L_{заг} = \frac{Q_1 L_1 + Q_2 L_2 + Q_{N1} L_{N1} + Q_{N2} L_{N2} + Q_{N3} L_{N3}}{Q_1 + Q_2 + Q_{N1} + Q_{N2} + Q_{N3}} \quad (1.20)$$

$$L_{ен} = \frac{Q_d^w \cdot L_p^w + \sum(Q_{di}^P \cdot L_{pi}^P)}{Q_d^w + \sum Q_{di}^P} \cdot K_L, \quad (1.21)$$

де Q_d^w – добова витрата господарчо-побутових стічних вод від населення міста, м³/добу;

Q_{di}^P – добові витрати стічних вод від промислових підприємств, м³/добу;

C_{pi}^P – концентрація зварених речовин у стічних водах промислових підприємств, мг/л;

L_{pi}^P – концентрація забруднень по БСК_{повн} у стічних водах промислових підприємств, мг/л;

K_C – 1,08 ÷ 1,10 – коефіцієнт, що враховує збільшення концентрації забруднень по зважених речовинах за рахунок надходження мулової води після обробки осаду;

K_L – 1,02 ÷ 1,05 – коефіцієнт, що враховує збільшення концентрації забруднень по БСК_{повн} за рахунок надходження мулової води після обробки осаду.

Освітлених стічних вод:

$$L_{осв} = L_{заг} \cdot \frac{40}{75}, \text{ мг/дм}^3. \quad (1.22)$$

1.3. Визначення зведеного числа жителів

1. Зведене число жителів за завислими речовинами:

$$N_H^C = N + N_{\text{ЕКВ}}^C, \quad (1.23)$$

де N – число жителів міста;

$N_{\text{ЕКВ}}^C$ – еквівалентне число жителів по завислих речовинах:

$$N_{\text{ЕКВ}}^C = \frac{\sum(Q_{di}^P \cdot C_{di}^P)}{a}, \quad (1.24)$$

де $a = 65$ г/доб. завислих речовин на одного жителя;

підприємство № 1 $N_{\text{екв}N^{\circ 1}} =$

підприємство № 2 $N_{\text{екв}N^{\circ 2}} =$

підприємство № 3 $N_{\text{екв}N^{\circ 3}} =$

2. Зведена кількість жителів за завислими речовинами:

$$N_{\text{priv}}^{\text{ЗВ}} = N + N_{\text{екв}} = N_1 + N_2 + N_{\text{екв}N^{\circ 1}} + N_{\text{екв}N^{\circ 2}} + N_{\text{екв}N^{\circ 3}}. \quad (1.25)$$

2. ВИЗНАЧЕННЯ НЕОБХІДНОГО СТУПЕНЯ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Основними показниками забруднень міських стічних вод є концентрація завислих речовин і БСК_{повн}.

1. Необхідний ступінь очищення стічних вод по завислих речовинах, %:

$$\Theta = \frac{C_{\text{еп}} - C_{\text{ех}}}{C_{\text{еп}}} \cdot 100, \quad (2.1)$$

де $C_{\text{ех}}$ – концентрація зважених речовин у стічних водах, допустимої до скидання у водойму, 15 мг/дм³.

2. Необхідний ступінь очищення за БСК_{повн}:

$$\Theta_{\text{БСК}} = \frac{L_{\text{еп}} - L_{\text{ех}}}{L_{\text{еп}}} \cdot 100, \quad (2.2)$$

де L_{ex} – концентрація органічних забруднень по БПК_{повн} у стічній воді, допустимої до скидання у водойму, 15 мг/дм³.

$$\mathcal{E}_{\text{БСК}_{\text{КОСВ}}} = \frac{L_{\text{ОСВ}} - L_{\text{ex}}}{L_{\text{ОСВ}}} \cdot 100. \quad (2.3)$$

3. ВИБІР МЕТОДУ І СКЛАДУ СПОРУДЖЕНЬ ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД І ОБРОБКИ ОСАДІВ

Вибір методу очищення стічних вод зазвичай роблять на підставі отриманих результатів визначення необхідного ступеня очищення.

Якщо по одному з показників забруднень: по завислих речовинах, або по БСК_{повн} – ступінь необхідного очищення перевищує 80 %, рекомендується застосовувати повне біологічне очищення стічних вод.

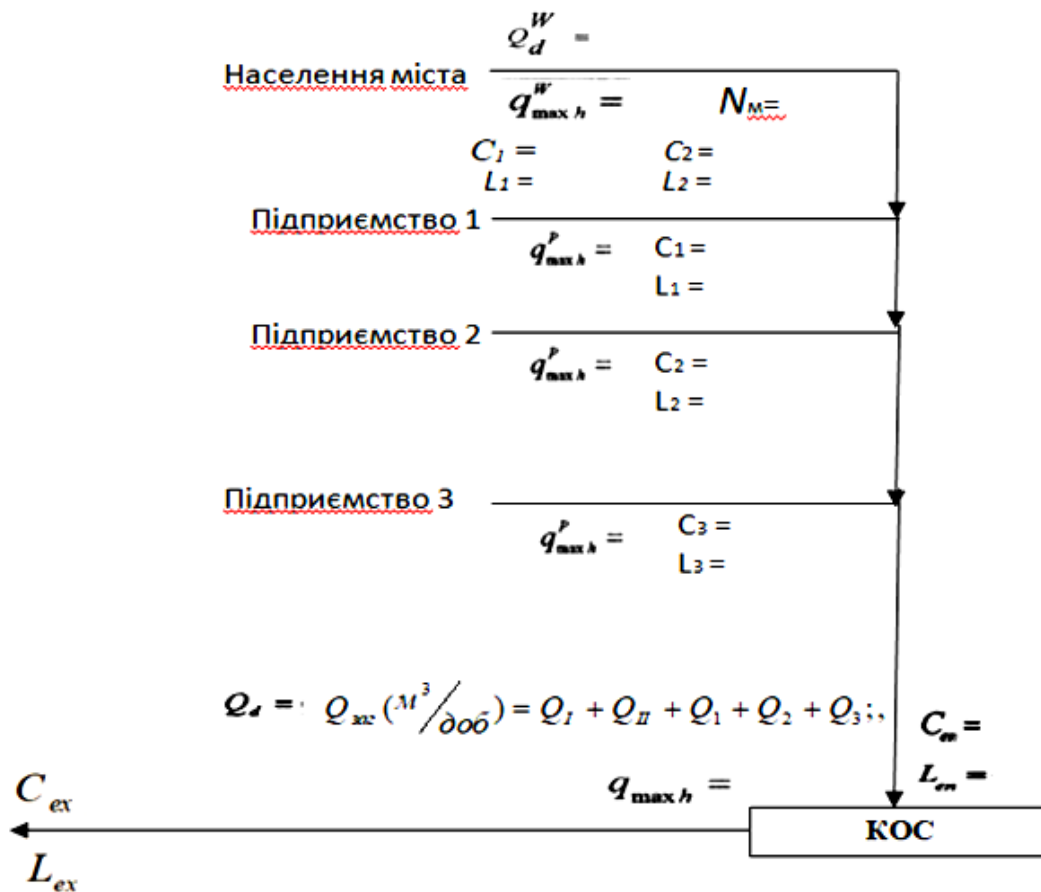


Рис. 3.1. Блок-схема системи водовідведення

Згідно із дозволеним рівнем концентрації забруднень в очищених стічних водах (C_{ex} ; L_{ex}) визначається перелік блоків очисного комплексу та

споруд у кожному блоці. Наприклад, для комплексу повної біологічної очистки без доочищення стічних вод такий перелік може бути наступним:

а) блок механічної очистки – грати; пісковловлювачі; первинні відстійники (можливо з переаератором);

б) блок біологічної очистки – аеротенки чи біофільтри; вторинні відстійники;

в) блок знезаражування – хлораторна; змішувач; контактний резервуар;

г) блок обробки осаду і надлишкового активного мулу (або біологічної плівки) – мулозгущувачі; метантенки; газгольдери; вакуум-фільтри, або інші споруди механічного зневоднення; резервні мулові майданчики.

3.1. Склад очисних споруд

Склад споруджень варто вибрати залежно від характеристики і кількості стічних вод, що надходять на очищення, необхідної ступені їхнього очищення, методу обробки осаду й місцевих умов (п. 6.10).

Біологічному очищенню завжди передує механічне очищення стічних вод. Здійснюють механічне очищення стічних вод у решітках, піскоуловлювачах і первинних відстійниках.

Біологічне очищення стічних вод може бути здійснене:

- у штучно створених умовах (аеротенки, біофільтри);

- в умовах, близьких до природних (поля зрошення або фільтрації, біологічні ставки).

Поля зрошення й фільтрації зараз застосовують досить рідко при невеликих кількостях стічних вод тому, що від сільськогосподарською виробництва відриваються значні площі. Для будівництва таких полів необхідна наявність гарно фільтруючих ґрунтів, глибоке залягання ґрунтових вод, мінімальна кількість днів з негативними температурами повітря.

Доцільніше здійснювати біологічне очищення стічних вод в аеротенках або біофільтрах, що знайшли широке застосування у вітчизняній каналізаційній практиці. ДБН не регламентує продуктивність споруджень повного біологічного очищення.

Після споруджень біологічного очищення передбачають установку вторинних відстійників. У цих спорудженнях біологічна плівка (після біофільтрів) або активний мул (після аеротенків) відокремлюється від очищеної стічної рідини. Частина активного мулу (циркулюючий активний

мул) повертається в аеротенк, а надлишковий активний мул або біологічна плівка піддаються обробці й знезаражуванню.

Очищені стічні води перед скиданням у водойму у всіх випадках підлягають знезаражуванню. Згідно з п. 6.222 ДБН, знезаражування стічних вод варто робити хлором, гіпохлоритом натрію, одержуваним на місці в електролізерах, або прямим електролізом стічних вод. Тому до складу очисних споруджень входять хлораторна, змішувач і контактні резервуари.

3.2. Споруди для обробки осадів

У процесі обробки міських стічних вод на очисних станціях водовідведення утворюються осади таких типів:

- великі покидьки, затримувані на решітках;
- пісок (і йому подібні важкі мінеральні домішки), що осідає в піскоуловлювачах;
- сирий осад, затримуваний у первинних відстійниках;
- надлишковий активний мул або біологічна плівка, затримувані у
- вторинних відстійниках після аеротенків і біофільтрів;
- осад, що утворюється у контактних резервуарах.

Усі осади мають бути піддані спеціальній обробці. Ціль обробки полягає в необхідності знезаражування й використання їх у народному господарстві як добриво.

Вибір методів стабілізації (аеробна або анаеробна), зневоднювання та знезаражування осадів має визначатися місцевими умовами (кліматичними, гідрогеологічними, містобудівними, агротехнічними тощо), його фізико-хімічними й теплофізичними характеристиками, здатністю до водовіддачі (п. 6.339).

«Класичним» методом обробки осадів вважається анаеробне збродження їх у метантенках.

Зневоднювання осадів в основному здійснюється двома шляхами:

- на мулових майданчиках;
- на апаратах механічного зневоднювання (вакуум-фільтри, центрифуги, фільтр-преси).

Надлишковий активний мул перед подачею в метантенки піддається ущільненню в мулозгущувач. Сирий осад з первинних відстійників і надлишковий активний мул подають безпосередньо в метантенк. Особливе місце в схемах очищення стічних вод займають такі спорудження, як двоярусні відстійники й освітлювачі-перегнивачі. У цих

спорудженнях відбуваються одночасно наступні процеси: по світління стічної рідини, зброджування й ущільнення осаду, що випадає. При цьому на станціях очищення стічних вод немає необхідності влаштовувати метантенки. Унаслідок зброджування осадів у метантенках утворюється газ. Для акумулювання газу варто проектувати газгольдери.

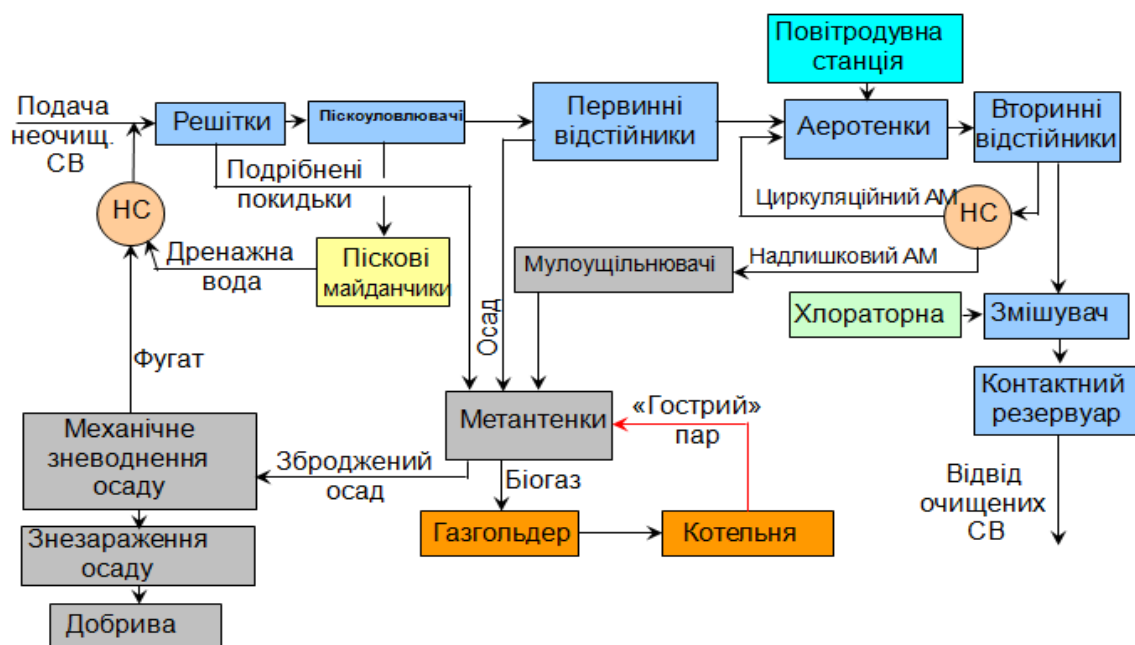


Рис. 3.2. Технологічна схема очищення СВ з використанням аеротенків

4. РОЗРАХУНОК СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Механічне очищення міських стічних вод – це попередня ступінь перед біологічним очищенням.

4.1. Приймальна камера

Найбільш часто стічні води надходять на очисні спорудження по напірним водоводам. Приймальна камера призначається для прийому стічних вод, що надходять на очисні споруди, гасіння швидкості потоку рідини й сполучення трубопроводів з відкритим лотком. Камери передбачають із урахуванням надходження стічних вод по одному або двох трубопроводах і розташовують, звичайно, у насипі висотою до 5 м

(рис. 4.1). Розміри прийомної камери визначають залежно від величини витрати стічних вод (табл. 4).

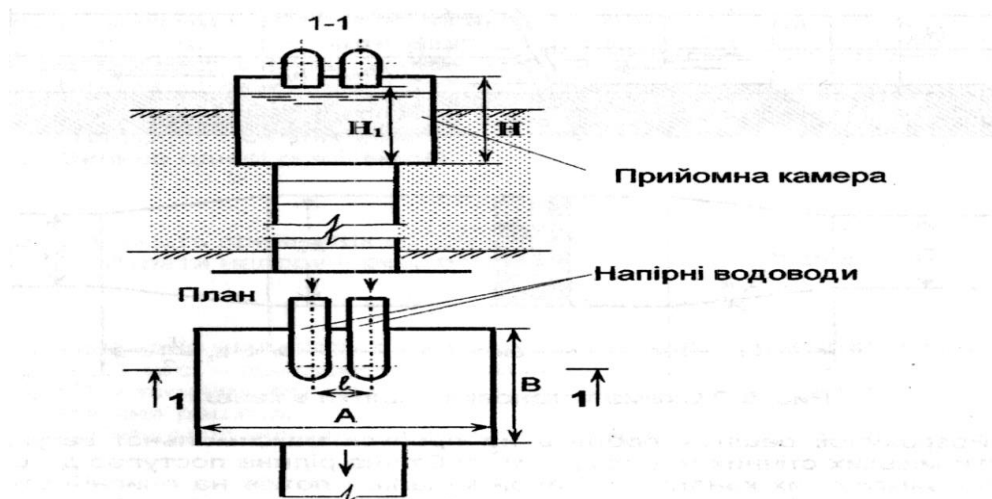


Рис. 4.1. Приймальна камера очисних споруд

Таблиця 4

**Розміри прийомних каналізаційних очисних споруджень
(при напірному надходженні стічних вод)**

Витрати стічних вод, м ³ /год	Розміри, мм				
	A	B	H	H ₁	I
100 - 160	1500	1000	1300	1000	600
250	1500	1000	1300	1000	600
400 - 630	1500	1000	1300	1000	600
1000 - 1250	2000	2300	2000	1600	1000
1600 - 2000	2000	2300	2000	1600	1000

4.2. Решітки

Для затримки великих плаваючих покидьків на очисних спорудженнях установлюють решітки зі стрижнями прямокутної форми із прозорами не більше 16 мм (п. 6.16 [8]).

Решітки оснащуються механізованими граблинами для зняття покидьків. За кількості покидьків менше ніж 0,1 м³/доб. допускається установка решіток з ручним очищенням.

Резервні решітки встановлюють залежно від розрахункового числа робочих агрегатів. За числа робочих решіток до трьох включно – дві резервні.

Розрахунок решіток роблять на пропуск максимальної секундної витрати міських стічних вод ($q_{\max s}$, м³/с). Стічна рідина надходить до решіток по прямокутних каналах. Розміри каналів і лотків на очисній станції визначають за таблицями гідравлічного розрахунку каналізаційних мереж Лукіних або Федорова на витрату:

$$q_c = 1,4 \cdot q_{\max s}. \quad (4.1)$$

Перетин каналу має бути таким, щоб співвідношення глибини потоку води h_k до ширини лотка B_k становило $0,5 + 0,75$ (найвигіднішим перетином прямокутного каналу з гідравлічної точки зору є таке, за якого $B_k = 2h_k$).

Ухили для каналів беруть $0,0008 - 0,005$.

Швидкість руху води в каналі беруть $0,9 + 1,0$ м/с.

Розрахунок решіток

Розрахунок решіток складається з визначення розмірів решітки і камери решіток, втрат напору в решітці та кількості затримуваних забруднень.

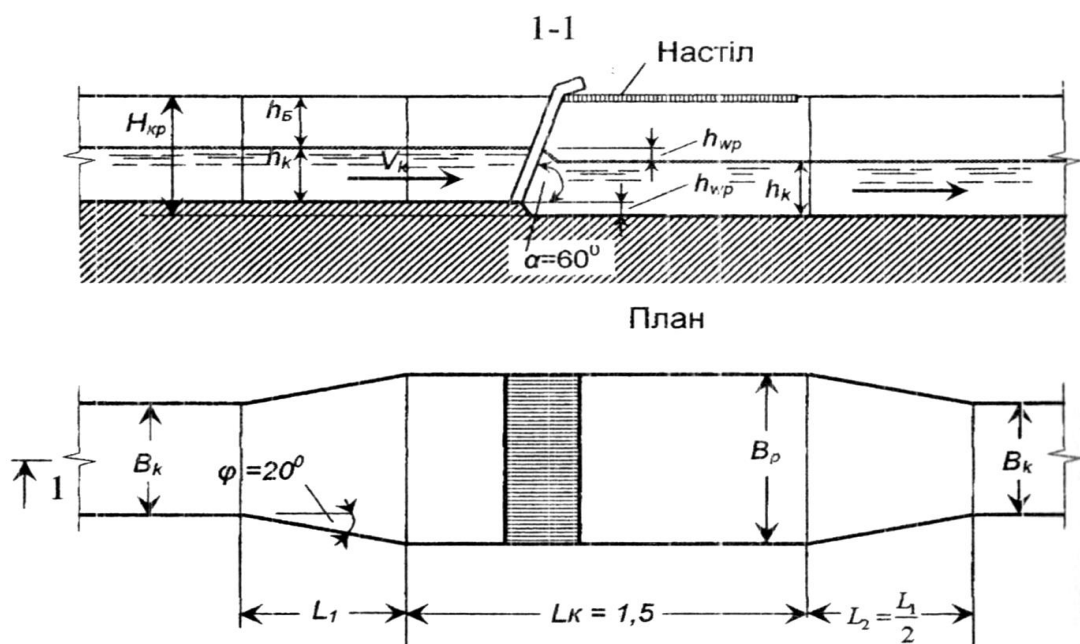


Рис. 4.2. Схема установки решітки в каналі

1. Вибір типу решітки.

Приймаються механізовані решітки з прозорами 16 мм.

Максимальні витрати, що надходять на решітки:

$$q_{max} \left(\text{м}^3/\text{с} \right) = \frac{\sum q_{max} \left(\text{м}^3/\text{год} \right)}{3600 \left(\text{с}/\text{год} \right)}, \quad (4.2)$$

де $\sum q_{max}$ – максимальні годинні витрати стічних вод, що надходять на ОС.

Діапазон розрахункової витрати на 1 ґрати при n робочих агрегатах:

$$q_{(2)} \left(\text{м}^3/\text{с} \right) = \frac{q_{max}}{n}. \quad (4.3)$$

Діапазони витрат q' ($\text{м}^3/\text{с}$) орієнтовано відповідають швидкості руху води в прозорах ґрат від 0,8 до 1,0 м/с.

За даними табл. 1 приймається до попереднього проектування тип ґрат і їх робоча кількість.

H_{max} – орієнтована максимальна висота шару води в каналі ґрат, прийнята з урахуванням резерву глибини каналу – (h_k):

$$h_k = H_{max}.$$

У табл. 5 наведено рекомендовані типорозміри ґрат МГ та РМУ за [3] для діапазонів q' ($\text{м}^3/\text{с}$).

Таблиця 5

Визначення типу ґрат

q' ($\text{м}^3/\text{с}$)	Тип ґрат	H_{max} , м	q' ($\text{м}^3/\text{с}$)	Тип ґрат	H_{max} , м
0,16...0,2	РМУ-1	0,6	1,15...1,44	РМУ-4	1,5
0,35...0,44	РМУ-2	0,7	1,23...1,54	МГ-12Т	1,5
0,36...0,45	МГ-7Т	0,9	1,61...2,02	РМУ-5 та	1,5
0,4...0,5	МГ-9Т	0,8		МГ-6Т	1,5
0,55...0,69	МГ-11Т	1,1	2,15...2,69	РМУ-6	2,0
0,75...0,94	РМУ-3 та	1,5	2,69...3,36	МГ-5Т	2,5
	МГ-10Т	1,5	3,42...4,48	РМУ-7	2,5
1,06...1,32	МГ-8Т	1,5			

Примітки:

1) Діапазони витрат q' ($\text{м}^3/\text{с}$) орієнтовано відповідають швидкості руху води в прозорах ґрат від 0,8 до 1,0 м/с.

2) H_{max} – орієнтована максимальна висота шару води в каналі ґрат прийнята з урахуванням резерву глибини каналу до його абсолютного заповнення.

За даними q' та табл. 5 приймається до попереднього проектування тип ґрат і їх робоча кількість.

За [3] визначається для прийнятого типу ґрат:

- будівельна глибина каналу H_k (м);
- кількість прозорів $n_{\text{пр}}$ (шириною $b_{\text{пр}} = 16$ мм);
- товщина стержнів $S_{\text{ст}}$ (мм).

Розраховується загальна ширина прозорів:

$$b_{\text{заг}}(\text{м}) = \frac{b_{\text{пр}}(\text{мм}) \cdot n_{\text{пр}}}{1000(\text{мм/м})}. \quad (4.4)$$

Загальна корисна площа прозорів:

$$F_{\text{заг}}(\text{м}^2) = H_{\text{max}}(\text{м}) \cdot b_{\text{заг}}(\text{м}). \quad (4.5)$$

Мирки	Номинальні розміри каналу $B \times H$, мм		Ширина каналу на місці установки решітки А, мм	Число прозорів	Товщина стержнів
	B	H	мм		мм
МГ-5Т	2000	3000	2290	84	8
МГ-6Т	2000	2000	2290	84	8
МГ-7Т	800	1400	950	31	8
МГ-8Т	1400	2000	1570	55	8
МГ-9Т	1000	1200	1140	39	8
МГ-10Т	1000	2000	1200	39	8
МГ-11Т	1000	1600	1200	39	8
МГ-12Т	1600	2000	1790	64	8
РМУ-1	600	800	685	21	6
РМУ-2	1000	1000	1550	39	6
РМУ-3	1000	2000	1550	39	6
РМУ-4	1500	2000	2035	60	6
РМУ-5	2000	2000	2535	84	6
РМУ-6	2000	2500	2535	84	6
РМУ-7	2500	3000	3035	107	6

Рис. 4.3. Основні показники механізованих ґрат

Швидкість руху води в прозорах:

$$V_{\text{пр}}(\text{м/с}) = \frac{q'(\text{м}^3/\text{с})}{F_{\text{заг}}(\text{м}^2)}. \quad (4.6)$$

Розрахуються втрати напору на ґратах за формулою:

$$h_{гр}(м) = \xi \cdot \frac{V_{пр}^2}{2 \cdot g} \cdot P, \quad (4.7)$$

де ξ – коефіцієнт місцевого опору для круглих стержнів:

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{s}{b}\right)^{4/3} \cdot \sin\alpha, \quad (4.8)$$

де $\alpha = 60 \div 70^\circ$

β – коефіцієнт, що залежить від форми поперечного перерізу стержнів ґрат (для прямокутних стержнів

$\beta = 2,42$ – для стержнів прямокутної форми;

$\beta = 1,79$ – для круглих стержнів;

$\beta = 1,83$ – для прямокутних з заокругленими ребрами;

P – коефіцієнт, що враховує забрудненість поверхні ґрат під час експлуатації:

Таким чином, для забезпечення розрахункової швидкості руху стічних вод у каналі перед решіткою і в прозорах решітки необхідно понизити дно каналу за решіткою на величину $(h_{wp}) = (h_{заг})$:

$$h_{заг} = 3 \cdot h_{гр}, \quad (4.9)$$

2. Добова кількість покидьків, затримуваних на решітках:

Кількість відходів, що буде затримуватися на решітках, розраховують за зведеною кількістю жителів: (норматив ДБН – 8 дм³/чол.-рік)

За рік:

$$W_{відх}^{рік} = \frac{8 \cdot N_{priv}^{зв}}{1000}. \quad (4.10)$$

За добу:

$$W_{відх}^{доб} = \frac{W_{відх}^{рік}}{365}, \quad (4.11)$$

де $N_{priv}^{зв}$ – зведена кількість жителів за завислими речовинами.

При щільності відходів $\rho = 0,750$ т/м³ їх добова кількість, вологість 80 % становить (т/доб.):

$$G_{\Pi} = \rho_{\Pi} \cdot W_{\text{відх}}^{\text{доб}}. \quad (4.12)$$

4.3. Піскоуловлювачі

Піскоуловлювачі необхідно передбачати для виділення зі стічних вод важких мінеральних домішок при продуктивності очисних споруджень понад 100 м³/доб. Число піскоуловлювачів або відділень піскоуловлювачів слід приймати не менш двох, причому всі піскоуловлювачі й відділення повинні бути робочими.

Тип піскоуловлювачів (горизонтальний, тангенційний, аерований) необхідно вибирати з урахуванням продуктивності очисних споруджень, схеми очищення стічних вод й обробки їхніх осадів, характеристики зважених речовин, компоновочних рішень (п. 6.26).

Досвід проектування дає змогу рекомендувати типи піскоуловлювачів залежно від продуктивності станцій:

- тангенційні піскоуловлювачі до 50 тис. м³/доб.;
- горизонтальні – понад 10 тис. м³/доб.;
- аеровані – понад 20 тис. м³/доб.

Тип піскоуловлювача беруть згідно з рекомендаціями:

- для $Q_{\text{заг}} \leq 64000$ м³/доб. раціональною є конструкція з горизонтальним обертанням води навколо вертикальної осі;
- для більших витрат – аеровані горизонтальні піскоуловлювачі з поздовжнім рухом рідини.

Для аерованого горизонтального піскоуловлювача необхідно визначити кількість відділень, їх ширину, глибину та довжину.

Згідно з табл. 11 можливі 2 типорозміри відділень: (А) – шириною $b = 3$ м; глибиною $h = 2,1$ м; довжиною $L = 12$ м; (Б) – шириною $b = 4,5$ м; глибиною $h = 2,8$ м; довжиною $L = 18$ м.

Враховуючи, що згідно з табл. 28 дозволений діапазон швидкості води при максимальній витраті становить 0,08...0,12 м/с.

Для затримання піску приймається аерований піскоуловлювач.

Гідравлічна крупність $U_0 = 18,7$ мм/с приймається згідно табл. 6:

Таблиця 6

Значення K_3

Діаметр часток піску, що затримуються, мм	Гідравлічна крупність піску u_0 , мм/с	Значення K_3 залежно від типу піскоуловлювачів і відношення ширини B до глибини H аерованих піскоуловлювачів			
		горизонтальні	аеровані		
			$B:H = 1$	$B:H = 1,25$	$B:H = 1,5$
0,15	13,2	-	2,62	2,50	2,39
0,20	18,7	1,70	2,43	2,25	2,08
0,25	24,2	1,30	-	-	-

Таблиця 7

Визначення конструктивних розмірів піскоуловлювачів

Витрата, тис м ³ /доб. Q	Число відділень, n	Основні розміри відділення, м			Номер типового проекту
		ширина	довжина	глибина	
70 - 140	3	3	12 + 3	2,1	902-2-372.83
140 - 200	4				902-2-373.83
200 - 400	3	4,5	18 + 3	2,8	902-2-374.83
240 - 280	4				902-2-375.83

$$B/H = 1,5 \quad v_s = 0,08 \text{ м/с} \quad K_s = 2,08 \quad H_s = 0,7 - 3,5.$$

Аеровані піскоуловлювачі являють собою горизонтальні резервуари, у яких уздовж однієї зі стінок, по всій довжині, на відстані 45 - 60 мм від дна встановлюють аератори з дірчастих труб.

У поперечному перетині днище має ухил $i = 0,2 - 0,4$ до піскового пристінного лотку.

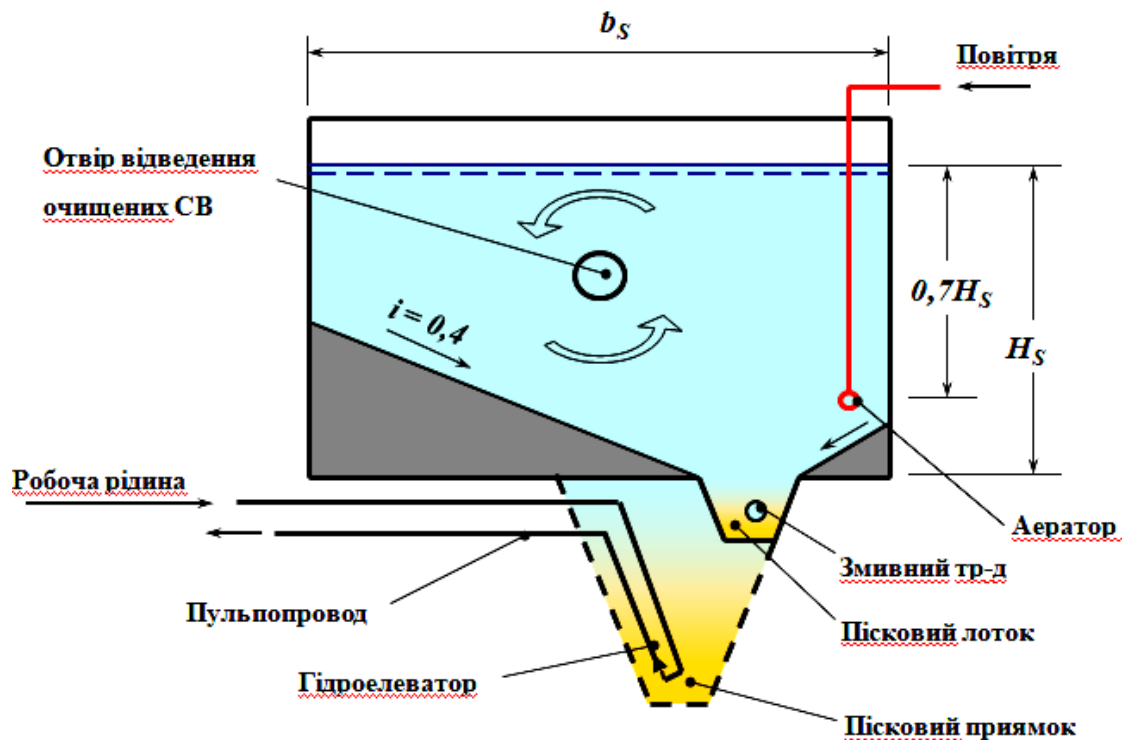


Рис. 4.4. Схема аерованого піскоуловлювача

При розрахунку горизонтальних й аерованих піскоуловлювачів варто визначати їхню довжину за формулою:

$$L_s = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s}{u_0}, \quad (4.13)$$

де H_s – розрахункова глибина піскоуловлювача, м (для аерованих піскоуловлювачів приймається рівній половині загальної глибини H);

K_s – коефіцієнт, що залежить від гідравлічної крупності й типу піскоуловлювачів (табл. 27);

v_s – швидкість руху стічних вод, м/с ,

u_0 – гідравлічна крупність піску, мм/с ,

Приймаємо $L_s = m$. Число відділень – $n = .$

Площа дзеркала води піскоуловлювачів:

$$F_s = \frac{q_{max.s}}{u_0} \cdot 10^3, \quad (4.14)$$

де $q_{max.s}$ – максимальний секундний приплив стічних вод на ОС, м³/с;

u_0 – гідравлічна крупність затримуваних часток, мм/с.

Загальна ширина піскоуловлювачів при максимальному припливі стічних вод:

$$B_s = \frac{F_s}{L_s}. \quad (4.15)$$

Розрахункова ширина одного відділення піскоуловлювача, м:

$$b_s = \frac{B_s}{n_s}. \quad (4.16)$$

Приймаємо згідно з таблицею b_s .

Тривалість протікання при максимальному припливі, с:

$$t_{\text{ПР}} = \frac{L_s \cdot B_s \cdot H_s}{q_{\text{max},s}}. \quad (4.17)$$

Якщо $t_{\text{пр}} > 30$ с, відповідно параметри піскоуловлювачів підібрані правильно.

Згідно з рекомендаціями табл. 11.4 остаточно приймаємо до проектування 2 або 3 відділення типорозміру (А) або від 2 до 4 відділень типорозміру (Б).

Після вибору фактичної кількості відділень (n') визначаємо фактичну швидкість руху води, яка має знаходитися в межах 0,08...0,12 м/с:

$$v_{\text{факт}} (\text{м/с}) = \frac{Q_{\text{max}} (\text{м}^3/\text{год})}{n' \cdot b (\text{м}) \cdot h (\text{м}) \cdot 3600 (\text{с/год})}. \quad (4.18)$$

Витрата повітря, що подається в аеровані піскоуловлювачі, м³/год:

$$q_{\text{air}} = F_s \cdot I, \quad (4.19)$$

де F_s – розрахункова площа дзеркала води, м²;

I – інтенсивність аерації = 3+5 м³/(м²·год).

Видалення піску з піскоуловлювачів здійснюється гідроелеваторами на піскові майданчики або в піскові бункери.

**Кількість і вологість піску, затриманого в піскоуловлювача
згідно з нормативами**

Тип піскоуловлювача	Гідравлічна крупність піску u_0 , мм/с	Швидкість руху стічних вод, м/с, при припливі		Глибина H , м	К-сть затриманого піску, л/(жит. доб.)	Вологість піску, %	Вміст піску в осаді, %
		міні-мальному	макси-мальному				
Горизонтальний	18,7-24,2	0,15	0,30	0,5-2,0	0,02	60	55-60
Аерований	13,2-18,7		0,08-0,12	0,7-3,5	0,03	40	90-95
Тангенціальний	18,7-24,2				0,02	60	70-75

Піскові майданчики

Для підсушування піску, що надходить із піскоуловлювачів, необхідно передбачати майданчики з обмежувачими валиками висотою 1+2 м. Для підсушування затриманого в піскоуловлювачі піску належить запроєктувати піскові майданчики – 2, або 4-прямокутні карти розмірами $B \times L$, де B – ширина карти; L – довжина карти за такими типорозмірами (табл. 9).

Таблиця 9

Встановлення розмірів піскових майданчиків

B , м	10	15	15	20
L , м	20	20	25	25
Площа карти	1	2	3	4
	200	300	375	500

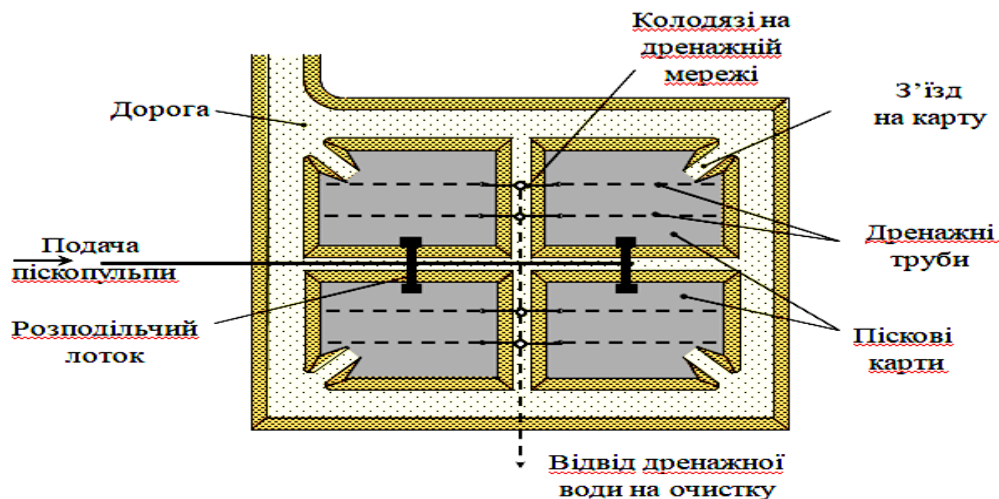


Рис. 4.5. Схема піскових майданчиків

Об'єм піску, затримуваного піскоуловлювачами:

$$W_s = \frac{0,03 \cdot N_{priv}}{1\,000}, \text{ (м}^3\text{/доб.)} \quad (4.20)$$

Необхідна площа при навантаженні $3 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{рік}$ і умови періодичного вивозу піску буде:

$$F_s = \frac{W_s \cdot 365}{3}, \text{ (м}^2\text{)}. \quad (4.21)$$

Площа 1-ї карти при 4 картах – $F/4$. Приймаємо:

B, м	
L, м	

4.4. Первинні відстійники

Для видалення грубодисперсних домішок зі стічних вод застосовують відстоювання. За напрямком руху основного потоку води у відстійниках розрізняють:

- горизонтальні і вертикальні відстійники;
- різновидом горизонтальних відстійників є радіальні відстійники.

Тип відстійника необхідно вибирати з обліком прийнятої технологічної схеми очищення стічних вод й обробки їхнього осаду, продуктивності споруд, черговості будівництва, числа експлуатованих одиниць, конфігурації та рельєфу площадки, геологічних умов, рівня ґрунтових вод і т.д.

Залежно від продуктивності рекомендується приймати первинні відстійники:

- вертикальні – до 20 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$;
- горизонтальні – понад 15 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$;
- радіальні – понад 20 тис $\text{м}^3/\text{доб.}$;
- освітлювачі-перегнивачі – до 30 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$;
- двох'ярусні – до 10 тис. $\text{м}^3/\text{доб.}$

Радіальні відстійники з центральною подачею стічних вод знайшли широке застосування на станціях очищення побутових стічних вод. Відстійники такої конструкції мають круглу в плані форму резервуарів, у яких стічна вода подається в центр відстійника й рухається радіально від центра до периферії.

Число відстійників варто приймати: первинних – не менше двох, вторинних – не менше трьох за умови, що всі відстійники є робочими. За мінімального числа їхній розрахунковий об'єм необхідно збільшувати в 1,2 + 1,3 рази.

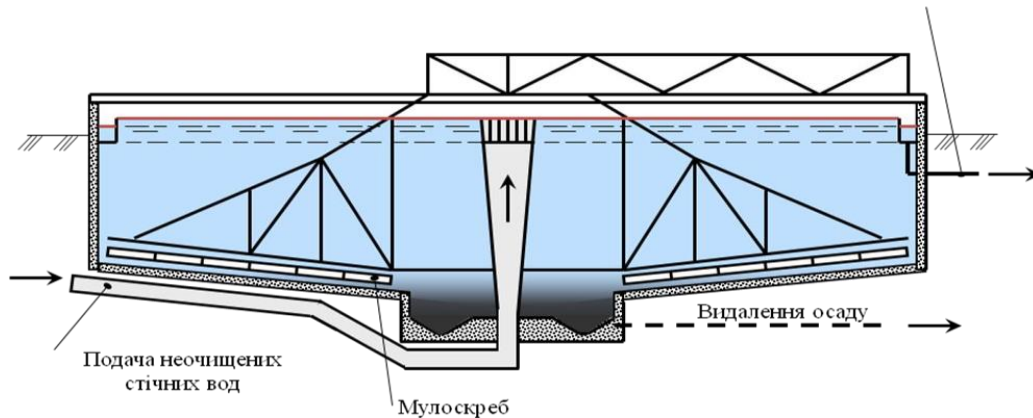


Рис. 4.6. Схема первинного радіального відстійника

Розрахунок первинних відстійників

Розрахунок первинних відстійників слід робити по кінетиці випадання завислих речовин з урахуванням необхідного ефекту посвітління.

1. *Необхідний ефект посвітління:*

$$\mathcal{E} = \frac{C_{en} - C_{cdr}}{C_{en}} \cdot 100 \%, \quad (4.22)$$

де C_{en} – концентрація суміші стічних вод по зважених речовинах, що надходять у первинні відстійники, мг/дм³;

C_{cdr} – концентрація завислих речовин у проясненій воді, що надходить в аеротенки мг/дм³. Концентрація завислих речовин у прояснених стічних водах, що подаються в аеротенки або на біологічні фільтри на повне очищення, не повинна перевищувати 100-150 мг/дм³. У іншому випадку необхідно передбачати спорудження для інтенсифікації роботи первинних відстійників.

У схемі з аерованими пісковловлювачами C_{en1} дорівнює 92...93 % від $C_{заг}$:

$$C_{en1} = 0,93 \cdot C_{заг}; \quad (4.23)$$

$$\mathcal{E}_{\text{осв}} = \frac{C_{\text{en1}} - (150 \text{ г/м}^3)}{C_{\text{en1}}} \cdot 100 \% \quad (4.24)$$

Якщо має місце нерівність $\mathcal{E}_{\text{осв}} > 50 \%$ обов'язковою умовою є передаєрація.

2. Розрахункове значення гідравлічної крупності U_0 необхідно визначати за формулою:

$$U_0 = \frac{1\,000 H_{\text{set}} \cdot K_{\text{set}}}{t_{\text{set}} \left(\frac{H_{\text{set}} \cdot K_{\text{set}}}{h_1} \right)^{n_2}} \quad (4.25)$$

де H_{set} – глибина проточної частини відстійника (табл. 3), м;

K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника:

- для горизонтальних відстійників – 0,5;
- для радіальних – 0,45;
- для вертикальних – 0,35;

t_{set} – тривалість відстоювання, с, що відповідає заданому ефекту очищення й отримана в лабораторному циліндрі в шарі $h_1 = 0,5$ м (табл. 10):

За значеннями C_{en1} і $\mathcal{E}_{\text{осв}}$ шляхом інтерполяції знаходять t_{set} .

Таблиця 10

Ефект освітлення, $\mathcal{E}_{\text{осв}}$	Значення t_{set} с, в шарі $h_1 = 500$ мм при концентрації завислих речовин, мг/дм ³			
	100	200	300	400
20	600	300	-	-
30	900	540	320	260,0
40	1320	650	450	390,0
50	1900	900	640	450,0
60	-	3600	2600	1830,0

Основні параметри первинних радіальних відстійників

Параметри	Діаметр відстійника D_{set} , м			
	18	24	30	40
Типовий проект	902-2-362.83	902-2-363.83	902-2-378.83	902-2-383.83
Діаметр впускного пристрою, d_{en} , м	1,4	1,6	1,8	2,0
Гідравлічна глибина H , м	3,4	3,4	3,4	4,0
Глибина проточної частини H_{set} , м	3,1	3,1	3,1	3,6
Об'єм, m^3 :				
- проточної частини	788	1400	2190	4580
- осадової частини	120	210	340	710
- загальний	908	1610	1460	3054
Витрата, $m^3/год$	525	930	1460	3054

n^2 – показник ступеня, що залежить від агломерації суспензії в процесі осадження; для міських стічних вод – 0,25

3. Продуктивність одного відстійника q_{set} ($m^3/год$) варто визначати за формулою:

$$q_{set} = 2,8K_{set}(D_{set}^2 - d_{en}^2)(u_0 - v_{tb}), (m^3/год), \quad (4.26)$$

де K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника;

D_{set} – діаметр відстійника, м (табл. 3);

d_{en} – діаметр впускного пристрою, м (табл. 3);

u_0 – значення гідравлічної крупності;

v_{tb} – турбулентна складова, мм/с, приймається по таблиці, залежно від швидкості потоку у відстійнику V_w , мм/с.

v_w , мм/с	5	10	15
v_{tb} , мм/с	0	0,05	0,1

Відстійники	Коефіцієнт використання об'єму K_{set}	Робоча глибина відстійної частини H_{set} , м	Ширина B_{set} , м	Швидкість робочого потоку v_w , мм/с	Уклон днища до мулового напрямка
Горизонтальний	0,5	1,5 - 4,0	$2H_{set} - 5H_{set}$	5 - 10	0,005 - 0,050
Радіальний	0,45	1,5 - 5,0	-	5 - 10	0,005 - 0,050

4. Після встановлення продуктивності одного відстійника q_{set} , $m^3/год$, встановлюють необхідну кількість відстійників:

$$n = q_{max.h} / q_{set}, \quad (4.27)$$

де $q_{max.h}$ – максимальна витрата стічних вод, $m^3/год$.

Округливши n до цілого числа в більшу сторону, уточнюють розміри відстійників.

5. Перевіряють фактичну швидкість:

$$V_{\phi} = \frac{q_{max.h}}{3,6\pi \cdot R_{set} \cdot H_{set} \cdot n}, \text{ мм/с}, \quad (4.28)$$

де R_{set} – радіус відстійника;

$$R_{set} = D_{set} / 2.$$

У випадку різних значень швидкостей V_{ϕ} й V_w необхідно уточнити величини L_{set} , B_{set} і R_{set} .

6. Добова кількість сирого осаду, що утворюється у відстійниках, вологістю 95 % і щільністю $1,12 \text{ г/см}^3$ буде:

$$Q_{mud} = \frac{Q(C_{en1} - 150)}{(100 - P_{mud}) \gamma_{mud} \cdot 10^4}, \quad (4.29)$$

де Q – середня добова витрата стічних вод, $m^3/добу$ ($Q_{доб}$);

P_{mud} – вологість осаду, %;

γ_{mud} – щільність осаду, $г/см^3$;

C_{en1} – концентрація завислих речовин у воді, що подається у відстійник.

Кількість осаду по сухій речовині:

$$M_{mud} = \frac{Q_d(C_{en1} - 150)}{10^6}, \text{ т/доб.}, \quad (4.30)$$

де Q_d – середня добова витрата стічних вод, $m^3/доб$.

Діаметри мулових труб для видалення осаду з первинних і вторинних відстійників варто приймати з розрахунку, але не менше 200 мм.

Висоту борта відстійника над поверхнею стічної води слід приймати $h_6 = 0,3$ м.

Переливну крайку водозливу лотків можна передбачити гладкою або зубчастою (з трикутними вирізами). Навантаження на 1 п.м. водозливу не повинне перевищувати 10 л/с.

Висота нейтрального шару 0,3 м.

5. РОЗРАХУНОК СПОРУДЖЕНЬ БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД У ШТУЧНО СТВОРЕНИХ УМОВАХ

5.1. Аеротенки

Аеротенки застосовують для повного і неповного біологічного очищення стічних вод. Аеротенки являють собою резервуари, у яких стічна вода, яка очищається, та активний мул насичуються повітрям і перемішуються.

Концентрація завислих речовин у стічних водах, що надходять в аеротенк після споруджень механічного очищення, не повинна перевищувати 100-150 мг/дм³, а допустима БСК_{повн} залежить від типу аеротенка.

При очищенні суміші виробничих і побутових СВ повинні дотримуватися вимоги по активній реакції середовища (6,5-8,5), температурі (6-30 °С), сольовій сполуці (10 г/дм³), наявності шкідливих речовин і т.д.

Регенерацію активного мулу необхідно передбачати при БСК_{повн} стічних вод, що надходять в аеротенки, понад 150 мг/л, а також за наявності у воді шкідливих виробничих домішок.

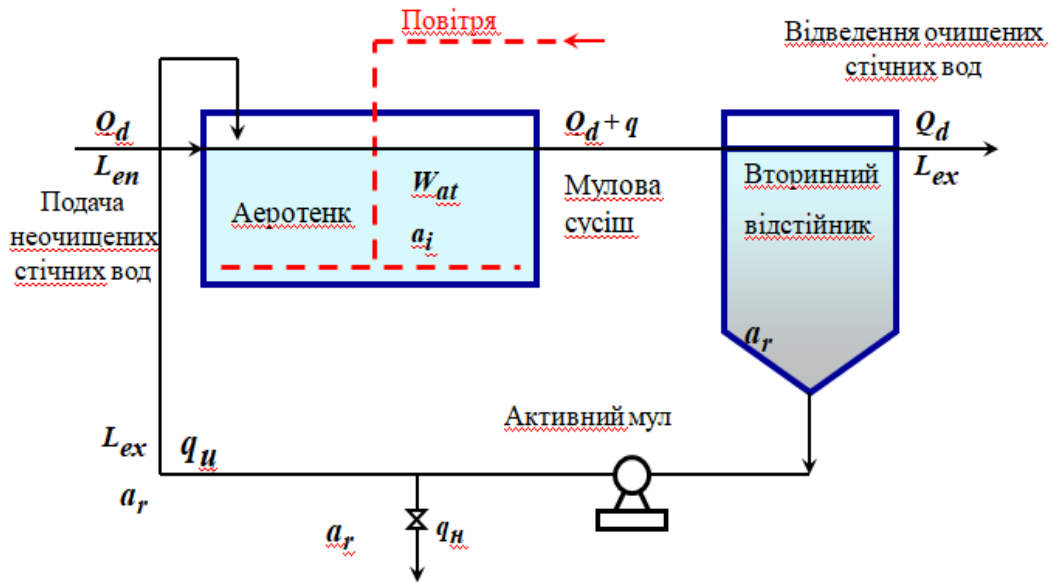


Рис. 5.1. Блок-схема процесу біологічної очистки в аеротенках

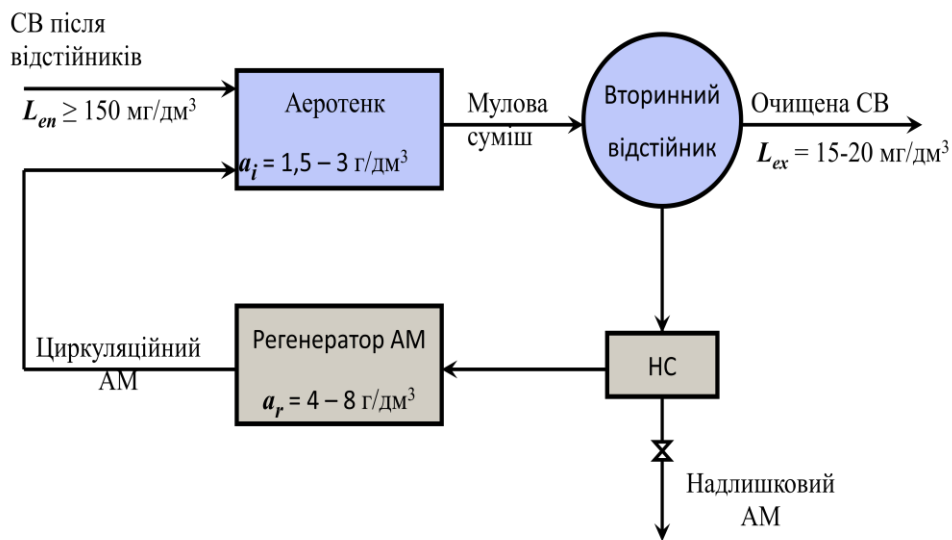


Рис. 5.2. Схема біологічного очищення

Розрахунок аеротенка-витиснювача з регенераторами

1. Ступінь рециркуляції активного мулу R_i , в аеротенках визначають за формулою:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i}, \quad (5.1)$$

де a_i , – доза мулу в аеротенку, г/дм³; для аеротенка-витиснювача з регенераторами приймають $a_i = 2 - 3,5$ г/дм³ у діапазон БСК_{повн} – 150 - 300 мг/дм³;

J_i , – муловий індекс, см³/г; приймають орієнтовно для міських стічних вод 70-100 см³/г.

Величина R , має бути не менш 0,3 для відстійників з мулососами, 0,4 – з муловими скребками, 0,6 – при самопливному видаленні мулу. Тому, якщо при розрахунку величина R , менш вищевказаних величин, то приймаємо R , рівну максимальній величині.

2. Тривалість перебування стічних вод у самому аеротенку:

$$t_{at} = \frac{2,5}{\sqrt{a_i}} = \text{I}g \frac{L_{en}^I}{L_{ex}}, \quad (5.2)$$

де L_{en}^I – БСК_{повн} вихідної стічної води з урахуванням зниження БСК_{повн} при первинному відстоюванні, мг/дм³. Ефективність зниження БСК_{повн} при відстоюванні без інтенсифікації приймають 10+20%. $L_{en}^I = L_{осв}$

L_{ex} – БСК_{повн} очищеної стічної води, мг/дм³, приймають із розрахунку необхідного ступеня очищення (при повному біологічному очищенні приймають $L_{ex} = 15-20$ мг/дм³).

Тривалість перебування стічних вод в аеротенку повинна бути не менше ніж 2 год. А якщо менше, приймаємо 2 год.

3. Доза мулу в регенераторі:

$$a_r = a_i \left(\frac{1}{R_i} + 1 \right), \quad (5.3)$$

4. При проектуванні аеротенків змішувачів і витиснювачів з регенераторами питома швидкість окислювання визначається при дозі мулу a_r .

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} C_0}{L_{ex} C_0 + K_L C_0 + K_0 L_{ex}} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_r}, \quad (5.4)$$

де ρ_{\max} – максимальна швидкість окислювання, мг/(г·год). Для міських стічних вод $\rho_{\max} = 85$ мг/(г·год);

C_o – концентрація розчиненого кисню, мг/дм³: $C_0 = 2$ мг/дм³;
 K_L – константа, що характеризує властивості органічних забруднюючих речовин: $K_L = 33$ мг БСК_{повн}/дм³;
 K_o – константа, що характеризує вплив кисню: $K_o = 0,625$ мг/дм³;
 ϕ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, дм³/г: $\phi = 0,07$ дм³/г.

5. Тривалість окислювання органічних забруднювальних речовин:

$$t_0 = \frac{L_{en} - L_{ex}}{R_i a_r (1-s) \rho}, \quad (5.5)$$

де S – зольність мулу. Приймається $S = 0,3$.

$$L_{en} = L_{ocв}.$$

6. Тривалість регенерації:

$$t_r = t_0 - t_{at}. \quad (5.6)$$

Для уточнення мулового індексу J_i необхідно визначити тривалість перебування води в системі «аеротенк-регенератор» і середню дозу мулу в системі «аеротенк-регенератор».

7. Для визначення навантаження на мул визначається час перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор:

$$t = (1 + R_i) \cdot t_{at} + R_i t_r. \quad (5.7)$$

8. Середня доза мулу в системі:

$$a_{im} = \frac{(1 + R_i) \cdot t_{at} a_i + R_i t_r a_r}{t} =. \quad (5.8)$$

9. Навантаження на мул:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L_{en} - L_{ex})}{a_{im} (1-s) \cdot t}. \quad (5.9)$$

Таблиця 12

Стічні води	Муловий індекс J_i , см ³ /г при навантаженні на мул q_i , мг/(г·доб.)					
	100	200	300	400	500	600
Міські або близькі до них	130	100	70	80	95	130

Якщо отримане по таблиці значення J_i відрізняється від попередньо прийнятого в формулі 6.1, то розрахунок аеротенків повторюють при новому значенні до збігу прийнятого і табличного.

10. Об'єм аеротенка:

$$W_{at} = t_{at} \cdot (1 + R_i) \cdot q_{\max} h. \quad (5.10)$$

11. Місткість регенератора:

$$W_r = t_r R_i q_{\max} h. \quad (5.11)$$

12. Загальна місткість аеротенку:

$$W = W_{at} + W_r. \quad (5.12)$$

13. Відсоток регенерації:

$$\frac{W_r}{W} \cdot 100\% = . \quad (5.13)$$

Кількість коридорів аеротенка приймається відповідно до відсотка регенерації.

Якщо $\frac{W_r}{W} < 29$, то приймається «чотирикоридорний аеротенк». Якщо $29 < \frac{W_r}{W} < 40$ – «трикоридорний аеротенк».

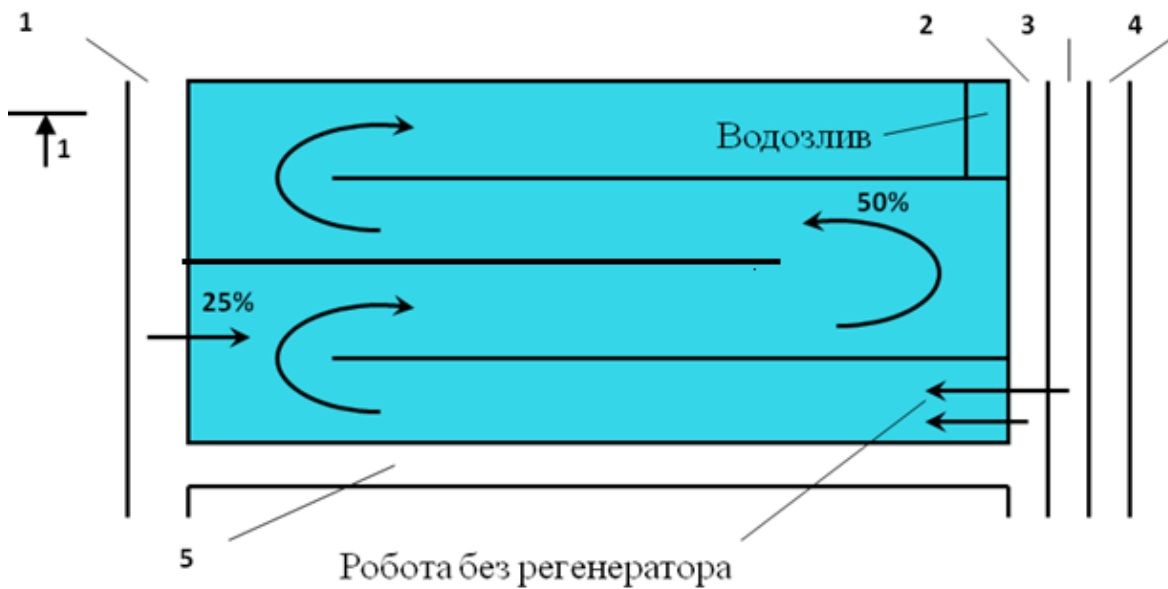


Рис. 5.3. Схема роботи чотирьохкоридорного аеротенка: 1 – верхній розподільчий канал освітлених СВ у первинних відстійниках; 2 – нижній канал освітлених СВ; 3 – канал активного мулу; 4 – канал очищених стічних вод; 5 – перепускний канал

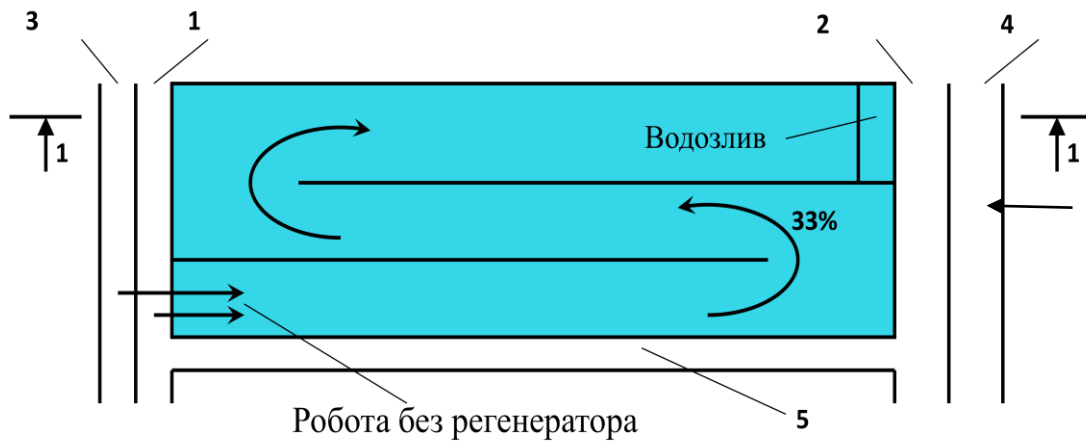


Рис. 5.4. Схема роботи трикоридорного аеротенка: 1 – верхній розподільчий канал освітлених СВ в первинних відстійниках; 2 – нижній канал освітлених СВ; 3 – канал активного мулу; 4 – канал очищених стічних вод; 5 – перепускний канал

Якщо $\frac{W_r}{W} > 40$ – «дво- або чотирьохкоридорний аеротенк».

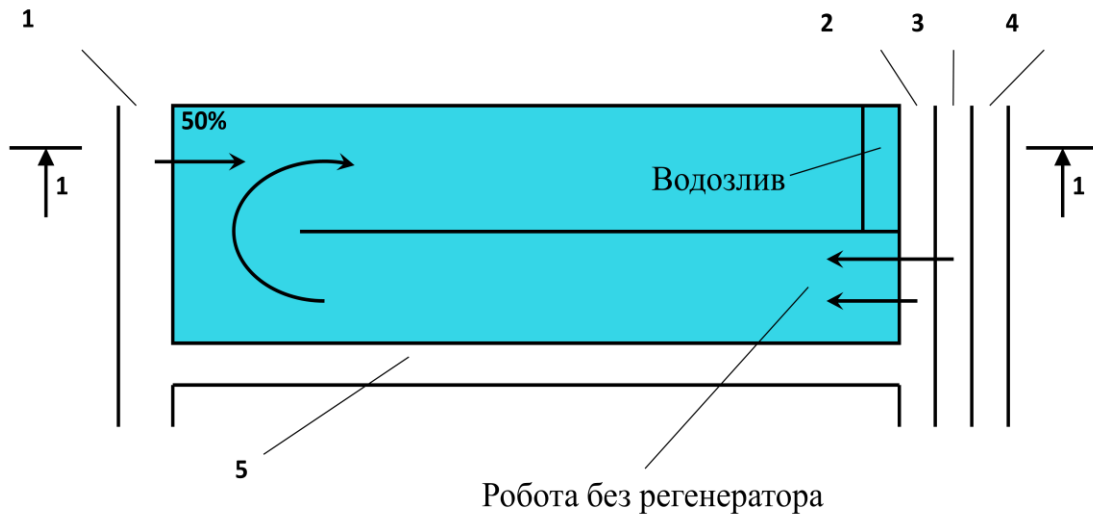


Рис. 5.5. Схема роботи двокоридорного аеротенка: 1 – верхній розподільчий канал освітлених СВ у первинних відстійниках; 2 – нижній канал освітлених СВ; 3 – канал активного мулу; 4 – канал очищених стічних вод; 5 – перепускний канал

14. Площа аеротенка:

$$F = \frac{W}{H_{at}}$$

де H_{at} – робоча глибина аеротенка, м. Приймається = 3-6 м.

Таблиця 13

Розміри типових аеротенків-витиснювачів

Число коридорів	Розміри коридору, м			Число рядів фільтросів від першого коридору до четвертого
	ширина	робоча глибина	довжина	
2	4,5	3,2: 4,4	36-60	2+1
	6	4: 4,5	48-72	2+2
	9	4: 4,5	78-108	3+2
3	4,5	3,2: 4,4	36-60	2+2+1
	6	4: 4,5	48-72	3+2+1
	9	4: 4,5	78-108	3+3+2
4	4,5	3,2: 4,4	36-66	3+2+1+1
	6	4: 4,5	54-84	3+2+2+1
	9	4: 4,5	84-114	3+3+2+2

15. Довжина одного коридору аеротенка:

$$L = \frac{F}{B \cdot n \cdot m} \text{ м.} \quad (5.14)$$

де B – ширина коридору аеротенка, м.

Співвідношення $B:H$ приймається від 1:1 до 2:1; n – число коридорів, шт.; m – число секцій, шт. ($m > 2$ шт.).

16. Фактичний об'єм однієї секції:

$$W_{\phi} = B \cdot L \cdot H_{at} \cdot n, \text{ м}^3. \quad (5.15)$$

17. Фактичний час перебування стічної рідини, що обробляється в системі «аеротенк-регенератор», становить:

$$t_{\phi} = \frac{W_{\phi} \cdot m}{q_{\dot{W}}^a}. \quad (5.16)$$

Визначення витрати повітря

1. Питому витрату повітря, $\text{м}^3/\text{м}^3$, при очищенні стічних вод у аеротенку визначають за формулою:

$$q_{air} = \frac{q_0(L_{en} - L_{ex})}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_T \cdot K_3 (C_a - C_0)}, \quad (5.17)$$

де q_0 – питома витрата кисню повітря в $\text{мг}/\text{мг}$, знятої БСК_{повн}, приймають при очищенні до БСК_{повн} 15-20 $\text{мг}/\text{дм}^3$ – $q_0 = 1,1 \text{ мг}/\text{мг}$;

K_1 – коефіцієнт враховуючий тип аератора; для дрібно-бульбашкових аераторів приймають по таблиці залежно від відношення площ аерованої зони і аеротенка f_{ar}/f_{at} . При застосуванні фільтросних пластин, як дрібнобульбашкових аераторів, величина $f_{ar}/f_{at} = 0,2$ і $K_1 = 1,68$.

K_2 – коефіцієнт, залежний від глибини занурення аератора (h_a). При застосуванні фільтросних пластин глибину занурення аератора приймають:

$$h_a = H_{at} - 0,2. \quad (5.18)$$

K_T – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, визначають за формулою:

$$K_T = 1 + 0,02(T_w - 20). \quad (5.19)$$

T_w – середньомісячна температура стічних вод за літній період, приймається = 20 С°.

K_3 – коефіцієнт якості води, прийнятий для міських стічних вод = 0,85

C_a – Розчинність кисню повітря у воді, мг/л, визначають за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) C_T. \quad (5.20)$$

h_a – глибина занурення аератора, м;

C_T – розчинність кисню повітря у воді, мг/л, залежно від середньомісячної температури стічних вод за літній період (T_w) і атмосферного тиску (табл. 16).

C_o – середня концентрація кисню у аеротенку, мг/л: $C_o = 2 \text{ мг/дм}^3$.

Таблиця 14

f_{ar}/f_{at}	0,05	0,1	0,2	0,3	0,4	0,5	0,75	1
K_1	1,34	1,47	1,68	1,89	1,94	2	2,13	2,3
$J_{a,max}, \text{М}^3 / (\text{М}^2 \cdot \text{ч})$	5	10	20	30	40	50	75	100

Таблиця 15

$h_a, \text{М}$	0,5	0,6	0,7	0,8	0,9	1	3	4	5	6
K_2	0,4	0,46	0,6	0,8	0,9	1	2,08	2,52	2,92	3,3
$J_{a,min}, \text{М}^3 / (\text{М}^2 \cdot \text{ч})$	48	42	38	32	28	24	4	3,5	3	2,5

Залежність розчинності кисню повітря у воді, C_T , мг/л, від температури, T_w , при тиску 760 мм рт. ст.

T_w, C°	$C_T, \text{мг/л}$	T_w, C°	$C_T, \text{мг/л}$	T_w, C°	$C_T, \text{мг/л}$
1	14,23	11	11,08	21	8,89
2	13,84	12	10,83	22	8,83
3	13,48	13	10,6	23	8,68
4	13,13	14	10,37	24	8,53
5	12,8	15	10,15	25	8,38
6	12,48	16	9,95	26	8,22
7	12,17	17	9,74	27	8,07
8	11,87	18	9,64	28	7,92
9	11,59	19	9,35	29	7,77
10	11,33	20	9,17	30	7,63

2. *Інтенсивність аерації*, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$, визначають за формулою:

$$J_a = \frac{q_{air} \cdot H_{at}}{t_{at}}, \quad (5.21)$$

де H_{at} – робоча глибина аеротенка, м;
 t_{at} – період аерації, год.

3. *Годинна витрата повітря* становитиме:

$$Q_{air} = q_{air} \cdot q_w^a, \text{ м}^3/\text{год}, \quad (5.22)$$

де q_w^a – годинна витрата стічної води $q_{\text{max h}}$, $\text{м}^3/\text{год}$.

4. *Добова витрата повітря для аерації стічних вод в аеротенках* буде:

$$Q_{\text{пов}} = Q_{\text{заг}} \cdot q_{air}. \quad (5.23)$$

5. *Визначення кількості аераторів.*

Фільтросні пластини. При застосуванні як аераторів фільтросних пластин, необхідна кількість пластин може бути визначена, виходячи з

питомої витрати повітря 80 - 100 л/хв на стандартну пористу пластину розміром 30×30 см.

$$\text{Загальне число пластин} - n = \frac{Q_{air} \cdot 1\,000}{100 \cdot 60} \text{ шт.}$$

6. Підбор повітродувок.

Розрахунок повітродувок складається в підборі діаметрів, визначенні втрати напору в них і підборі повітродувок.

Повітроводи розраховують виходячи з найбільш економічно вигідної швидкості руху повітря: у розподільних і загальному повітроводах $V = 10-20$ м/с; у повітропідводящих стояках $V = 4-10$ м/с

Необхідний загальний напір при розподілі повітря фільтросами буде:

$$H = h_{тр} + h_m + h_{\phi} + h_a \text{ м,} \quad (5.24)$$

де $h_{тр}$ – втрати напору по довжині повітроводів від повітродувки до найбільш вилученого стояка – 0,2-0,4 м;

h_m – втрати напору на місцеві опори – 0,3-0,35 м;

h_{ϕ} – втрати напору у фільтросних пластинах – 0,5-0,8 м;

h_a – глибина занурення аератора (від поверхні води до фільтросів), м.

Тиск, що розвиває повітродувка:

$$\rho = 0,1 + 0,01 \cdot h_a \text{ МПа.} \quad (5.25)$$

На потреби станції приймають додатково 10 % від сумарної витрати повітря.

Розрахункова витрата повітря, м³/год:

$$\begin{aligned} Q_{air}^1 &= 1,1 \cdot Q_{air}; \\ Q_{air}^1 &= 1,1 \cdot 3824,941 = 4207,435 \end{aligned} \quad (5.26)$$

За табл. 17 підбираємо повітродувки, не менш двох.

Технічні характеристики турбоповітродувок

Марка	Об'єм засмоктуваного повітря, м ³ /год	Тиск нагнітання		Частота обертання, об/хв	Потужність електродвигуна, кВт
		ата	мПа		
ТВ-42-1,4	3600	1,4	0,14	2940	55
ТВ-50-1,6	3600	1,6	0,16	2940	100
ТВ-80-1,4	6000	1,42	0,142	2960	100
ТВ-80-1,6	6000	1,63	0,163	2970	160
ТВ-80-1,8	6000	1,77	0,177	2965	200
ТВ-175-1,6	10000	1,63	0,163	2970	320
ТВ-300-1,6	18000	1,6	0,16	2970	400

Приймаємо типовий проект повітродувної станції з маркою повітродувок – (2 робочі, 1 резервна).

Приймаємо: трубоповітродувки марки – ?

5.2. Вторинні відстійники

Вторинні відстійники призначені для розділення мулової суміші та ущільнення затриманого мулу, або для затримання біологічної плівки, що надходить зі стічною водою з біофільтрів.

Для мулорозділення застосовують горизонтальні, вертикальні і радіальні вторинні відстійники. Для невеликих очисних станцій – вертикальні відстійники; для середніх і більших – горизонтальні й радіальні. Усі типи вторинних відстійників, що влаштовують після аеротенків і біофільтрів, рекомендується розраховувати по гідравлічному навантаженню.

1. Гідравлічне навантаження для відстійників після аеротенків визначають за формулою:

$$q_{ssa} = \frac{4,5 \cdot K_{ss} \cdot H_{set}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_i \cdot a_i)^{0,5-0,01a_t}}, \quad (5.27)$$

де K_{ss} – коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання, для радіальних відстійників – 0,4;

H_{set} – глибина проточної частини відстійників, м (табл. 18);

J_i – муловий індекс, см³/г, приймаємо з розрахунку аеротенків по остаточному навантаженню на мул q_i ;

a_i – концентрація активного мулу в аеротенку, г/дм³, приймаємо з розрахунку аеротенків $a_i = 3$;

a_t – концентрація мулу в проясненій воді, ($a_t = 10 - 15$ мг/дм³);

H_{set} – глибина проточної частини відстійника, м, приймається для діаметра відстійника – ?;

При виконанні робіт бажано мати однотипні відстійники.

Таблиця 18

Геометричні розміри вторинних радіальних відстійників

Діаметр відстійника D_{ssa} , м	Гідравлічна глибина відстійника H , м	Глибина проточної частини відстійника H_{set} , м	Висота мулової зони, м	Діаметр трубопроводу		Об'єм зони, м ³		Типовий проект
				підвідного	відвідного	мулової	відстійної	
18	3,7	3,1	0,6	800	500	160	788	902-2-87/76
24	3,7	3,1	0,6	1200	700	280	1400	902-2-89/75
30	3,7	3,1	0,6	1400	900	440	2190	902-2-89/75
40	4,35	3,65	0,7	2000	1200	915	4580	902-2-90/75
50	5,3	4,6	0,7	2500	2000	1380	9020	902-2-90/75

2. Загальна площа дзеркала води для всіх типів вторинних відстійників після аеротенків дорівнює:

$$F_{ssa} = \frac{q_{maxh}}{q_{ssa}}, \text{ м}^2, \quad (5.28)$$

де $q_{max.h}$ – максимальна годинна витрата стічних вод.

3. Площа дзеркала води для одного відстійника становитиме:

$$f_{ssa} = \frac{F_{ss}}{n}, \text{ м}^3, \quad (5.29)$$

де n – число відстійників варто приймати не менше трьох, за умови, що всі відстійники є робочими.

4. Для радіальних і вертикальних відстійників діаметр дорівнює:

$$D_{ssa} = \sqrt{\frac{4 \cdot f_{ssa}}{\pi}}, \text{ м}. \quad (5.30)$$

Вологість мулу з II відстійників: 99,2 - 99,5 %.

5. Об'єм мулової камери.

Для II відстійників після аеротенків об'єм мулової камери передбачають рівним об'єму осаду, що випав, за період не більше 2 год, а для відстійників після біофільтрів не більше 2 діб [8].

Гідростатичний тиск при видаленні осадів з відстійників приймають не менш, кПа (м вод.ст.):

- первинних – 15 (1,5);
- вторинних – 12 (1,2) після біофільтрів і 9 (0,9) – після аеротенків.

5.3. Знезараження стічних вод

Хлорне господарство очисних споруджень повинне забезпечувати можливість збільшення розрахункової дози хлору в 1,5 рази без зміни місткості складів для реагентів.

1. Потрібну кількість активного хлору визначаємо по формулі (кг/год):

$$q_{Cl} = \frac{a \cdot q_{maxh}}{1000} \cdot 1,5, \quad (5.31)$$

де a – розрахункова доза активного хлору, приймають після повного біологічного очищення – 3 г/м³;

q_{maxh} – максимальна часова витрата стічних вод, м³/год.

2. По q_{Cl} , кг/ч, підбирають хлоратори (табл. П. 22). При числі робочих хлораторів < 2 передбачається 1 резервний, а при числі робочих хлораторів більше двох – 2 резервних.

Таблиця 19

Характеристика хлораторів

Марка хлоратора	Показники		
	Продуктивність, кг/год	Витрата води, м ³ /год	Напір перед ежектором, м
ЛОНИИ-СТО	0,2-20,5	0,14-14,3	30-40
ЛК-10М	0,04-0,85	3-5	17,5-50
ЛК-10С	0,85-5,5	3-5	17,5-50
ЛК-10Б	2,5-25	17-30	10-55
ЛК-10П	20-120	40-60	30-60
ЛК-11	0,5-5	3-5	17,5-50
ЛК-12	2,5-50	30-35	18-60

Типову хлораторну зі складом хлору можна підібрати за табл. 20.

Таблиця 20

**Основні дані типових хлораторних, що працюють
на газоподібному хлорі**

Типовий проект	Продуктивність, кг/год	Подача хлоратора, кг/год	К-сть хлораторів	Місткість складу хлору, т	Розміри хлораторної, АхВ, м
901-3-64	1	0,2-1,3	2	-	9х6
901-7-4,84	2	0,4-2,5	2	1,1	12х6
901-7-5,84	5	1,3-8,0	2	3,6	12х12
901-7-6,84	12,5	12,8	2	8,0	18х12
901-3-121	25	12,8	3	12,0	30х12
901-7-15,85	50	-	4	36,0	36х12

3. *Визначають кількість ємностей для зберігання хлору.*

Для зберігання хлору застосовуються балони $W = 40$ л при $q_{cl} < 2$ кг/год, або контейнери $W = 800$ л.

На складі хлору має бути передбачений 30-добовий запас хлору, тому кількість ємностей визначається за формулою:

$$n = \frac{q_{cl} \cdot 24 \cdot 30}{W \cdot \gamma_{cl}}, \text{ шт,} \quad (5.32)$$

де γ_{cl} – об'ємна вага хлору = 1400 кг/м³.

4. *Змішувачі.*

Для змішання стічної води з хлором можуть бути застосовані змішувачі будь-якого типу, установлені перед контактними резервуарами.

За добової витрати стічних вод до 1400 м³/доб. застосовують йоржеві змішувачі, для більших витрат – змішувачі типу «лоток Паршалья».

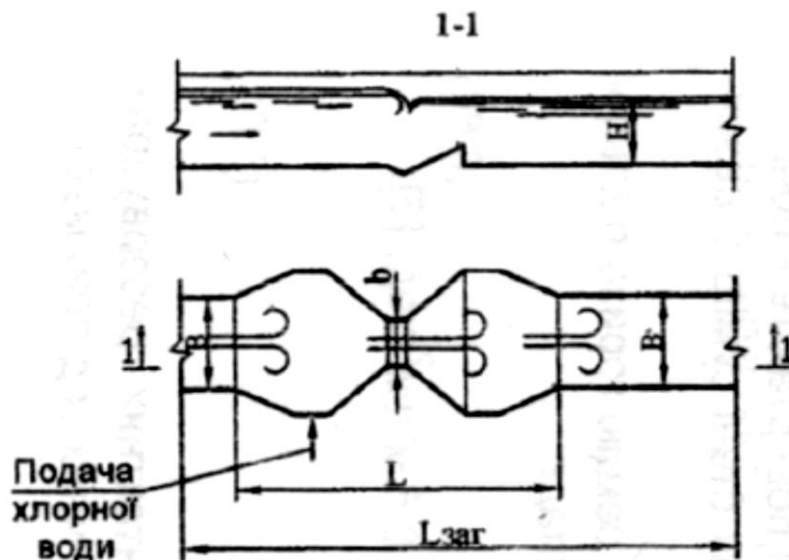


Рис. 5.6. Лоток Паршалья

Таблиця 21

**Основні характеристики змішувача типу «лоток Паршалья»
(ТП 902-2-98)**

Пропускна здатність, тис. м ³ /доб.	Ширина, мм		Довжина, м		Втрати напору, м
	Горловини, <i>b</i>	Підводного лотка, <i>B</i>	Загальна змішувача, <i>L</i> _{заг}	Лотка, <i>L</i>	
1,4-4,2	230	300	7,17	5,85	0,1
4,2-7	230	450	9,47	5,85	0,14
7-32	500	600	13,63	6,1	0,2
32-80	1000	900	13,97	6,6	0,26
80-160	1000	1200	14,97	6,6	0,34
160-280	1500	1500	15,3	7,1	0,35

5. Контактні резервуари.

Контактні резервуари проектують як первинні відстійники без скребків (вертикальні й горизонтальні).

Вертикальні відстійники використовують на середніх і малих очисних станціях.

Приймаємо горизонтальні контактні резервуари (табл. 22):

Основні розміри типових контактних резервуарів

Типовий проект	Продуктивність		К-сть секцій	Ширина секції, м	Довжина секції, м	Робоча глибина, м
	тис. м ³ /доб.	тис. м ³ /год				
902-3-71.87	2,7		2	3	6	2,9
	4,2		2	3	9	2,9
	7		2	3	15	2,9
902-3-12	10		2	6	9	3,1
	17		2	6	15	3,1
	25		2	6	18	3,1
902-3-21	35		3	6	18	3,2
	50		3	6	24	3,2
	70		3	6	30	3,2
902-3-22	50		4	6	18	3,2
	70		4	6	24	3,2
	100		4	6	33	3,2
902-2-333		2,1-4,2	3	9	24-48	3,3
902-2-334		5,6-11,2	4	9	24-48	3,3
902-2-335		12,0-16,8	6	9	36-48	3,3

Ємність контактних резервуарів:

$$W_k = q_{maxh} \cdot T_k, \text{ м}^3, \quad (5.33)$$

де T_k – тривалість контакту стічних вод з хлором, приймаємо 0,5 год.

Площа дзеркала води відстійника:

$$F_k = \frac{W_k}{n \cdot H}, \text{ м}^2, \quad (5.34)$$

де n – число контактних резервуарів; $n \geq 2$ шт.;

H – глибина проточної частини відстійника, (робоча глибина) м.

Для горизонтальних відстійників, довжина секції:

$$L_k = \frac{F_k}{B_k}, \text{ м}. \quad (5.35)$$

Приймаємо горизонтальні контактні резервуари (табл. 22):

- кількість секцій n – ;

- ширина $B_k =$ м;

- робоча глибина $h =$ м.

Визначається кількість стисненого повітря, яке подається в горизонтальні контактні резервуари при видаленні осаду по формулі:

$$\begin{aligned} Q_{air} &= I_a^k \cdot F_k \cdot n, \text{ м}^3/\text{ГОД}; \\ Q_{air} &= 0,5 \cdot 272,1 \cdot 3 = 408,2, \end{aligned} \quad (5.36)$$

де I_a – інтенсивність барботажа, приймають рівною $0,5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{ГОД})$.

Кількість осаду становитиме:

$$W_{oc} = \frac{q_0 \cdot Q_d}{1000}, \text{ м}^3/\text{ДОБ.}, \quad (5.37)$$

де q_0 – кількість осаду, що випадає в контактних резервуарах, л/($\text{м}^3 \cdot \text{ДОБ}$), після повного біологічного очищення стічних вод приймається $0,5 \text{ л}/(\text{м}^3 \cdot \text{ДОБ})$ при вологості 98 %.

Муловий приямок розраховують на дводобовий об'єм осаду.

5.4. Випуски стічних вод у водойму

Для спуску очищених стічних вод у водойму застосовують два типи випусків: берегові й руслові. Берегові випуски підрозділяються на затоплені й незатоплені.

Для затоплених берегових випусків улаштовуються берегові колодязі з виходом стічних вод під рівень у водоймі.

Незатоплені берегові випуски відповідно до положень гідравліки розглядаються як сполука потоків під різними кутами злиття. Застосовуються берегові випуски тільки для спуску стоків з концентраціями забруднень, що не впливають на санітарний стан водойм.

Руслові випуски розташовуються на певній відстані від берега. Ці випуски підрозділяються на зосереджені, розсіювальні і ежекторні.

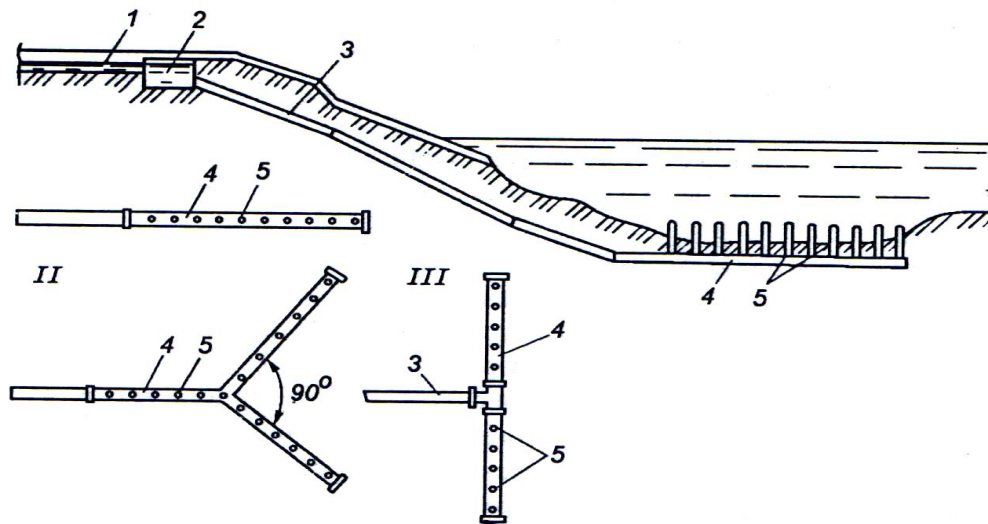


Рис. 5.7. Схема руслового розсіювального випуску: 1 – підвідний трубопровід; 2 – береговий колодязь; 3 – берегової трубопровід; 4 – розсіювальна частина; 5 – випускні оголовки

Вибір конструкції руслового випуску залежить від санітарних вимог до розведення стічних вод у водоймі, від гідравлічної структури потоку, морфології русла й від геодезичної оцінки рівнів води в береговому колодязі й річці.

Діаметр трубопроводу випуску розраховується по таблицях [10] на максимальну витрату стічних вод, з урахуванням коефіцієнта 1,4, згідно з п. 6.14 [8]. Найменша швидкість випуску у частині, що підводить, повинна бути не менш 0,7 м/с.

Загальні втрати на випуску складаються із втрат по довжині (h_l) і втрат на місцеві опори. Втрати на місцеві опори приймаються 0,5 м.

6. СПОРУДИ ДЛЯ ОБРОБКИ ОСАДІВ СТІЧНИХ ВОД

6.1. Встановлення об'єму осадів

У процесі обробки міських стічних вод на очисних станціях водовідведення утворюються осадки наступних типів:

1. Великі покидьки, які затримані на решітках (розрахунок решіток):
- за рік:

$$W_{\text{відх}}^{\text{рік}} = \frac{8 \cdot N_{\text{priv}}^{\text{ЗВ}}}{1000}; \quad (6.1)$$

- за добу:

$$W_{\text{Відх}}^{\text{доб}} = \frac{W_{\text{Відх}}^{\text{рік}}}{365}. \quad (6.2)$$

2. Пісок (і йому подібні важкі мінеральні домішки), що осідає в піскоуловлювачах:

$$W_s = \frac{0,03 \cdot N_{\text{priv}}}{1000}, \text{ (м}^3\text{/добу)}. \quad (6.3)$$

3. Сирий осад, затримуваний у первинних відстійниках:

$$W_{\text{mud}} = Q_{\text{mud}} = \frac{Q(C_{\text{ен1}} - 150)}{(100 - P_{\text{mud}}) \gamma_{\text{mud}} \cdot 10^4}. \quad (6.4)$$

Кількість сирого осаду по сухій речовині, т/доб. Буде (первинні відстійники):

Гігроскопічна вологість $P_g = 5-6\%$, і зольності $S_{\text{mid}} = 25 - 27\%$

Кількість осаду по абсолютно сухій беззольній речовині за добу при гігроскопічній вологості 6% і зольності 27% буде:

$$M_{\text{mud}}^s = \frac{M_{\text{mud}} \cdot (100 - P_g) \cdot (100 - S_{\text{mid}})}{10^4}. \quad (6.5)$$

4. Надлишковий активний мул або біологічна плівка, затримувані у вторинних відстійниках.

Кількість сирого осаду по сухій речовині:

$$M_{\text{mud.a}} = \frac{P_i \cdot Q_d}{10^6}, \quad (6.6)$$

де Q_d – добова витрата стічних вод, м³/доб.;

P_i – приріст активного мулу:

$$P_i = 0,8 \cdot C_{\text{cdp}} + K_g \cdot L_{\text{ен}}, \text{ Г/м}^3, \quad (6.7)$$

де C_{cdp} – концентрація завислих речовин, що надходять в аеротенк, 150 мг/дм³;

L'_{en} – БСК_{повн}, що надходить в аеротенк стічної води (з урахуванням зниження БСК при первинному відстоюванні) $L_{ocb} = 176,16$;

K_g – коефіцієнт приросту: 0,3.

Об'єм мулу:

$$W_{mud.a} = \frac{M_{mud.a} \cdot 100}{(100 - P_{mud.a}) \cdot \rho_{mud.a}}, \quad (6.8)$$

де $P_{mud.a}$ – вологість надлишкового активного мулу приймається рівною = 99,5 %

$\rho_{mud.a}$ – густина активного мулу – 1,03 т/м³.

Об'єм ущільненого надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$W_u = \frac{M_{mud.a} \cdot 100}{100 - P_{ex}}, \quad (6.9)$$

де P_{ex} – вологість мулу після ущільнення, 97,3 %.

Кількість надлишкового активного мулу по абсолютно сухій беззольній речовині буде:

$$M_{mud.a}^s = \frac{M_{mud.a} \cdot (100 - P_g) \cdot (100 - S_{mid})}{10^4}. \quad (6.10)$$

Гігроскопічна вологість $P_g = 5-6$ %, і зольності $S_{mid} = 25-27$ %.

Кількість суміші по сухій речовині, визначається (сума сирого осаду і активного мулу):

$$M_{tot} = M_{mud} + M_{a.mud}, \quad (6.11)$$

а по абсолютно сухій беззольній речовині:

$$M_{tot}^s = M_{mud}^s + M_{a.mud}^s. \quad (6.12)$$

Об'єм осаду:

$$W_{tot} = W_{mud} + W_u. \quad (6.13)$$

Середня вологість суміші:

$$P_{mix} = 100 \cdot \left(1 - \frac{M_{tot}}{W_{tot}}\right). \quad (6.14)$$

Зольність суміші:

$$S_{tot} = \left(1 - \frac{M_{tot}^s}{M_{mud} \cdot \frac{(100-P_g)}{100} + M_{a.mud} \cdot \frac{(100-P_g)}{100}}\right) \cdot 100, \%. \quad (6.15)$$

5. Об'єм осаду, що утворюється у контактних резервуарах:

$$W_{OC} = \frac{q_0 \cdot Q_d}{1000}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (6.16)$$

Усі осади мають бути піддані спеціальній обробці. Ціль обробки полягає в необхідності знезаражування і використання їх у народному господарстві як добриво.

Вибір методів стабілізації (аеробна або анаеробна), зневоднювання і знезаражування осадів повинно визначатися місцевими умовами (кліматичними, гідрогеологічними, містобудівними, агротехнічними та ін.), його фізико-хімічними й теплофізичними характеристиками, здатністю до водовіддачі.

«Класичним» методом обробки осадів вважається анаеробне зброджування їх у метантенках.

Зневоднювання осадів в основному здійснюється двома шляхами:

- на мулових майданчиках;
- на апаратах механічного зневоднювання (вакуум-фільтри, центрифуги, фільтр-преси).

Надлишковий активний мул перед подачею в метантенки піддається ущільненню в мулозгущувачі.

Сирий осад з первинних відстійників і ущільнений надлишковий активний мул подають безпосередньо в метантенк.

Унаслідок зброджування осадів у метантенках утворюється газ. Для акумулювання газу потрібно проектувати газгольдери.

6.2. Ущільнення осадів

Приймаємо радіальні мулозгущувачі.

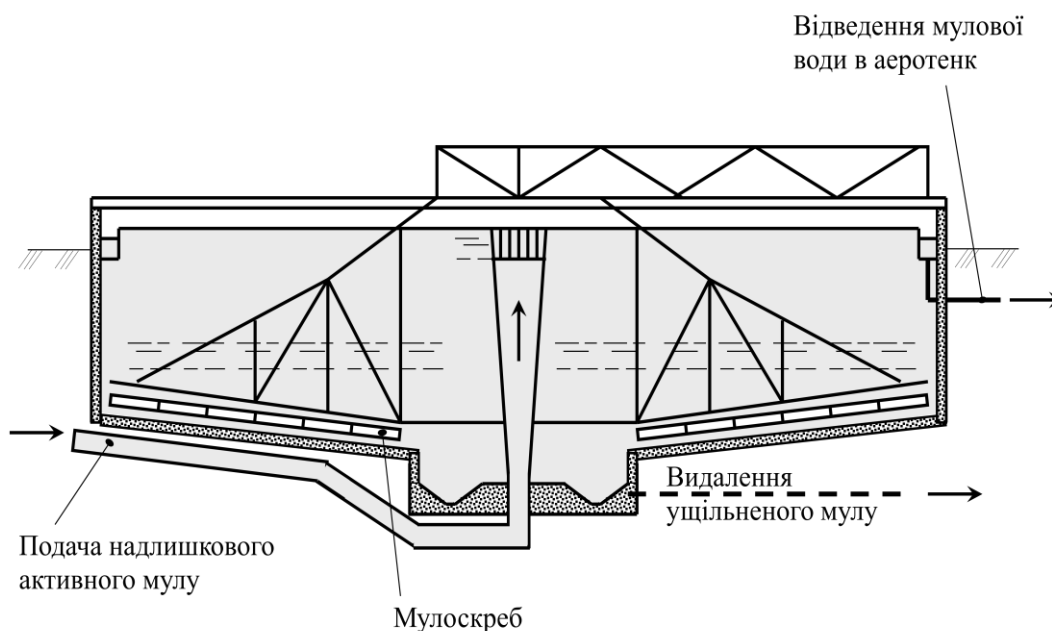


Рис. 6.1. Схема мулозгущувача

1. Розрахунок мулозгущувачів виконують на максимальну годинну подачу активного мулу:

$$Q_{\text{mul.a}} = \frac{P_{\text{max}} \cdot q_{\text{max.h}}}{C \cdot 10^3}, \quad (6.17)$$

де $q_{\text{max.h}}$ – максимальна годинна витрата стічних вод;

C – концентрація надлишкового активного мулу, що ущільнюється – приймається рівною дозі мулу в регенераторі аеротенка a_r ;

P_{max} – максимальний приріст надлишкового активного мулу, г/м^3 :

$$P_{\text{max}} = K_M \cdot (P_i - a_t), \quad (6.18)$$

де K_M – коефіцієнт місячної нерівномірності приросту мулу, - 1,15+1,3;

P_i – приріст активного мулу;

a_t – концентрація активного мулу, що виноситься з вторинних відстійників у водойму – 10-15 мг/дм^3 (вторинні відстійники).

2. Корисна площа поперечного перерізу радіального мулозгущувача:

$$F_{\text{пол}} = \frac{Q_{\text{mul.a}}}{q_0}, \quad (6.19)$$

де q_0 – розрахункове навантаження на площу дзеркала ущільнювача.

Приймається залежно від концентрації активного мулу, що надходить на ущільнення:

- при $C = 2 \div 3$ г/л - $q_0 = 0,5$ м³/(м²·ч);
- при $C = 5 \div 8$ г/л - $q_0 = 0,3$ м³/(м²·ч).

3. Діаметр одного мулоущільнювача визначаємо за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{\text{пол}}}{\pi \cdot n}} \quad (6.20)$$

Приймаємо $n = 2$ радіальні мулоущільнювачі діаметрами (18, 24, або 30 м).

4. Висота робочої зони мулоущільнювача за формулою:

$$\begin{aligned} h &= q_0 \cdot T_{\text{ущ}}; \\ h &= 0,3 \cdot 11 = 3,3, \end{aligned} \quad (6.21)$$

де $T_{\text{ущ}}$ – тривалість ущільнення, ч. Для радіальних мулоущільнювачів = 9 - 11 год.

5. Загальна висота мулоущільнювача:

$$H = h + h_{\text{зал}} + h_{\text{б}}, \quad (6.22)$$

де $h_{\text{зал}}$ – висота зони залягання мулу, м. Приймається рівній 0,3 м при мулоскребі і 0,7 м при мулососі;

$h_{\text{б}}$ – висота від рівня води до борта споруди, приймаємо 0,3 м.

6. Максимальний витрата рідини, що відділяється в процесі ущільнення за формулою:

$$Q = Q_{\text{mud.a}} \cdot \frac{P_{\text{mud.a}} - P_{\text{ex}}}{100 - P_{\text{ex}}}, \quad (6.23)$$

де $P_{\text{mud.a}}$ – вологість мулу, що надходить (розрахунок об'єму мулу).
 P_{ex} – ущільненого мулу – 97,3 %.

7. Об'єм мулової частини мулоуцільнювачів:

$$V = Q_{mud.a} \cdot \frac{100 - P_{mud.a}}{100 - P_{ex}} \cdot \frac{t_{mul}}{n}, \quad (6.24)$$

де t_{mul} – тривалість перебування мулу в мулової частини при вивантаженні його 1 раз в зміну, приймаємо = 8 год.

6.3. Метантенки

Метантенки застосовуються для анаеробного зброджування осадів міських стічних вод з метою стабілізації, ущільнення й отримання метанотворювального газу бродіння. При цьому враховується склад осадів, наявність речовин, що гальмують процесі зброджування і впливають на вихід газу.

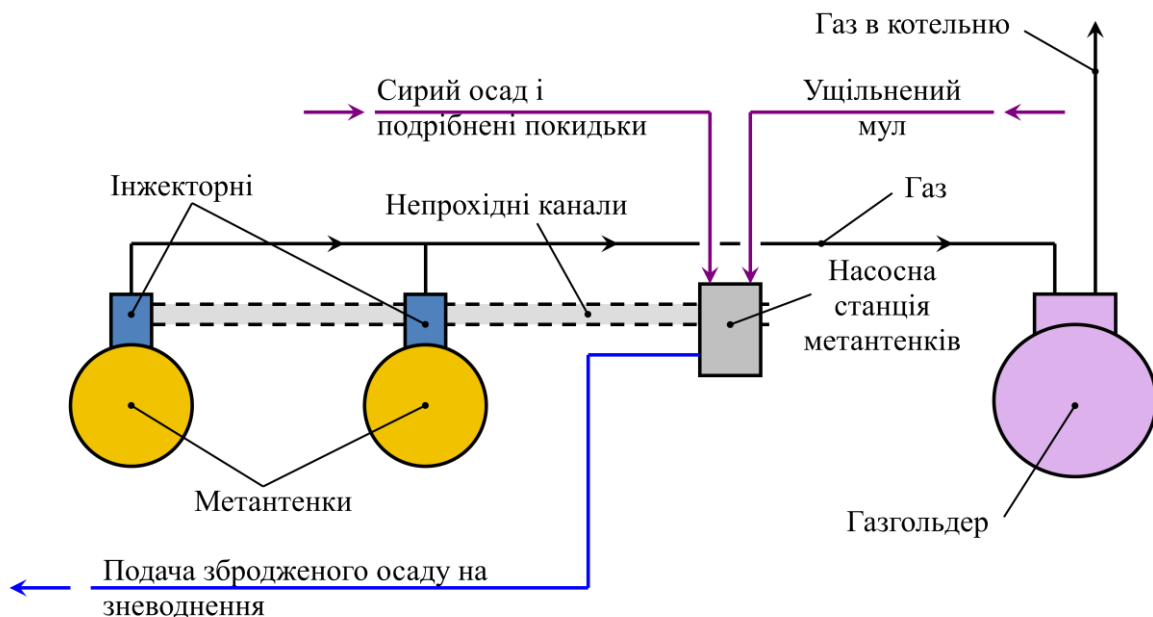


Рис. 6.2. Схема підключення метантенків

Приймається термофільний режим зброджування, за якого повністю знищуються яйця гельмінтів, які знаходяться в осаді. Температура зброджування – 53 °С.

Добова доза завантаження осаду в метантенк за вологості осаду 97,3 % буде $D_{mt} = 19 \%$.

Таблиця 23

Режим збродження	Добова доза завантажуваного в метантенк осаду D_{mt} % за вологості осаду P_{mix} %				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	7	8	8	9	10
Термофільний	14	16	17	18	19

1. Необхідна місткість метантенків буде:

$$W_{mt} = \frac{W_{tot} \cdot 100}{D_{mt}}, \quad (6.25)$$

де W_{tot} – об'єм осаду, що надходить в метантенк.

2. Об'єм одного метантенка:

$$W'_{mt} = \frac{W_{mt}}{n}, \quad (6.26)$$

де n – кількість метантенків, має бути не менше двох (усі робочі).

Приймаємо найближчий типовий проект метантенків по табл. 24.

Таблиця 24

Геометричні розміри метантенків

Номер типового проекту	Діаметр, м	Корисний об'єм резервуара, m^3	Висота, м		
			верхнього конуса	циліндричної частини	нижнього конуса
ТП 902-5-15.86	11	1100	2,1	9,0	2,0
ТП 902-5-16.86	15	2500	1,9	12,5	2,8
ТП 902-5-17.86	19	5000	1,9	14,9	4,2
ТП 902-5-18.86	23	9000	4,5	17,9	5,6

Номер типового проекту:

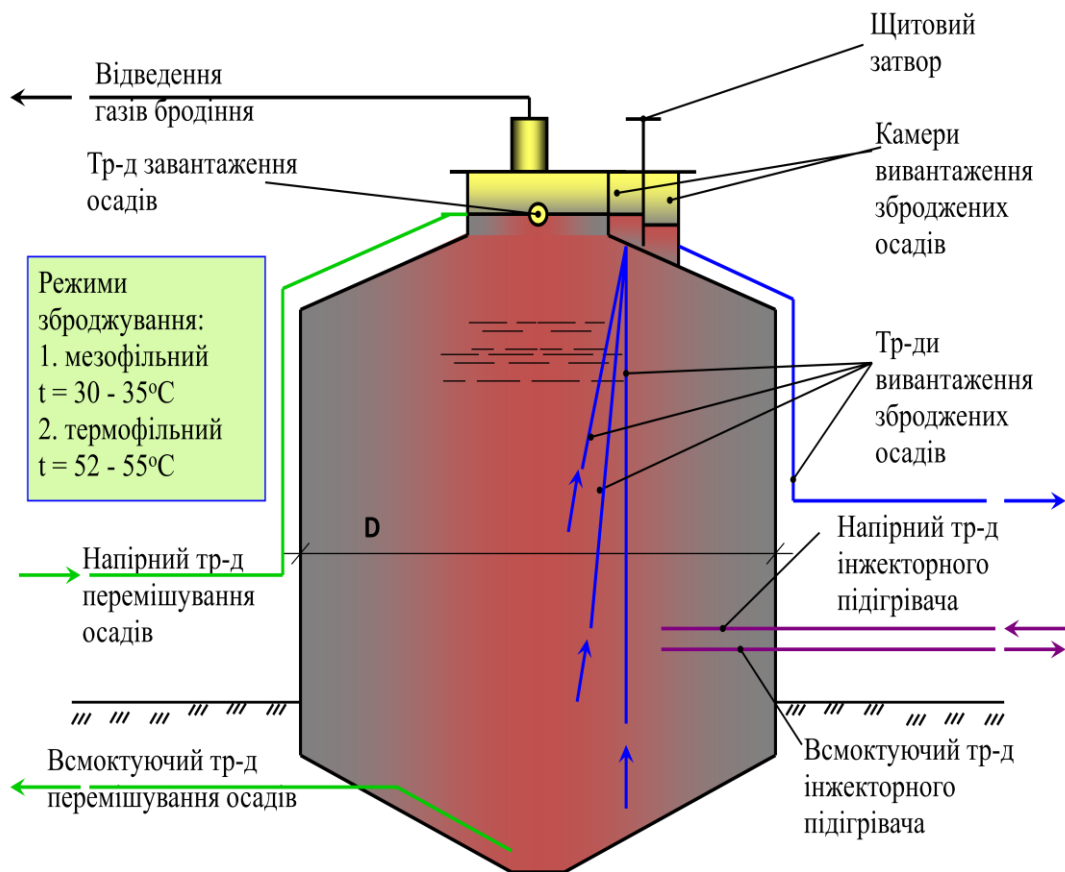


Рис. 6.3. Схема метантенка

3. Фактична доза завантаження:

$$D_{mtf} = \frac{W_{mt} \cdot D_{mt}}{W_{mtf} \cdot n}. \quad (6.27)$$

4. Максимально можливе зброджування беззольної речовини осаду, що завантажується визначається за формулою:

$$R_{lim} = (0,92 \cdot C_{fat} + 0,62 \cdot C_{gl} + 0,34 \cdot C_{prt}) \cdot 100. \quad (6.28)$$

За відсутності даних про хімічний склад осаду величину R_{lit} допускається приймати:

- для осадів з первинних відстійників – 53 %;
- для надлишкового активного мулу – 44 %;
- для суміші осаду з активним мулом – по середньоарифметичному співвідношенню компонентів, що змішуються по беззольній речовині:

$$R_{lim} = \frac{R_{lim} \cdot M_{mud}^S + R_{lim.mud.a} \cdot M_{mud.a}^S}{M_{tot}^S}. \quad (6.29)$$

5. Розпад беззольної речовини R_r осаду, що завантажується залежно від дози завантаження визначається за формулою:

$$R_r = R_{lim} - K_r \cdot D_{mt}, \quad (6.30)$$

де D_{mt} – фактична доза завантаження;

K_r – коефіцієнт, що залежить від вологості осаду, який приймаємо за табл. 25:

Таблиця 25

Режим збродження	Значення коефіцієнта K_r за вологості завантажуваного осаду, %				
	93	94	95	96	97
Мезофільний	1,05	0,89	0,72	0,56	0,40
Термофільний	0,455	0,385	0,31	0,24	0,17

6. Добова кількість газу, одержуваного при збродженні, визначається за формулою:

$$Q_r = \frac{R_r \cdot M_{tot}^S \cdot 1000}{100 \cdot \rho}, \quad (6.31)$$

де ρ – густина газу = 1 кг/м³.

7. Вага осаду по сухій речовині після збродження за формулою:

$$M_{SB} = M_{tot} \cdot \left(1 - \frac{\left(1 - \frac{S_{tot}}{100} \right)}{100} \right), \quad (6.32)$$

де S_{tot} – зольність суміші.

8. Об'єм осаду в процесі збродження практично не змінюється, тому об'єм зброженого осаду дорівнює об'єму осаду, що надходить у метантенки:

$$W_{SB} = W_{tot} = .$$

9. Вологість збродженого осаду за формулою:

$$P_{SB} = 100 \cdot \left(1 - \frac{M_{SB}}{W_{SB}}\right). \quad (6.33)$$

6.4. Газгольдери

1. Ємність газгольдерів визначаємо за формулою:

$$W_{rr} = \frac{Q_r \cdot \tau}{24}, \quad (6.34)$$

де τ – час виходу газу; $\tau = 2 - 4$ год (3,5 год).

Приймаємо типовий газгольдер по табл. 26.

Таблиця 26

Номер типового проекту	Об'єм, м ³	Внутрішній діаметр, м		Висота, м		
		резервуара	колокола	газгольдера	резервуара	колокола
ТП 7-07-01/66	100	7,4	6,6	7,45	3,45	3,4
ТП 7-07-02/66	300	9,3	8,5	12,5	5,92	6,88
ТП 7-07-03/66	600	11,48	10,68	15,4	7,39	7,61
ТП 707-2-5	1000	14,5	13,7	15,4	7,39	7,61
ТП 707-2-6	3000	21,05	20,25	20,1	9,8	9,9
ТП 707-2-7	6000	26,9	26,1	24,2	11,75	12,05

Номер типового проекту:

6.5. Механічне зневоднення забродженого осаду

Механічне зневоднення осадів застосовується за недостатньої площі або в разі необхідності подальшої утилізації осадів. Для механічного зневоднення осаду можуть бути застосовані вакуум-фільтрування, центрифугування і фільтр-пресування.

Застосовуємо для зневоднення вакуум-фільтри.

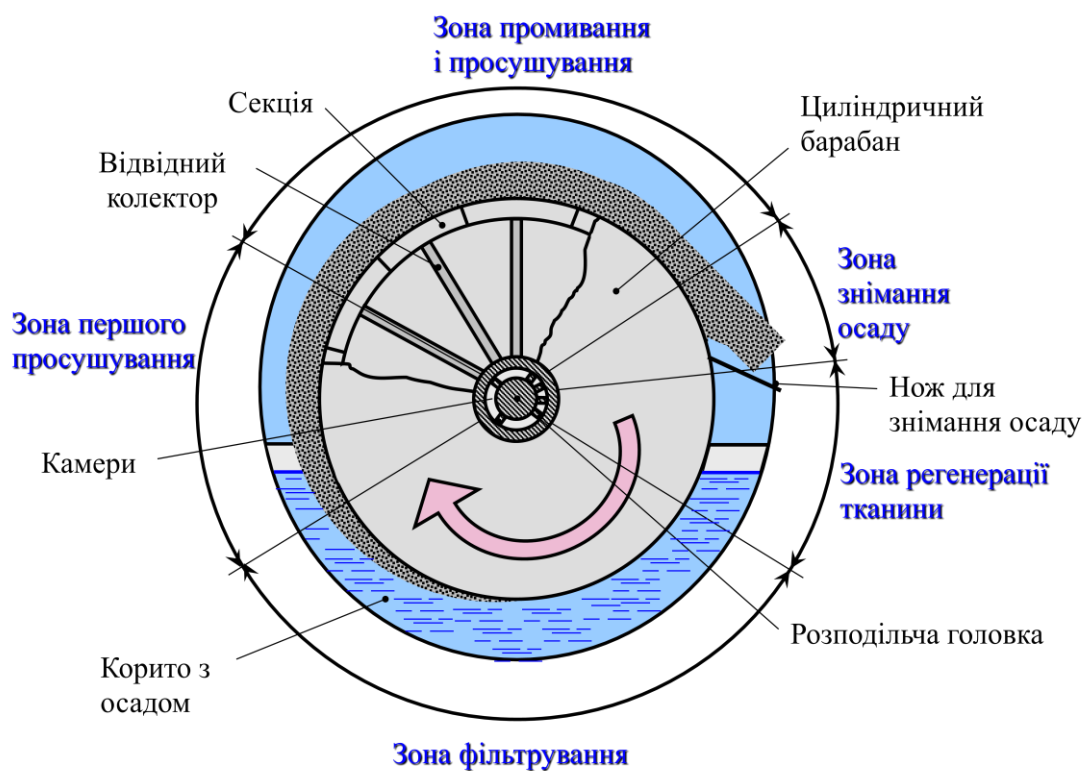


Рис. 6.4. Барабанний вакуум-фільтр

Розрахунок барабанних вакуум-фільтрів:

1. Необхідна площа фільтрації буде:

$$F_f = \frac{M_{tot}}{P_f \cdot n \cdot t}, \quad (6.35)$$

де M_{tot} – загальна кількість осаду по сухій речовині, кг/доб.;

t – тривалість зміни: 8 год;

n – кількість змін роботи фільтра: 2 зміни;

P_f – продуктивність фільтра 17...22 кг/год·м², приймається: 20.

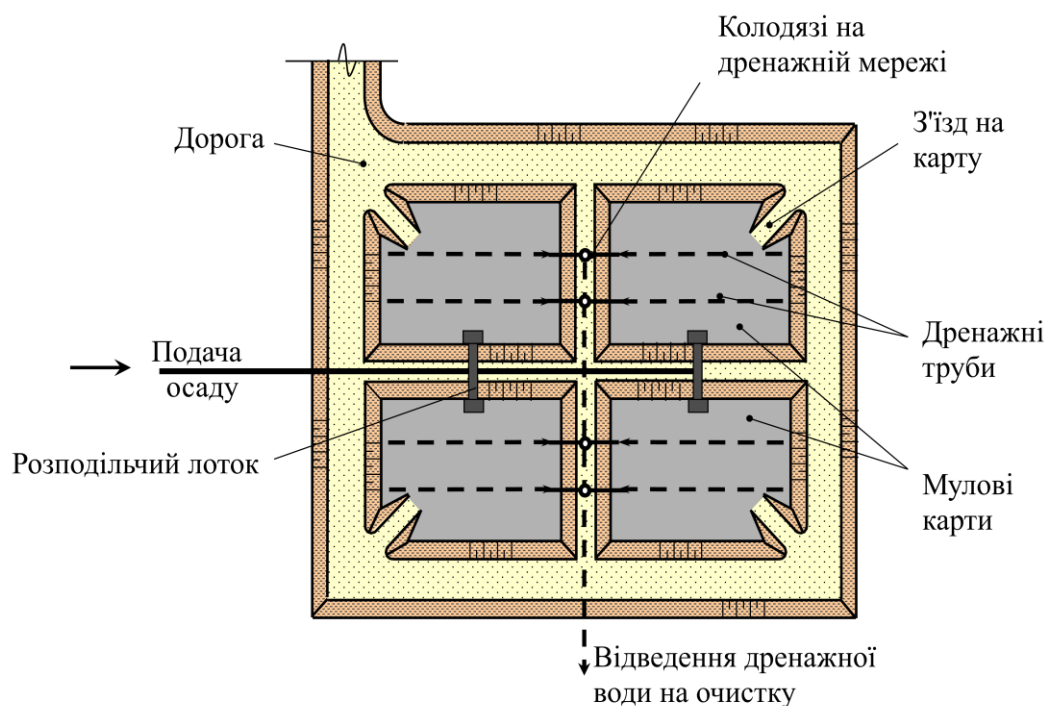
Приймається 2 робочих вакуум-фільтри і 1 резервний
 _____ з поверхнею фільтрування _____ м² кожний.

Технічна характеристика барабанних вакуум-фільтрів

Показники	Марка вакуум-фільтра			
	БОУ-5-1,75	БОУ-10-2,6	БОУ-20-2,6	БОУ-40-3,4
Площа поверхні фільтрування, м ²	5	10	20	40
Діаметр барабана, мм	1762	2612	2612	3000
Частота обертання барабана, об/хв	0,13-2	0,13-2	0,13-2	0,436-1,178
Потужність електропривода, кВт	1,1	2,2	3	3,4-4,1
Габаритні розміри, мм	2680×2410×2650	3420×3320×3415	4750×3230×3830	6660×4300×3640

6.6. Зневоднення осадів у природних умовах

На станції очистки стічних вод з механічним зневодненням осаду передбачаються аварійні мулові майданчики на 20 % річної кількості осаду.



Об'єм суміші сирого осаду і надлишкового активного мулу з фактичною вологістю $P_{\text{mix}} - P_{\text{SB}}$ становить: W_{tot} .

Таким чином, на аварійні мулові майданчики може надходити:

$$W_{ав.мул} = 0,2 \cdot W_{tot}. \quad (6.36)$$

Корисна площа мулових майданчиків m^2 , буде визначатись за формулою:

$$F = \frac{W_{ав.мул} \cdot 365}{h \cdot K}, \quad (6.37)$$

де навантаження, h , осаду m^3 на m^2 майданчика за рік – $1,5 m^3$;

$K = 0,8 - 1$ – коефіцієнт, що враховує частину площі, що відводиться під зимове намерзання.

Приймаючи площу однієї карти $600 m^2 = 20 \times 30 m$, кількість карт буде:

$$n = \frac{F}{600} \approx \quad (6.38)$$

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Василенко О.А. Водовідведення та очистка стічних вод міста: навчальний посібник / О.А. Василенко, С.М. Епоян та ін. – Київ-Харків, 2012. – 538 с.
2. Каналізація зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5-75:2013. – Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 96 с. (Чинний від 1 січня 2014 року).
3. Хоружий В.П. Водоснабжение и водоотведение населенных пунктов: учебное пособие / В.П. Хоружий, М.В. Драпалюк. – Одесса: ОГАСА, 2016. – 298 с.
4. Запольський А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: навчальний посібник. – К.: Вища школа, 2005. – 671 с.
5. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: навчальний посібник. – К.: Кондор, 2003. – 288 с.
6. Василенко А.А. Водоотведение. Курсовое проектирование: навчальний посібник. – К: Вища школа, 1988. – 256 с.
7. Правила охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами: Постанова Кабінету міністрів України № 495 від 25 березня 1999 р. – 5.

Вихідні дані до курсового проекту (за варіантами)

Параметри	№ варіантів відповідно до порядкового номера в списку групи														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
Q_I , тис. м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат I району (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_{II} , тис. м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат II району (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
n_{w1} , л/ос. доб.	260	380	245	240	220	210	205	225	180	165	180	250	200	190	210
n_{w2} , л/ос. доб.	175	240	190	200	260	270	240	190	230	230	200	180	165	200	180
Q_1 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат I підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_2 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат II підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_3 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат III підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
C_1 , г/м ³	150	510	180	480	310	250	300	255	150	160	375	450	165	180	350
C_2 , г/м ³	320	240	280	350	180	460	420	450	320	410	255	335	180	165	420
C_3 , г/м ³	420	165	420	330	430	350	220	175	420	310	310	275	550	450	220
L_1 , г/м ³	340	530	260	460	220	410	420	230	160	400	255	410	170	160	220
L_2 , г/м ³	350	260	280	370	350	500	410	415	250	360	610	195	240	310	450
L_3 , г/м ³	430	185	530	180	410	180	230	340	440	280	355	330	370	240	550

Параметри	№ варіантів відповідно до порядкового номера в списку групи														
	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
Q_I , тис. м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат I району (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_{II} , тис. м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат II району (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
n_{w1} , л/ос .доб.	165	165	175	175	210	190	310	210	185	300	350	240	230	185	210
n_{w2} , л/ос. доб.	215	185	200	210	190	170	280	190	205	230	240	210	195	200	160
Q_1 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат I підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_2 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат II підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
Q_3 , м ³ /доб.	Приймається за розрахунками добових витрат III підприємства (з курсового проекту «Мережі водовідведення»)														
C_1 , г/м ³	230	320	480	115	470	280	175	330	475	310	370	310	265	155	170
C_2 , г/м ³	510	300	360	225	175	160	430	280	370	560	165	425	455	325	415
C_3 , г/м ³	255	430	250	465	310	430	370	520	260	200	225	255	255	480	325
L_1 , г/м ³	280	350	440	405	580	330	410	415	405	250	450	425	230	165	405
L_2 , г/м ³	450	470	310	195	245	240	250	320	510	210	170	415	420	255	365
L_3 , г/м ³	420	220	450	175	475	410	180	170	420	335	600	235	345	445	285

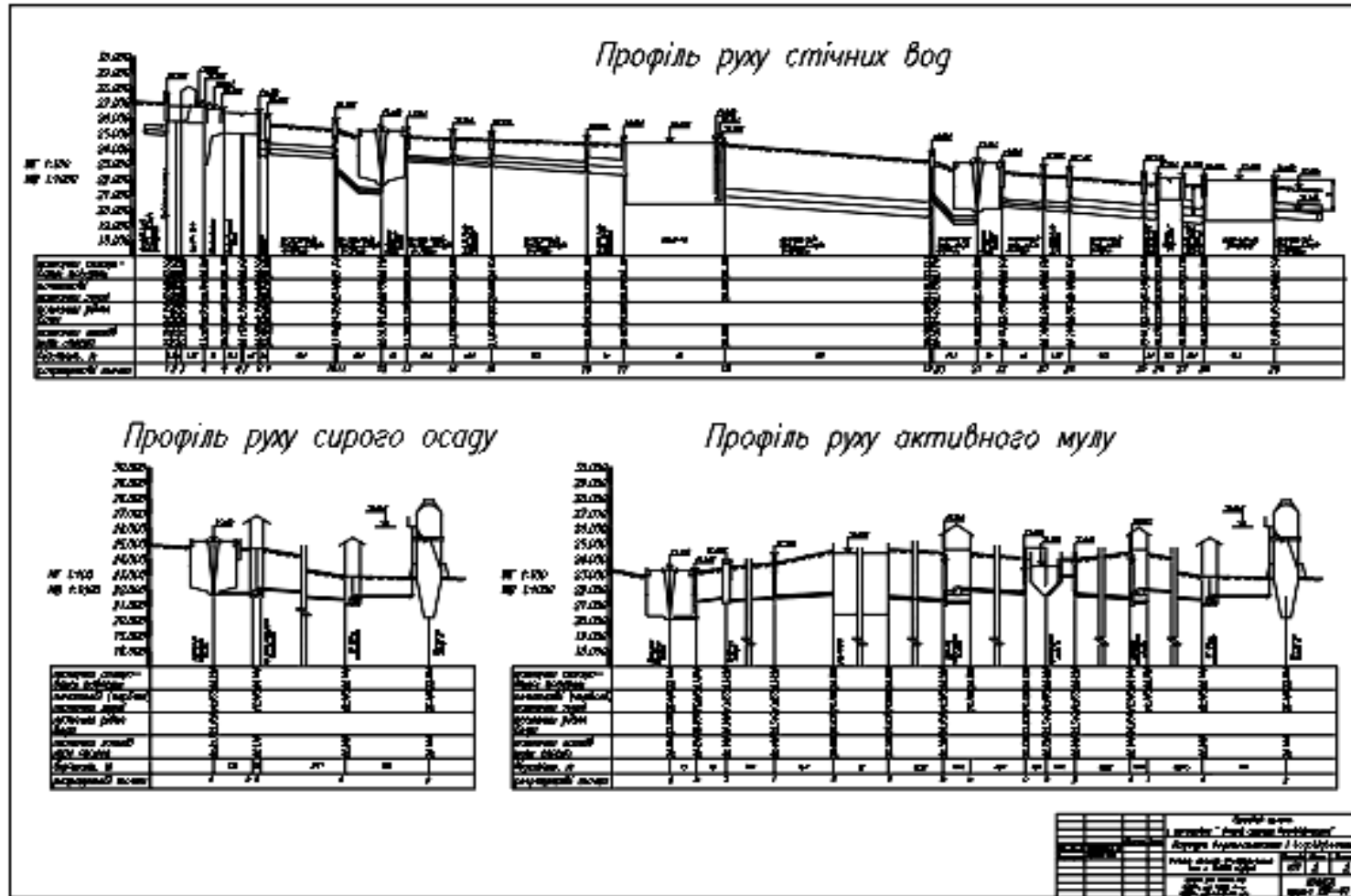


Рис. 2. Приклад оформлення другого листа курсового проекту

Для нотаток

Навчально-методичне видання

ОЧИСНІ СПОРУДИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

Методичні вказівки
до виконання курсового проєкту
з дисципліни «Очисні споруди водовідведення»
для бакалаврів спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія»
спеціалізації «Водопостачання та водовідведення»
денної та заочної форм навчання

Укладач **ХОРУЖИЙ** Віктор Петрович

Випусковий редактор *В.С. Сасько*
Комп'ютерне верстання *Д.М. Ніколаєвич*

Підписано до друку 28.08.2023. Формат 60x84_{1/16}
Ум. друк. арк. 3,95. Обл.-вид. арк. 4,25.
Електронний документ. Вид. № 65/III-23

Видавець і виготовлювач:
Київський національний університет будівництва і архітектури
Повітрофлотський проспект, 31, Київ, Україна, 03037

Свідоцтво про внесення до Державного реєстру суб'єктів
видавничої справи ДК № 808 від 13.02.2002 р.