

Міністерство освіти і науки, молоді та спорту України
Одеська державна академія будівництва і архітектури

Кафедра водовідведення та гідравліки



Методичні вказівки

з дисципліни:

“Інтенсифікація споруд водовідведення”

до виконання курсового проекту

Частина 1.

Інтенсифікація споруд механічного очищення стічних вод
для студентів напрямів 6.060103 "Гідротехніка (водні ресурси)"
та 6.060101 "Будівництво"
форма навчання – денна і заочна

Одеса – 2012

“Затверджено”
Вченою Радою Інституту
Інженерно-екологічних систем
Протокол № __ від __.06.2012

Укладачі: к.х.н., доцент Небеснова Т.В.
к.т.н., доцент Фесік Л.О.

Рецензенти:

к.т.н., доцент Голубова Д.О., доцент кафедри “Кондиціонування повітря і механіки рідини”;

Мошогло В.С., головний інженер СБО “Північна”.

Дані методичні вказівки містять методики і приклади розрахунку споруд, що дозволяють інтенсифікувати процеси механічного очищення міських стічних вод, а також технологічні рішення з інтенсифікації і реконструкції очисних споруд з урахуванням фізико-хімічних процесів очистки. Методичні вказівки можуть бути використані при вивченні дисципліни “Інтенсифікація споруд водовідведення”, а також у курсовому та дипломному проектуванні.

Відповідальний за випуск: зав. кафедри “Водовідведення та гідравліки”,
д.т.н., професор Хоружий В.П.

ЗМІСТ

ВСТУП.....	5
1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ.....	6
2. ВИХІДНІ ДАНІ Й ОБСЯГ ПРОЕКТУ	7
2.1. Вихідні дані з інтенсифікації й реконструкції станції очищення міських стічних вод	7
2.2. Обсяг і склад проекту	7
2.2.1. Розрахунково-пояснювальна записка.....	7
2.2.2. Графічна частина	7
2.3. Оформлення та захист проекту	8
3. ВИБІР МЕТОДУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ Й СКЛАДУ РЕКОНСТРУЙОВАНИХ СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД.....	9
4. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД	15
4.1. Інтенсифікація роботи решіток	15
4.1.1. Розрахунки механізованих решіток.....	16
4.2. Інтенсифікація роботи піскоуловлювачів	19
4.2.1. Інтенсифікація аерованих піскоуловлювачів	20
4.2.2. Інтенсифікація горизонтальних піскоуловлювачів з прямолінійним рухом води	22
4.2.3. Інтенсифікація горизонтальних піскоуловлювачів з коловим рухом води	25
4.3. Інтенсифікація роботи первинних відстійників	26
4.3.1. Реконструкція існуючих радіальних відстійників на тонкошарові	27
4.3.2. Проектування відстійників з обертовим збірно-розподільним пристроєм	29
4.3.3. Реконструкція існуючих радіальних відстійників у флотаційні біокоагулятори.....	33

5. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІЇ ІСНУЮЧИХ ОЧИСНИХ СПОРУД.....	40
5.1. Приклад 1. Розрахунки з реконструкції механізованих решіток.....	40
5.2. Приклад 2. Розрахунки з реконструкції піскоуловлювачів.....	41
5.3. Приклад 3. Розрахунки з реконструкції радіальних відстійників	44
ЛІТЕРАТУРА.....	51
ДОДАТКИ.....	54

ВСТУП

Курсовий проект з дисципліни “Інтенсифікація споруд водовідведення” є комплексною роботою в плані підготовки інженерів за спеціальністю: водопостачання та водовідведення, РВВР. Він включає питання конструкції, теорії й експлуатації споруджень, що дозволяють підвищити ефективність процесу механічного очищення стічних вод і має на меті поглиблення й закріплення раніше отриманих знань, умілого їх використання, а також розвитку навичок самостійної творчої роботи в процесі розв'язання практичних задач, пов'язаних з інтенсифікацією водоочисних споруд.

Пристаюючи до проектування слід мати на увазі, що методів і проблем інтенсифікації безліч. З цієї причини аналіз більшості процесів, що відбуваються в результаті інтенсифікації, й вибір найбільш прийняттого варіанту являє собою важке завдання.

Тому в ході роботи над проектом студентам корисно ознайомитися не з одним, а з декількома літературними джерелами, що приводить до необхідності власного аналізу.

При написанні методичних вказівок використані дисертаційні роботи з даної тематики, монографії, навчальні посібники, а також рекомендації діючих ДБН.

1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ

Метою виконання курсового проекту є вивчення методик, що дозволяють підвищити якість очищення міських стічних вод, і вибір раціонального варіанту з урахуванням супутніх факторів (економічність, забезпечення охорони навколишнього середовища, збільшення надійності роботи споруд, зниження виробничих площ, якість і обсяги осадів, що утворюються, можливість виділення й утилізації цінних компонентів стічних вод).

Для досягнення зазначеної мети необхідно:

1. Виявити основні проблеми, що приводять до необхідності інтенсифікації процесів і споруд.
2. Запропонувати методи інтенсифікації або реконструкції споруд механічного очищення стічних вод, спрямовані на мінімальне будівництво нових очисних споруд.

Перед розробкою заходів щодо інтенсифікації й реконструкції існуючих очисних споруд, необхідно здійснити обстеження й детальний аналіз роботи всіх елементів технологічної схеми, в результаті чого можна поставити конкретні завдання інтенсифікації й намітити шляхи їх розв'язання.

Останнім часом завдання підвищення продуктивності стає усе більш рідким через скорочення обсягів виробництва й установлення режимів ощадливого водоспоживання [1]. Наслідком цього стало підвищення початкових концентрацій за основними показниками забруднень стічних вод, що надходять на очисні споруди. Також гостро встало завдання зниження БПК, зважених речовин, видаленню біогенних елементів, токсичних і важко окиснюваних з'єднань [2 - 4].

Отже, задача підвищення якості очищення міських стічних вод є актуальною. Таку задачу можна розв'язати або інтенсифікацією конструкції (корінною перебудовою), або внесенням змін у технологію того або іншого процесу, а саме впровадженням параметрів найбільш ефективної роботи споруд, або і те й інше з урахуванням техніко-економічних показників роботи споруд.

Як об'єкт для розгляду студентам запропонована традиційна схема очищення міських стічних вод з повним біохімічним очищенням.

Залежно від характеристики вихідних стічних вод, у тому числі фазово-дисперсного стану забруднень, а також вимог до якості очищеного стоку студентам необхідно вибрати найбільш прийнятний варіант інтенсифікації із запропонованих і виконати відповідні розрахунки споруд.

2. ВИХІДНІ ДАНІ Й ОБСЯГ ПРОЕКТУ

2.1. Вихідні дані з інтенсифікації й реконструкції станції очищення міських стічних вод

Дані для проектування видають студентам у вигляді бланку завдання, що містить вихідні дані, й виконаного раніше курсового проекту щодо очищення стічних вод.

Вихідні дані:

- а) продуктивність очисної станції;
- б) концентрації за основними показниками забруднень;
- в) концентрації за показниками, обумовленими наявністю промислових підприємств;
- г) гранулометрична характеристика забруднень;
- д) необхідний ступінь очищення за всіма показниками забруднень.

2.2. Обсяг і склад проекту

До складу проекту входять розрахунково-пояснювальна записка й графічна частина.

2.2.1. Розрахунково-пояснювальна записка

Розрахунково-пояснювальна записка повинна містити наступні розділи:

- обґрунтування вибору методу інтенсифікації й складу реконструйованих споруд механічного очищення стічних вод;
- розрахунки щодо реконструкції механізованих решіток;
- розрахунки щодо реконструкції піскоуловлювачів;
- розрахунки щодо реконструкції первинних радіальних відстійників.

2.2.2. Графічна частина

Графічна частина складається з 1-1,5 аркушів креслень формату А1. Приклад оформлення графічної частини проекту представлено на рис. П.4.

Графічна частина містить:

- схему реконструкції діючого блоку ємнісних споруд з вказівкою умовних позначень.
- креслення (схему) однієї з реконструйованих споруд з нанесенням габаритних розмірів.

- креслення (за необхідності) пристрою, що дозволяє інтенсифікувати процес.

2.3. Оформлення та захист проекту

Оформлення текстової й графічної частин курсового проекту має відповідати вимогам діючих стандартів.

Пояснювальна записка повинна бути виконана від руки або за допомогою комп'ютера на одній стороні аркуша білого паперу формату А4 з неокресленими полями. Розмір лівого поля — 35 мм, правого – 10 мм, верхнього й нижнього – 20 мм. Записка повинна містити необхідні пояснення, теоретичні обґрунтування, розрахункові формули з підстановкою числових значень величин, що входять до них, та їх розшифруванням, одиницями виміру. Слід відображати тільки конкретно прийняті проектні рішення.

Графічну частину виконують олівцем або на комп'ютері, на аркушах креслярського паперу формату А1. Слід уникати невиправдано порожніх місць на кресленнях. Товщина основних ліній повинна бути приблизно у два рази більше за товщину ліній допоміжних побудов.

На кожному аркуші графічної частини проекту в правому нижньому куті повинен бути основний напис (штамп) (рис. П.4).

Зброшурована пояснювальна записка з кресленнями, складеними за стандартом (основним написом назовні) вкладається в папку із зав'язками, що має титульний аркуш, для передачі на зберігання в архів.

Курсовий проект при закінченні оформлення підписують і ставлять дату виконавець і керівник проекту.

У процесі захисту студент коротко викладає прийнятий метод інтенсифікації, технологічну схему, принцип роботи й особливості конструкцій, що дозволяють інтенсифікувати роботу споруд.

Під час обговорення студент повинен показати, що він знає конструкції запроектованих споруд, одержав навички виконання практичних розрахунків, може обґрунтувати доцільність прийнятих рішень і показати до яких позитивних ефектів приведе впровадження даного методу в практику очищення стічних вод.

3. ВИБІР МЕТОДУ ІНТЕНСИФІКАЦІЇ Й СКЛАДУ РЕКОНСТРУЙОВАНИХ СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНИХ ВОД

Вибір методу інтенсифікації й складу споруд очисної станції виконують на підставі зміненої характеристики стічних вод, що надходять на наявні очисні споруди. При виборі раціонального варіанту слід керуватися наведеними далі теоретичними положеннями, а також відомостями з приводу можливого підвищення якості очищення стічних вод шляхом впровадження того або іншого методу інтенсифікації. На рис. 3.1 – 3.5 наведено можливі варіанти схем реконструкції комплексу споруд механічного та біологічного очищення стічних вод, діючих очисних споруд. Розглянемо можливі варіанти методів інтенсифікації споруд механічного очищення стічних вод.

Схеми 1 і 2 припускають:

- реконструкцію механізованих решіток шляхом заміни традиційних решіток з шириною прозорів 16 мм на удосконалену конструкцію решітки з шириною прозору 2-6 мм;
- затримані викиди за допомогою гідравлічного прес-транспортеру подаються на подрібнення;
- застосування системи гідротранспорту піску при переобладнанні піскоуловлювачів;
- переобладнання первинних відстійників із застосуванням тонкошарових модулів.

Схема 3 припускає:

- переобладнання решіток та піскоуловлювачів за схемою 1;
- переобладнання класичних первинних радіальних відстійників у відстійники зі збірно-розподільним пристроєм, що обертається.

Схема 4 припускає:

- переобладнання решіток та піскоуловлювачів за схемою 1;
- переобладнання первинних радіальних відстійників у флотаційні біокоагулятори з можливістю використання вивільнених відстійників для попереднього грубого освітління стічних вод (у випадку підвищеної концентрації стічних вод за зваженими речовинами).

Схема 5 припускає:

- переобладнання решіток та піскоуловлювачів за схемою 1;
- реконструкцію первинних радіальних відстійників у флотаційні біокоагулятори.

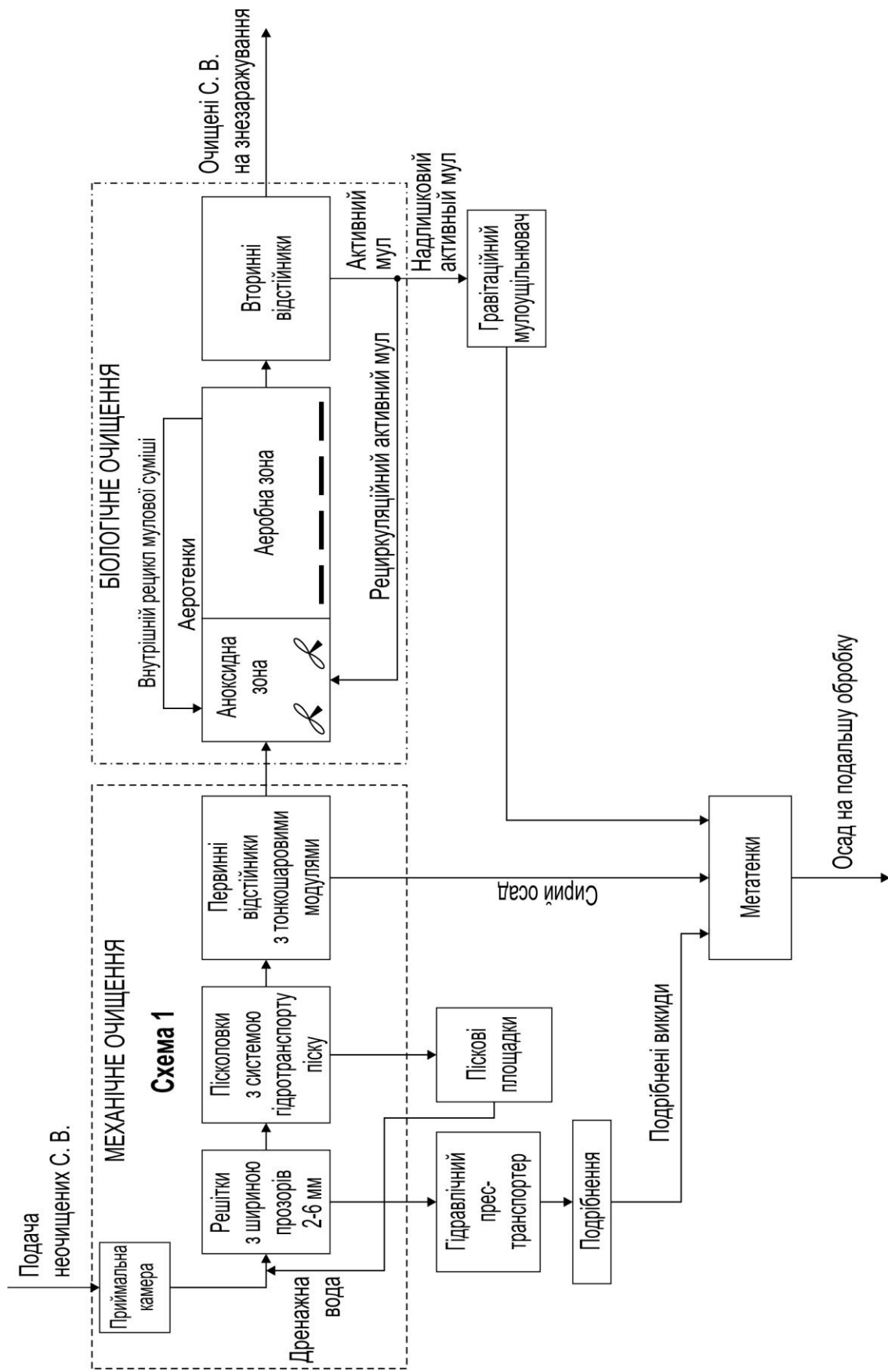


Рис. 3.1. Схема реконструкції очисних споруд з використанням первинних тонкошарових відстійників та аеротенків з просторовим поділом процесів окиснення органічних речовин, нітрифікації й денітрифікації

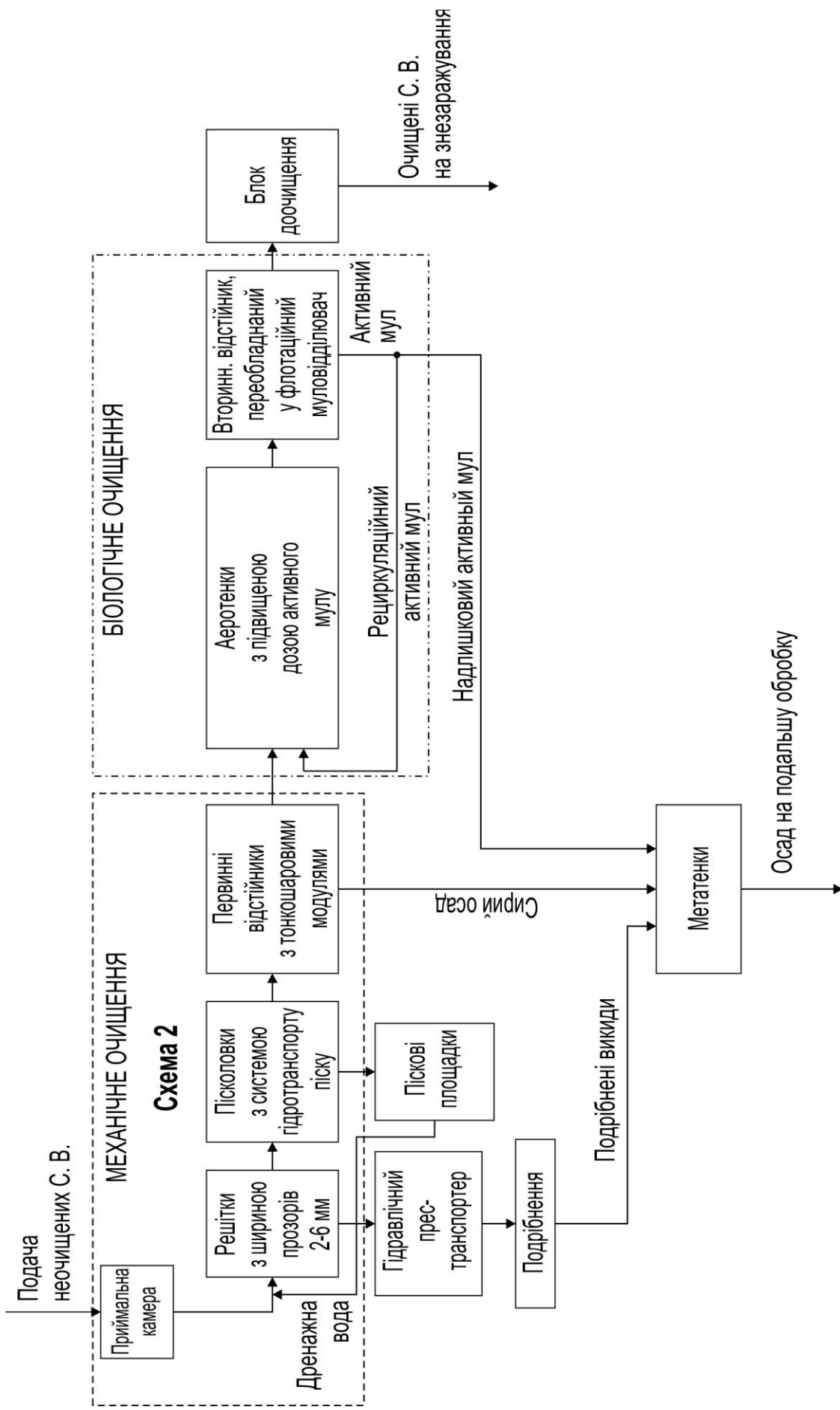


Рис. 3.2. Схема реконструкції очисних споруд з використанням первинних тонкошарових відстійників та аеротенків з підвищеною дозою активного мулу

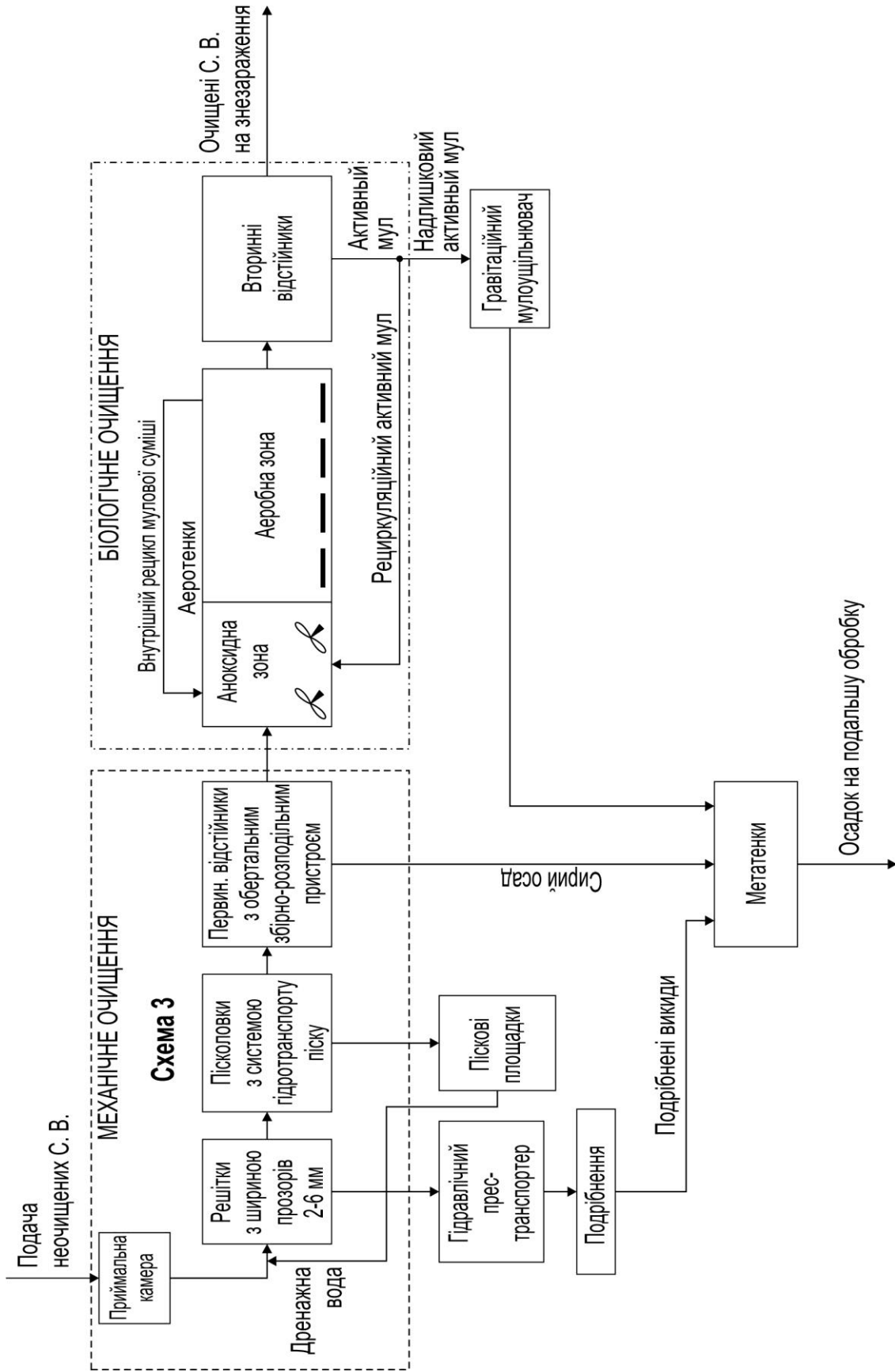


Рис. 3.3. Схема реконструкції очисних споруд з використанням первинних відстійників з обертальним збірно-розподільним пристроєм

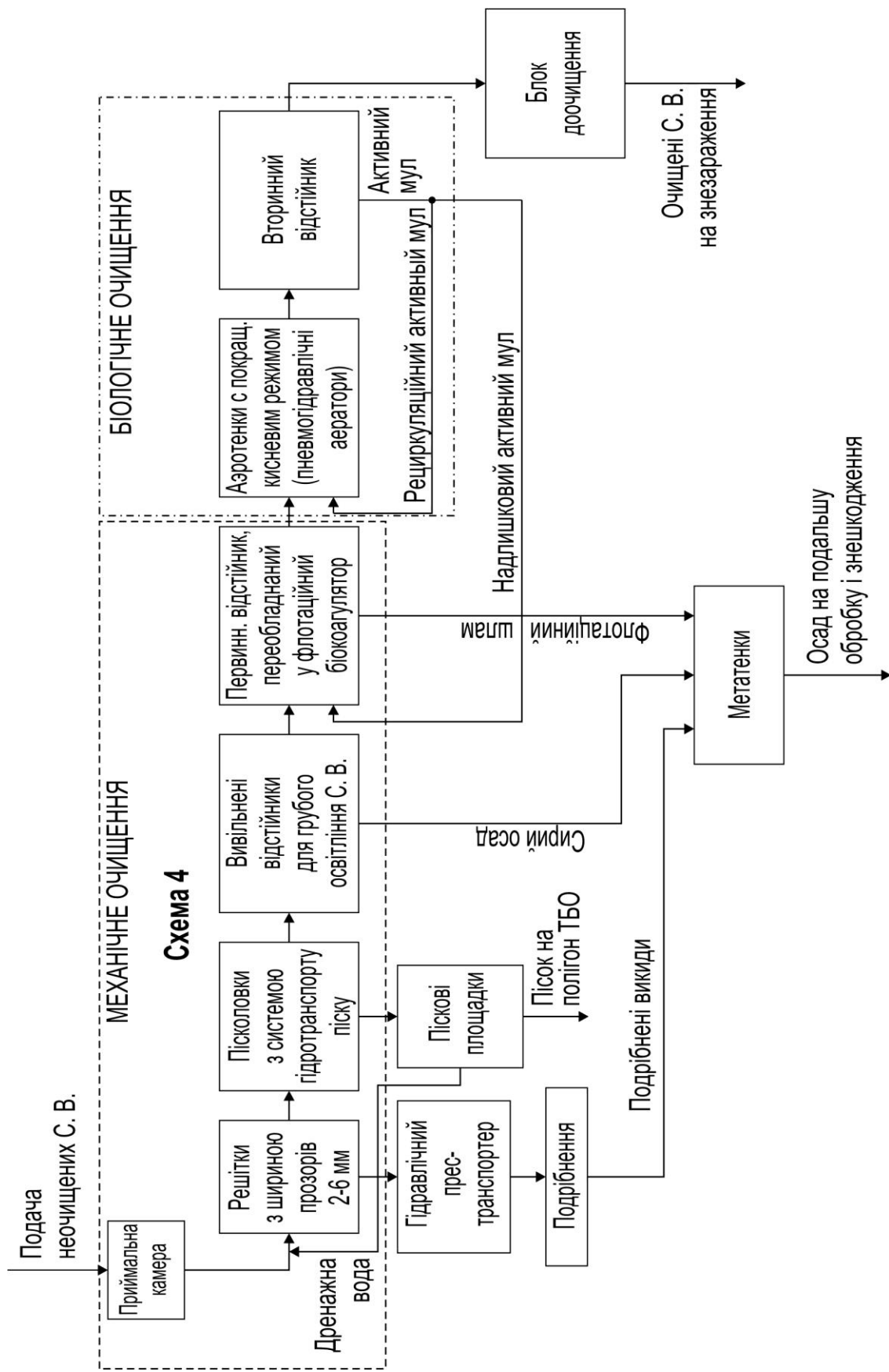


Рис. 3.4. Схема реконструкції очисних споруд з використанням частини первинних відстійників як флотаційних біокоагуляторів (при початкових концентраціях по зважених речовинах понад 400 мг/л)

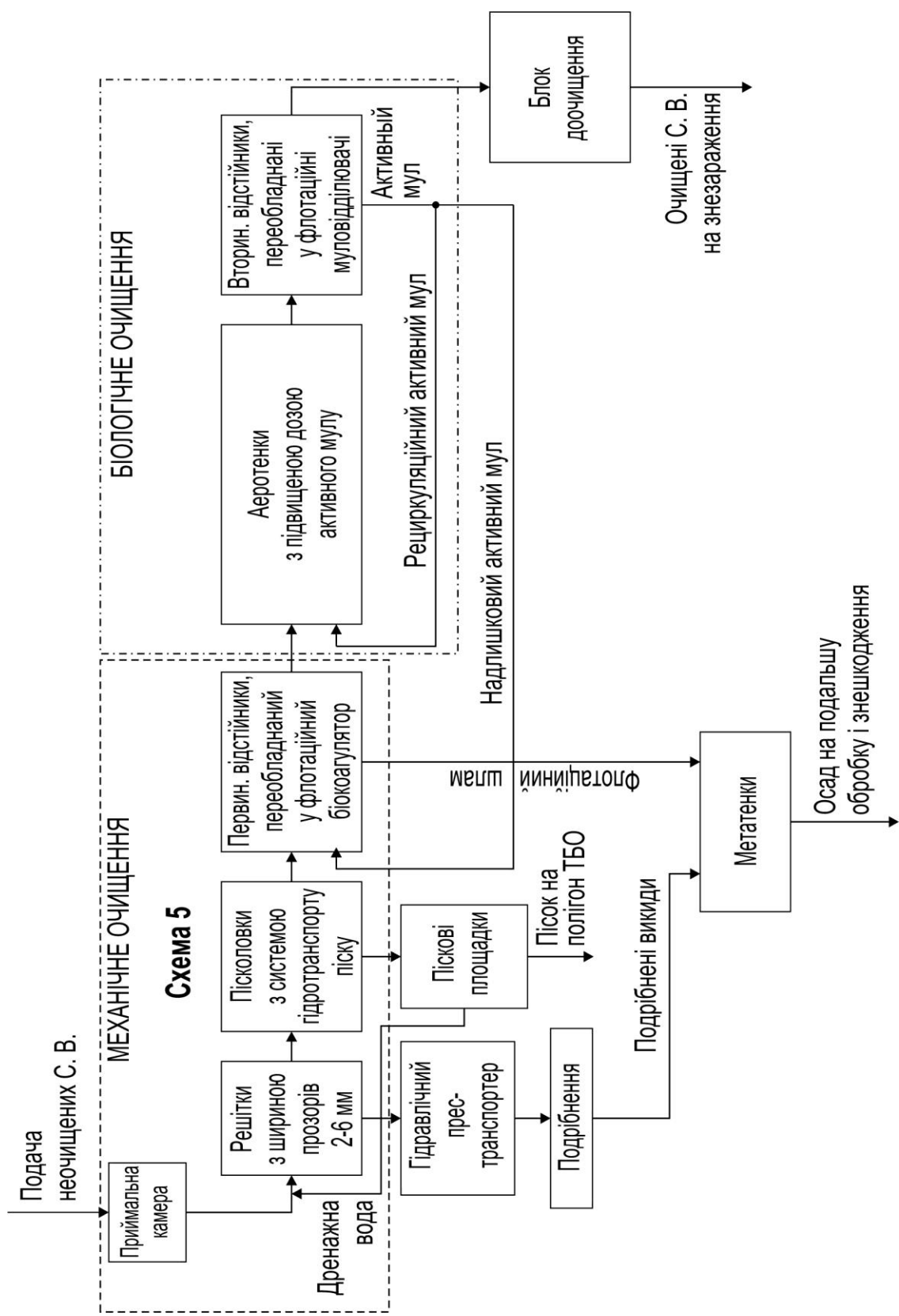


Рис. 3.5. Схема реконструкції очисних споруд з використанням флотаційних методів очищення стічних вод і обробки осадів

4. ІНТЕНСИФІКАЦІЯ СПОРУД МЕХАНІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТИЧНИХ ВОД

Аналіз роботи міських очисних споруд України й Росії [5 – 7] показав, що існуюче устаткування має високий ступінь зносу, значне енергоспоживання й не відповідає технічним вимогам. Також не забезпечується якість очищення відповідно до сучасних нормативних вимог за показниками: зважені речовини, БПК_{повн}, з'єднання азоту й фосфору, нафтопродукти, СПАВ, феноли, іони важких металів тощо.

4.1. Інтенсифікація роботи решіток

У широко розповсюджених решітках МТ і РМУ з прозорами 16 мм затримується лише 5 % великих відходів, що плавають, які перебувають у стічних водах. Як результат значна частина відходів надходить на наступні очисні споруди, ускладнює їх роботу і є причиною частих засмічень насосного обладнання. Крім того, має місце значний захват відходами часток осаду первинних відстійників, що вимагає інтенсивного відмивання затриманої маси забруднень. Матеріал наявних решіток, як правило, недовговічний і піддається корозії [8].

За даними [1, 6], при ширині прозорів 1,5–2,0 мм затримуються практично всі забруднення великого розміру. Однак при експлуатації більшості конструкцій решіток з прозорами 2 мм, здавлювання потоку рідини призводить до значного (більше, ніж у 2 рази) зменшення швидкості її руху в камерах решіток і, як наслідок, випаданню в них піску [9, 10].

Досвід експлуатації сучасних конструкцій решіток з шириною прозорів 2–10 мм виявив цілий низку недоліків [1, 9]: нетвердість конструкції, недостатня пропускна здатність, відсутність автоматизованого керування, недостатня надійність, у тому числі нетривалий ресурс роботи вузлів механізмів і сполучних елементів.

З метою збільшення ефективності видалення забруднень великого розміру, на нашу думку, доцільно замінити традиційні решітки на решітки РМН удосконаленої конструкції, розробленої фахівцями «Мосводоканалу» на базі решіток РМУ.

Співвідношення ширини й висоти фільтруючих частин даних решіток аналогічно решіткам РМУ. Решітки доцільно виготовляти з нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т, яка найбільшою мірою задовольняє складу агресивного середо-

вища й кислотно-лужному діапазону [8] каналізаційних стоків. Використання решіток з шириною прозорів – 6 мм та клиноподібною формою перетину стрижнів дозволяє ефективно видаляти забруднення з решіток. Потужність електродвигуна – 0,75 кВт. Впровадження даних решіток дозволить збільшити обсяги затриманих забруднень у 5-6 разів і знизити енергоспоживання у 2 рази [1, 8].

Добре зарекомендували себе східчасті решітки типу РС російських компаній «Проммашсервис», «РОТОСКРИН» і «РИОТЕК» [8, 9].

Перевагами даних решіток у порівнянні з МГ і РМУ є:

- повна автоматизація механізму видалення сміття;
- конструкція фільтрувального полотна забезпечує його самоочищення;
- практично безшумні в роботі;
- обладнання решіток має низьке енергоспоживання (0,75 кВт для решіток «Проммашсервис»), що в 2 рази менше, ніж для решіток МГ і в 4 рази менше, ніж для решіток РМУ, оснащено електроприводами з частотними перетворювачами;
- конструкція решіток дозволяє здійснити реверсивний рух ланцюга для видалення застряглого у фільтрувальному полотні сміття;
- виключається необхідність зупинки решітки.

Характеристики решіток наведено в табл. П.1.

Застосування даних решіток дозволить зменшити навантаження на первинні відстійники й здійснити більш повне зброджування сирого осаду.

4.1.1. Розрахунки механізованих решіток

Решітки оснащують механізованими граблями для зняття викидів.

Число резервних решіток приймають залежно від числа робочих.

При числі робочих решіток 1-3 – 1 резервна.

Розрахунки решіток здійснюють на пропуск максимальної секундної витрати міських стічних вод ($q_{\max s}$, м³/с). Стічна рідина підходить до решіток по прямокутних каналах. Розміри каналів і лотків визначають за таблицями гідравлічного розрахунку каналізаційних мереж [11] на витрату $q_c=1,4q_{\max s}$ (п. 6.14 [12]).

Ухили для каналів приймають 0,0008–0,005. Швидкість руху води в каналі приймають 0,9–1,0 м/с.

Параметри каналу вибирають таким чином, щоб співвідношення глибини потоку h_k до ширини лотка B_k становило близько 0,5–0,75.

Марку удосконалених решіток призначають, виходячи з характеристик, наявних підвідних каналів до існуючих решіток на очисних спорудах. Якщо кореляція в параметрах каналів, наявних і необхідних для установки необхідної марки решітки відсутня, необхідно зробити також реконструкцію підвідних каналів.

Розрахунки решіток полягають у визначенні розмірів решітки та її камери, втрат напору в решітках і кількості затримуваних забруднень.

Розміри решіток визначають, виходячи з умови забезпечення в прозорах швидкості руху стічної води $V_p=0,8-1,0$ м/с.

Число прозорів у решітках:

$$n = \frac{q_{\max s}}{b \cdot h_k \cdot V_p} K_3, \quad (4.1)$$

де b – ширина прозорів між стрижнями решітки, м; $b = 0,006$ м;

h_k – глибина води в каналі перед решіткою, м (робимо допущення, що глибина води перед решітками дорівнює глибині в підвідному каналі);

V_p – швидкість руху води в прозорах решітки, $V_p = 0,8-1,0$ м/с;

$q_{\max s}$ – максимальна секундна витрата, м³/с;

K_3 – коефіцієнт, що враховує стиснення потоку граблями й затриманими забрудненнями, приймають рівним 1,05–1,1.

Загальна ширина решітки, м

$$B_p = S(n - 1) + b \cdot n, \quad (4.2)$$

де S – товщина стрижнів решітки, м, $S = 0,006$ м.

Ширина однієї решітки, м:

$$B_p^1 = \frac{B_p}{n_p}, \quad (4.3)$$

де n_p – кількість прийнятих робочих решіток.

Втрати напору в решітках, м

$$h_{wp} = \xi \frac{v_k^2}{2g} K, \quad (4.4)$$

де v_k – середня швидкість руху води в каналі перед решітками, м/с;

g – прискорення сили ваги, $g = 9,81$ м/с²;

K – коефіцієнт, що враховує збільшення втрат напору в результаті засмічення решіток, $K = 3$;

ξ – коефіцієнт місцевого опору решітки:

$$\xi = \beta \cdot \left(\frac{s}{b} \right)^{4/3} \sin \alpha, \quad (4.5)$$

де β – коефіцієнт, що залежить від форми поперечного перерізу стрижнів; приймають рівним 1,83 – для стрижнів клиноподібного перетину.

Довжина розширення перед решітками, м

$$l_1 = \frac{B_p^1 - B_k}{2 \operatorname{tg} \varphi} = 1,37 \frac{B_p^1 - B_k}{2 \operatorname{tg} \varphi} \quad (4.6)$$

де $\varphi = 20^\circ$ – кут розширення каналу в плані;

B_k – ширина підвідного каналу перед решітками, м;

Загальна довжина камери решітки, м:

$$l_p = l_1 + l_k + l_2, \quad (4.7)$$

де l_2 – довжина звуження камери після решітки, м, $l_2 = 0,5 \cdot l_1$;

l_k – довжина камери решітки й майданчика за нею, м; $l_k \geq 1,5$ м.

Загальна будівельна висота камери решітки, м:

$$H_{kp} = h_k + h_{wp} + h_{\delta}, \quad (4.8)$$

де h_{δ} – перевищення борту камери решітки над рівнем води, $h_{\delta} \geq 0,5$ м (при відповідному обґрунтуванні допускається приймати рівним не менш 0,3 м)

Добова кількість викидів, що затримуються на решітках:

- за об'ємом, м³/доб.:

$$W_{\text{вик}} = \frac{\alpha_0 N_{\text{пр}}^c}{1000 \cdot 365}; \quad (4.9)$$

- за вагою, т/доб.:

$$G_{\text{вик}} = \rho_{\text{вик}} \cdot W_{\text{вик}}, \quad (4.10)$$

де $N_{\text{пр}}^c$ – приведенне число жителів по зважених речовинах, осіб;

α_0 – кількість викидів, що знімаються з решіток на жителя протягом року:

$\alpha_0 = 48 \text{ л/}(\text{рік}\cdot\text{чол})$ – для решіток із шириною прозорів 6 мм;

$\rho_{\text{вик}}$ – середня густина викидів: $\rho_{\text{вик}} = 0,750 \text{ т/м}^3$.

Характеристику механізованих решіток наведено в табл. П.2.

Для зниження обсягу (у 2,5– 3 рази) викидів, що знімаються з решіток, доцільно використовувати гідравлічні прес-транспортери. Технічні характеристики прес-транспортерів наведено в табл. П.3, П.4.

Для знешкодження викидів використовують метод подрібнення з наступною спільною обробкою з осадам стічних вод.

4.2. Інтенсифікація роботи піскоуловлювачів

З численних літературних джерел відомо, що навіть при точному дотриманні технологічного режиму експлуатації піскоуловлювачів, 30 - 50 % піску дрібних фракцій (менше 0,25 мм) транзитом проходить у наступні очисні споруди. У той час як для нормальної роботи вміст піску в осаді первинних відстійників не повинен перевищувати 3 - 6 %.

Зміна якісного складу піску і його кількості внаслідок інфільтрації в каналізаційну мережу ґрунтових вод і поверхневого стоку підтверджує необхідність більш повного видалення піску, аж до фракцій 0,05–0,1 мм.

У результаті розрахунків піскоуловлювачів з умови затримання часток фракцій 0,05–0,1 мм, яким відповідає гідравлічна крупність 2,0–5,9 мм/с, необхідно забезпечити об'єм споруди приблизно в 3 рази більший за наявний на очисній станції, що досить важко здійснити. Крім того, у цьому випадку немінуча також затримка органіки, що має аналогічну гідравлічну крупність, в результаті чого виникає необхідність додаткової обробки осаду, що утворюється, з метою поділу мінеральної й органічної складових.

Підвищення ефекту затримання піску може бути досягнуто стабілізацією швидкості потоку у піскоуловлювачах, а також за рахунок поліпшення роботи систем для видалення осаду й здійснення інших конструктивних і технологічних заходів, у результаті чого відбувається надійна затримка фракцій менше 0,20 мм. При цьому ефект затримки глибокодисперсних і колоїдних мінеральних домішок становить 80–90 % залежно від гранулометричного складу виділюваних забруднень і типу піскоуловлювача.

На очисних станціях доцільним є проектування аерованих піскоуловлювачів, тому що вони мають істотні переваги над іншими типами:

1. Високий ефект затримання піску: приблизно в 1,5 рази вище, ніж у звичайних піскоуловлювачах. Це досягається за рахунок уловлювання дрібних фракцій розміром менше 0,20 мм;
2. Низький вміст органічних домішок в осаді (зольність осаду – 90–95 %);
3. Аеровані піскоуловлювачі можна використовувати для уловлювання спливаючих забруднень (жирів, нафтопродуктів та ін.)
4. Аеровані піскоуловлювачі можна використовувати як преаератори з додаванням у стічні води надлишкового активного мулу, який підтримується в піскоуловлювачах у зваженому стані й виноситься з них потоком очищених стічних вод;
5. Аеровані піскоуловлювачі можна застосовувати в схемах, де відсутні первинні відстійники.

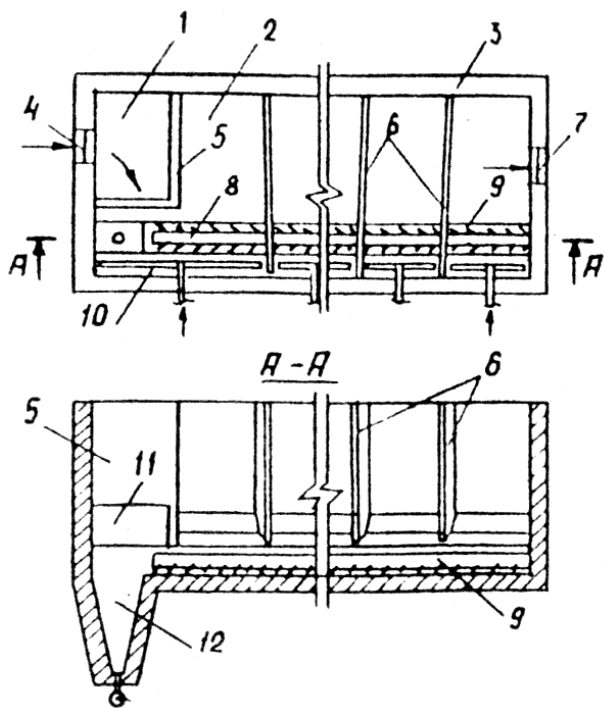
4.2.1. Інтенсифікація аерованих піскоуловлювачів

Аеровані піскоуловлювачі можна використовувати як преаератори (з додаванням у стічні води надлишкового активного мулу або без нього) [14], оскільки вони забезпечують досить інтенсивну аерацію стічних вод – $3\text{--}5 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год.})$. Кількість регенерованого надлишкового активного мулу, що подається у піскоуловлювач, становить 50–100 %. При більшій подачі активного мулу суттєво ускладнюється видалення й обробка осаду в первинних відстійниках. Розрахункова тривалість перебування стічних вод може становити 10...20 хв. Таким чином, при початковій концентрації по зважених речовинах 330–360 мг/л відпадає необхідність в інтенсифікації первинного відстоювання.

Для підвищення ефекту затримання піску в аерованих піскоуловлювачах до 90 % [15] рекомендується розділити її робочу зону вертикальними перегородками на ряд послідовно з'єднаних камер (рис. 4.1.)

Перегородку можна виконати суцільною, що не доходить до дна резервуара на 0,2-0,3 його глибини й до поздовжньої стінки, де встановлені аератори, на 0,25-0,3 його ширини.

Такі перегородки можуть бути також у вигляді плоских решіток, які встановлюють на всю глибину й ширину робочої зони. При цьому першу перегородку по ходу руху води розташовують під гострим кутом до поздовжньої стінки з аераторами, а інші перегородки – до протилежної. Кожна камера має свій самостійний аератор, а інтенсивність аерації потоку зменшується від початкової камери до кінцевої.



- 1 – вхідна камера;
- 2 – робоча зона;
- 3 – стінка піскоуловлювача;
- 4 – вхідний отвір;
- 5 – поперечна перегородка;
- 6 – перегородка;
- 7 – вихідний отвір;
- 8 – змивний трубопровід;
- 9 – пісковий лоток;
- 10 – аератор;
- 11 – вікно вхідної камери;
- 12 – пісковий приямок

Рис. 4.1. Аерований піскоуловлювач з поперечними перегородками:

Перспективним методом переміщення осаду до бункерів є застосування гідромеханічних систем (змивний трубопровід зі сприсками, рис. 4.2).

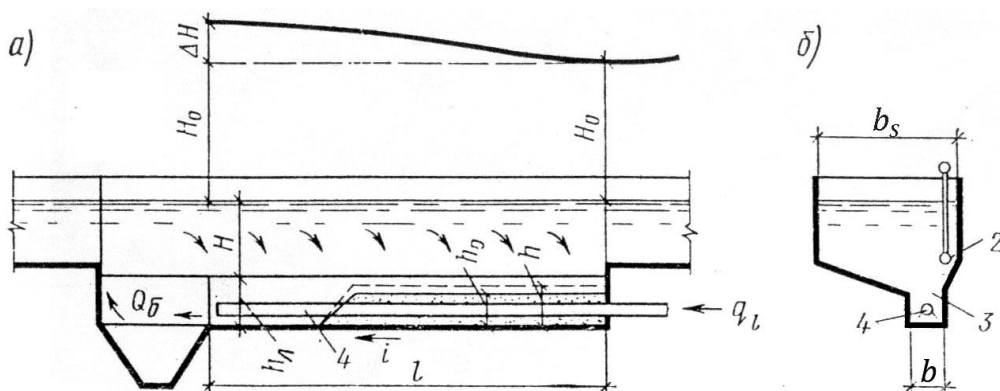


Рис. 4.2. Схема аерованого піскоуловлювача, обладнаного гідромеханічною системою:

- а – поздовжній перетин; б – поперечний перетин; 1 – робоча зона;
- 2 – аератор; 3 – пісковий лоток; 4 – змивний трубопровід

В даний час розроблено удосконалені конструкції сприсків [16], що мають таку енергію виходу струменя, при якій здійснюється повне видалення піску з лотків і не відбувається змулювання осаду. Таким чином, відпадає необхідність періодичного спорожнювання піскоуловлювачів і чищення піскових лотків вручну.

Розрахунки гідромеханічної системи видалення осаду з піскоуловлювачів наведено в п. 4.2.2.

4.2.2. Інтенсифікація горизонтальних піскоуловлювачів з прямолінійним рухом води

Для забезпечення прямолінійності руху потоку в горизонтальних піскоуловлювачах їх робочу глибину можна розділити поздовжніми перегородками.

З метою поліпшення роботи системи видалення осаду слід застосувати гідромеханічний спосіб (рис. 4.3).

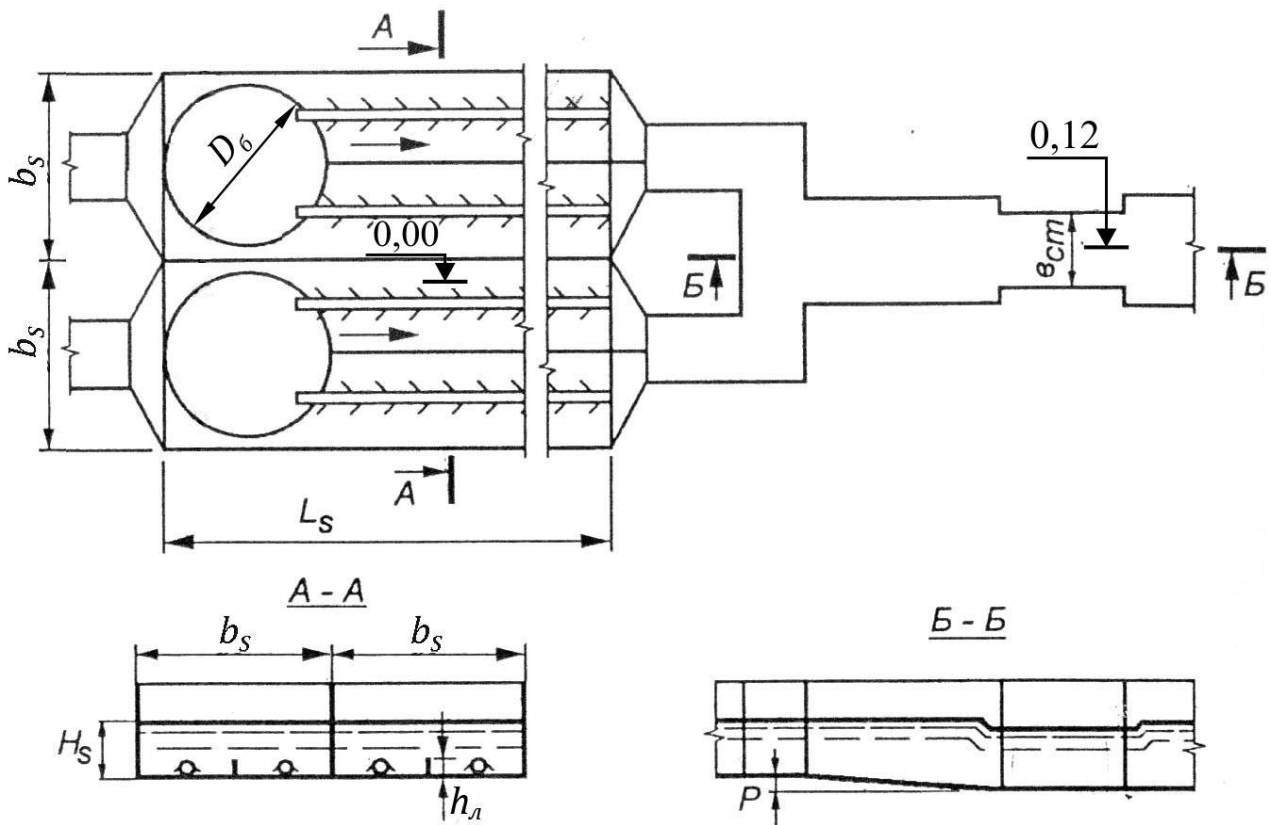


Рис. 4.3. Схема горизонтального піскоуловлювача з гідромеханічним видаленням осаду

Розрахунок гідромеханічної системи видалення осаду

Для забезпечення змиву піску вихідна швидкість промивної води в лотку v може бути визначена за формулою

$$v = 10 \frac{d_{\text{екв}}^{1,31}}{\mu^{0,54}} 0,7e + 0,17, \text{ см/с}, \quad (4.11)$$

де $d_{\text{екв}}$ – еквівалентний діаметр зерен піску, см; $d_{\text{екв}} = 0,05$ см;

μ – динамічний коефіцієнт в'язкості, г/(см·с);

e – відносне розширення піску при змиві, $e = 0,1$.

Загальна витрата води, що подавалася на змив

$$q_l = v \cdot b \cdot l, \text{ м}^3/\text{с}, \quad (4.12)$$

де b – ширина піскового лотка, м (b приймають рівною ширині відділень піскоуловлювачі);

$l = L_s - D_\delta$ довжина піскового лотка й змивного трубопроводу, м; L_s – загальна довжина піскоуловлювача, м; D_δ – діаметр піскового бункера, м (приймають з конструктивних міркувань).

Діаметр змивного трубопроводу:

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4q_l}{\pi v_{\text{тр}}}}, \text{ м}, \quad (4.13)$$

де $v_{\text{тр}}$ – швидкість промивної води на початку змивного трубопроводу, яку рекомендується приймати рівною 2,5–3,5 м/с.

Для забезпечення надійного змиву осаду по всій довжині лотка напір на початку змивного трубопроводу H_0 повинен бути рівний

$$H_0 = 5,6h_0 + 5,4 \frac{v_{\text{тр}}^2}{2g}, \text{ м}, \quad (4.14)$$

де h_0 – висота шару осаду в пісковому лотку до подачі промивної води, м.

Висоту шару осаду h_0 визначають, виходячи із загальної кількості осаду, що уловлюється за період між вивантаженнями його з піскоуловлювачі.

Висота зони накопичення осаду із запасом

$$h = 1,5 \cdot h_0 (e + 1), \text{ м}. \quad (4.15)$$

Висоту піскового лотка $h_{\text{л}}$ приймають не менше, ніж у 2 рази більшою значення величини h , але не менше одного діаметра змивного трубопроводу.

Діаметр вхідного отвору сприсків:

$$d_{\text{спр}} = \sqrt{\frac{4q_l}{\pi n \mu_p \sqrt{2gH_0}}}, \text{ м}, \quad (4.16)$$

де n – кількість сприсків на змивному трубопроводі, рівне

$$n = \frac{2l}{z}$$

Тут z – відстань між сприсками, яку рекомендується приймати рівною 0,25–0,4 м.

μ_p – коефіцієнт витрати спрису, що залежить від його конструкції, й орієнтовно рівний 0,82.

При розрахунках піскоуловлювачів усіх типів слід приймати: кількість затриманого піску 0,02 л на 1 чол/доб., вологість піску 60 %, густина піску 1,5 т/м³.

Ширину піскового лотка в аерованих піскоуловлювачах (b) рекомендується приймати рівною 0,5 м.

Приймають: кілька змивних трубопроводів – у горизонтальних піскоуловлювачах і один – в аерованих.

Найбільш простим способом підтримання сталої швидкості руху рідини в горизонтальному піскоуловлювачі незалежно від коливань витрати стічних вод є пристрій на відвідному каналі непідтоплюваного водозливу з широким порогом без донного виступу (див. рис. 4.3).

Розрахунок водозливу з широким порогом без донного виступу

Перепад між дном піскоуловлювачі й порогом водозливу

$$P = \frac{h_{\max} - K_q^{\frac{2}{3}} \cdot h_{\min}}{K_q^{\frac{2}{3}} - 1}, \text{ м}, \quad (4.17)$$

де $K_q = \frac{q_{\max s}}{q_{\min s}}$ – відношення максимальної витрати до мінімального;

$h_{\max} = \frac{q_{\max s}}{n_s b_s v_s}$ – максимальне наповнення, м, при розрахунковій швидкості

$v_s = 0,3$ м/с;

n_s – кількість відділень піскоуловлювачі;

b_s – ширина одного відділення піскоуловлювачі, м;

$h_{\min} = \frac{q_{\min s}}{n_s b_s v_s}$ – мінімальне наповнення, м, при розрахунковій швидкості

$v_s = 0,3$ м/с.

Ширина водозливу

$$b_{\text{ст}} = \frac{q_{\text{maxs}}}{m\sqrt{2g} P + h_{\text{max}}^{\frac{3}{2}}}, \text{ м}, \quad (4.18)$$

де m – коефіцієнт витрати водозливу, що залежить від умов бічного стискання й рівний 0,35–0,38.

4.2.3. Інтенсифікація горизонтальних піскоуловлювачів з коловим рухом води

Для підвищення ефекту затримання піску до 80 % та істотного збільшення продуктивності піскоуловлювача з коловим рухом води можна реконструювати в такий спосіб: у коловому лотку встановити аератори, а також плоскі вертикальні решітки, що розділяють лоток на ряд секцій (рис. 4.4). Кожна секція повинна мати свій аератор. Відношення довжини секції до довжини колового лотка приймають рівним 0,2(0,5) : 1.

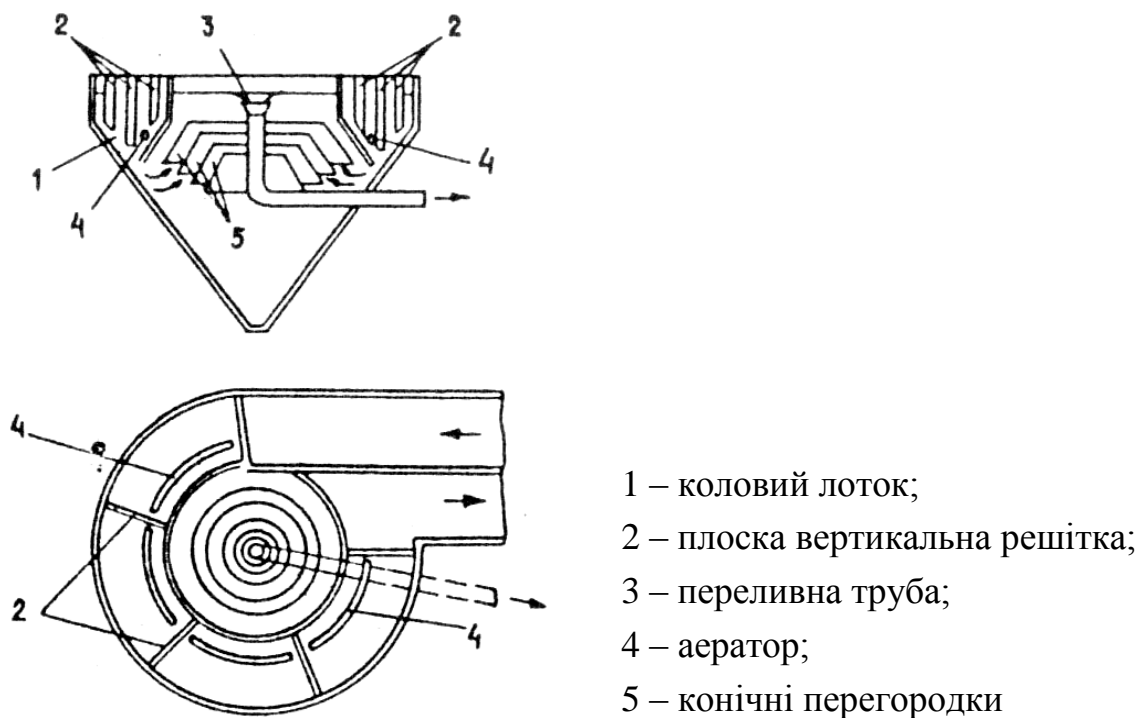


Рис. 4.4. Удосконалений піскоуловлювач з коловим рухом води

Одночасно з цим для максимального використання робочого обсягу зони відстоювання в центральній зоні піскоуловлювача необхідно встановити конічні перегородки й вертикальну телескопічну трубу, занурену під рівень рідини на глибину, достатню для утворення вихрової вирви, що забезпечує поступально-обертний рух стічної рідини.

4.3. Інтенсифікація роботи первинних відстійників

Практика показує, що навіть однотипні міські стічні води, зібрані з різних об'єктів каналізування, суттєво відрізняються за своїми характеристиками.

Тому початкова концентрація по зважених речовинах – не єдиний критерій оцінки необхідності інтенсифікації первинного відстоювання. Слід також враховувати гранулометричний склад вихідних забруднень. Для цього доцільно в лабораторних умовах визначити кількість осідаючих речовин у пробі стічної рідини, тобто тієї частини грубодисперсних домішок, яка випадає в осад протягом двогодинного відстоювання в стані спокою. Кількість осідаючих речовин (виражена у відсотках від загальної кількості зважених речовин) являє собою можливу межу ефективності посвітління даних стічних вод відстоюванням (рис. 4.5).

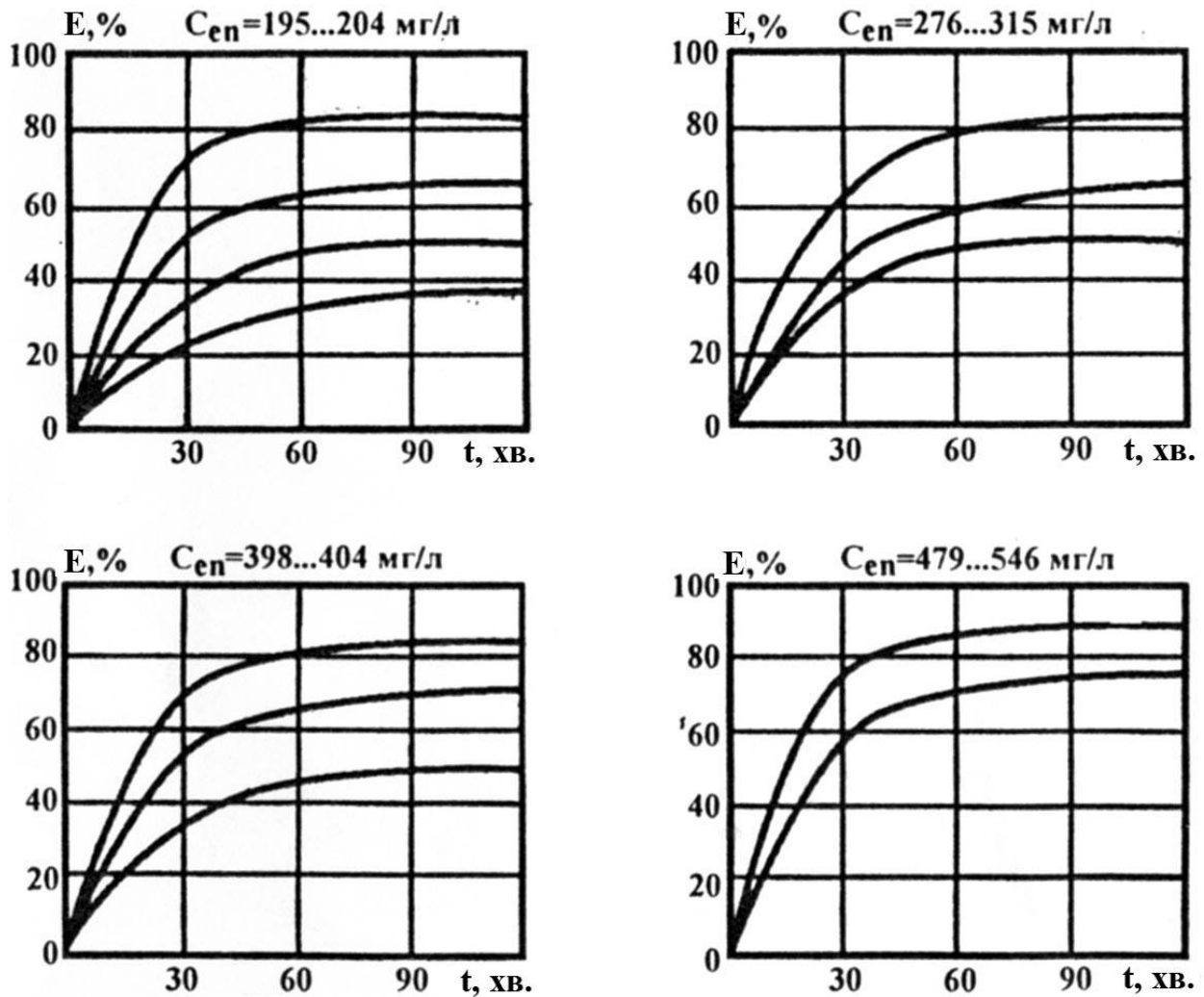


Рис. 4.5. Залежність ефекту посвітління реальних стічних вод від тривалості відстоювання (у циліндрах $h_{zet} = 1,0$ м)

У реальних первинних відстійниках ефект посвітління становить у середньому 40–50 % [1, 17]. Разом з тим при початковій концентрації зважених речовин не менше 300–400 мг/л, характерній для режимів ощадливого водоспоживання, необхідний ефект первинного посвітління може досягати 65–75 %. У цьому випадку для забезпечення необхідної ефективності первинного посвітління необхідно інтенсифікувати процес осадження зважених речовин.

При відсутності даних щодо кінетики осадження зважених речовин при посвітлінні конкретних стічних вод у стані спокою, для грубої оцінки можна керуватися початковою концентрацією по зважених речовинах (C_{en}).

При C_{en} до 330 мг/л інтенсифікацію первинного відстоювання можна не передбачати, тому що в удосконалених конструкціях піскоуловлювачів при ефекті видалення піску 80–90 % кількість виділюваних грубодисперсних домішок становить 7–9 % від загальної кількості зважених речовин. При C_{en} понад 330 мг/л слід передбачати інтенсифікацію первинного посвітління.

Таким чином, кінетика осадження зважених речовин, встановлена експериментально в кожному конкретному випадку, дозволить визначити як необхідність інтенсифікації первинного відстоювання на стадії проектування, так і доцільність тих або інших конструктивних змін при реконструкції існуючих відстійних споруд.

Внаслідок різноманітності методів інтенсифікації й конструкції первинних відстійників у даних методичних вказівках будуть розглянуті найбільш перспективні методи інтенсифікації первинних радіальних відстійників, які одержали найбільше поширення на очисних станціях.

В результаті аналізу можливих комбінацій показників і концентрацій забруднюючих речовин у вихідній стічній воді найбільш доцільними методами інтенсифікації первинного відстоювання, на наш погляд, є:

- тонкошарове відстоювання;
- використання відстійника з обертовим збірно-розділовим пристроєм;
- флотаційна біокоагуляція.

4.3.1. Реконструкція існуючих радіальних відстійників на тонкошарові

Тонкошарове відстоювання дозволяє підвищити ефект посвітління міських стічних вод до 70–80 % при незмінній продуктивності очисних споруд або, навпаки, при необхідності збільшити продуктивність також відбувається зниження концентрації БПК на 15–25 % від вихідного значення [18].

Завдання полягає в доповненні існуючих радіальних відстійників тонкошаровими блоками (рис. 4.6), коли відомі геометричні розміри відстійника і його продуктивність, а необхідний ступінь очищення задано гідравлічною крупністю часток U_0 , які необхідно виділити [19-22].

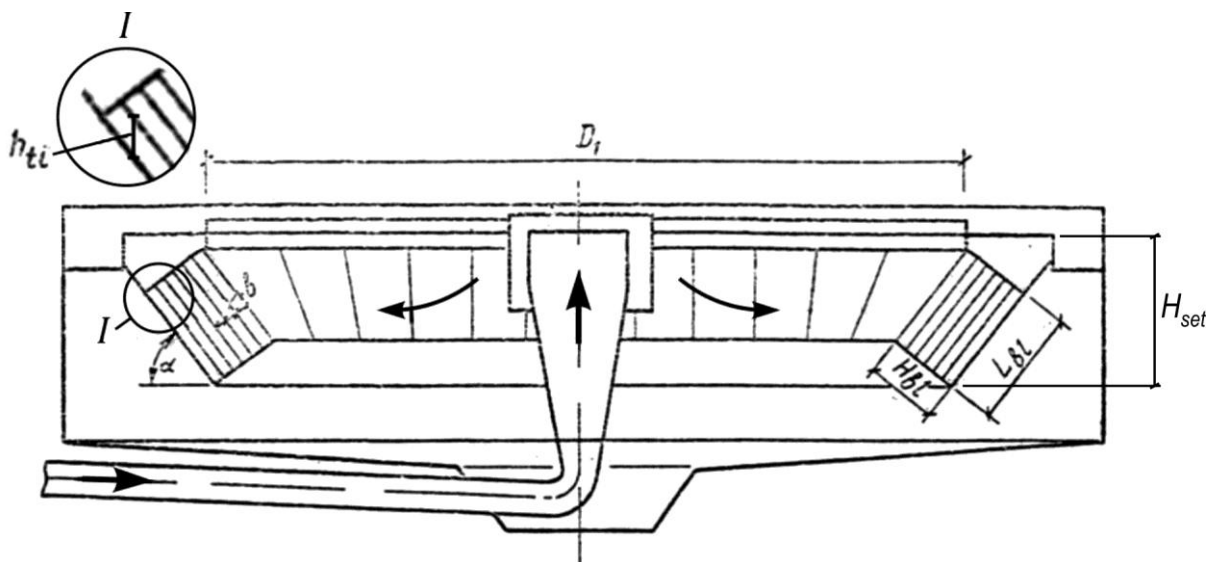


Рис. 4.6. Схема радіального відстійника, доповненого тонкошаровими блоками (модулями)

Для очищення міських стічних вод найчастіше використовують тонкошарові відстійники, що працюють за протитоковою схемою (коли стічна рідина й осад рухаються у протилежних напрямках).

Порядок розрахунків при реконструкції існуючих відстійників у тонкошарові у випадку протитокової схеми.

1. За табл. 31 [12] приймають висоту ярусу по вертикалі тонкошарового блоку h_{ti} , м; h_{ti} дорівнює висоті H_{set} і приймається рівною (0,025–0,20) м (при високих початкових концентраціях зважених речовин рекомендується приймати більші значення).
2. Призначають кут нахилу α пластин до горизонту, рівний 45-60°.
3. Визначають довжину пластин у ярусі:

$$L_{bl} = \frac{v_w \cdot h_{ti}}{U_0}, \text{ м} \quad (4.19)$$

де v_w – швидкість робочого потоку, мм/с (табл. 31 [12]); $v_w = (5-10)$ мм/с.

4. Конструктивно ухвалюють діаметр розташування блоків D_1 , м. Розраховують висоту тонкошарового блоку H_{bl} :

$$H_{bl} = \frac{q_{\max h} \cdot h_{ti}}{3,6\pi n D_1 L_{bl} K_{set} U_0}, \text{ м} \quad (4.20)$$

де $q_{\max h}$ – максимальна годинна витрата стічних вод, м³/год.;

n – кількість секцій відстійників;

$K_{set} = 0,5–0,7$ – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника, табл. 31 [12];

U_0 – гідравлічна крупність, затримуваних часток, яку рекомендується визначати в шарі, рівному висоті ярусу (h_{ti}). Значення лежить у межах: 0,15–0,25 мм/с.

5. Розраховують розмір тонкошарового блоку по вертикалі

$$H = L_{bl} \cdot \sin \alpha + H_{bl} \cdot \cos \alpha, \text{ м}, \quad (4.21)$$

який повинен бути не більше глибин проточної частини H_{set} реконструйованого відстійника. А якщо ні, то змінюють величини h_{ti} або α .

6. Визначають число ярусів у тонкошаровому блоці:

$$n_{ti} = \frac{H_{bl}}{h_{ti} \cos \alpha} \quad (4.22)$$

7. Перераховують обсяг осаду Q_{mud} , що виділяється відстоюванням за добу:

$$Q_{mud} = \frac{Q_d \cdot C_{en} - C_{ex}}{100 - P_{mud} \cdot \rho_{mud} \cdot 10^4}, \text{ м}^3/\text{доб.}, \quad (4.23)$$

де Q_d – середньодобовий приплив стічних вод, м³/доб.;

P_{mud} – вологість осаду, %, рівна 93,5 % (при видаленні осаду плунжерними насосами);

ρ_{mud} – густина осаду, рівна 1,05 т/м³;

C_{en} – початкова концентрація зважених речовин у стічній воді, що надходить у відстійник, мг/л;

C_{ex} – припустима кінцева концентрація зважених речовин у проясненій воді, мг/л;

4.3.2. Проектування відстійників з обертовим збірно-розподільним пристроєм

Відстійник з обертовим збірно-розподільним пристроєм конструкції І.В. Скирдова (рис. 4.7) застосовують для очищення побутових і виробничих стічних вод, що містять до 500 мг/л зважених речовин. Конструкція відстійни-

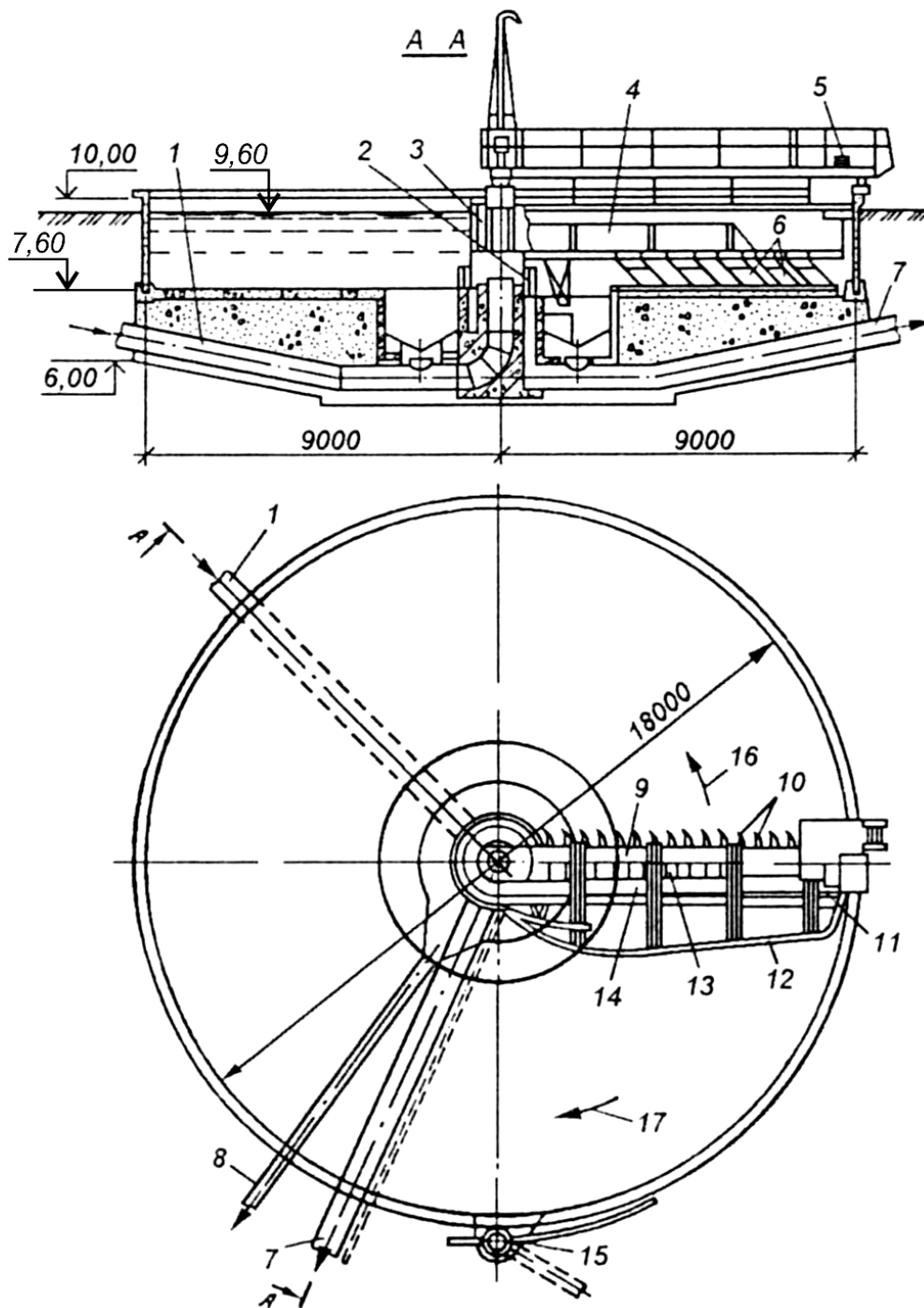


Рис. 4.7. Відстійник з обертвовим водорозподільним і водозбірним пристроєм: 1 – підвідний докер; 2 – повітряні затвори; 3 – центральна чаша; 4 – збірно-розподільний пристрій; 5 – периферійний привід; 6 – скребки; 7 – відвідний трубопровід освітленої води; 8 – мулопровід; 9 – затоплений лоток; 10 – лопатки, що спрямовують струмінь; 11 – водозлив; 12 – напівзанурена дошка; 13 – дно з щілинами; 14 – криволінійна перегородка; 15 – камера жирозбірника; 16 – напрям впуску стічної води; 17 – напрям руху збірно-розподільного пристрою.

ків забезпечує умови відстоювання стічних вод, близькі до лабораторних, у зв'язку з чим пропускна здатність цих відстійників вище пропускної здатності звичайних радіальних відстійників у середньому на 40 %. При збереженні наявної продуктивності ефект посвітління можна збільшити до 70 % [9, 13, 19-21].

Розрахунки водорозподільного й водозбірного пристрою зводяться до визначення форми в плані поздовжньої перегородки, що розділяє водорозподільний і водоприймальний лотки в обертовій воронці й глибини занурення кромки водозбірного водозливу.

Форма поздовжньої перегородки може бути виражена через змінну ширину B_p розподільного лотка.

Зміна глибини занурення водозливу по довжині водоприймального лотка залежить від зміни по радіусу витрати води, що віддаляється з відстійника. Глибину занурення водозливу $h_{сб}$ у міру віддалення від центру відстійника розраховують за формулою затопленого водозливу з тонкою стінкою.

Порядок розрахунків

1. Визначають значення гідравлічної крупності

$$U_0 = \frac{1000H_{set}K_{set}}{\alpha t_{set} \left(\frac{H_{set}K_{set}}{h_1} \right)^{n_2}}, \text{ мм/с}, \quad (4.24)$$

де H_{set} – глибина проточної частини у відстійнику, ($H_{set} = 0,8-1,2$ м, табл. 31 [12]);

K_{set} – коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника рівний 0,85 (табл. 31 [12]);

α – коефіцієнт, що враховує вплив мінімальної середньомісячної температури стічних вод (табл. П.5);

t_{set} – тривалість відстоювання відповідна до заданого ефекту посвітління й отримана в лабораторному циліндрі в шарі $h_1=0,5$ м. (табл. П.6);

n_2 – показник ступеня, що залежить від агломерації суспензії в процесі осадження; для міських стічних вод слід визначати за кресленням 2 [12].

2. Приймають кількість відділень відстійників n , не менше двох.
3. Визначають діаметр відстійника D_{set} , який округляють до найбільшого цілого значення або приймають рівним діаметру типових відстійників – 18 м або 24 м

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000 \cdot q_{maxs}}{\pi n K_{set} U_0 - v_{tb}}}, \text{ м}, \quad (4.25)$$

де q_{maxs} – максимальна секундна витрата стічних вод, м³/с;

v_{tb} – турбулентна складова, мм/с, для даного типу відстійника; приймають $v_{tb} = 0$ (табл. 32, [12]).

4. Визначають продуктивність одного відстійника

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

де d_{en} – діаметр впускного пристрою, рівний 1 м.

5. Визначають період обертання водорозподільного пристрою

$$T = \frac{1000 \cdot H_{set} \cdot K_{set}}{U_0}, \text{ с}. \quad (4.27)$$

6. Розраховують радіус водорозподільного лотка:

$$R_{л} = 0,5 D_{set} - b_3 \quad (4.28)$$

де b_3 – зазор між стінкою й фермою, рівний 0,1–0,15 м.

7. Розраховують ширину водорозподільного лотка:

$$B_p = n \sqrt{R_{л}^2 - l_{л}^2}, \text{ м}, \quad (4.29)$$

де n – відношення ширини водорозподільного лотка в його початку до радіуса відстійника, $n = 1/11$ або $1/12$;

$l_{л}$ – видалення розрахункового створу лотка від центру відстійника, м.

8. Розраховують глибину занурення водозливу (при коефіцієнті затоплення, що становить 0,8, і коефіцієнті витрати, рівному 0,45)

$$h_{сб} = 1,24 \left(\frac{q_{maxs}}{n R_{set}^2} \cdot l_{л} \right), \text{ м}, \quad (4.30)$$

де R_{set} – радіус відстійника, м.

9. Визначають загальну глибину відстійника:

$$H = H_{set} + H_{н} + H_0, \text{ м}, \quad (4.31)$$

де H_n – висота нейтрального шару, рівна 0,5–0,6 м;

H_0 – висота мулової частини, рівна 0,3–0,4 м.

10. За формулою (4.23) визначають об'єм осаду, виділюваного відстоюванням за добу.

4.3.3. Реконструкція існуючих радіальних відстійників у флотаційні біокоагулятори

Застосування тонкошарового відстоювання й відстійників з обертовим збірно-розподільним пристроєм дозволяє підвищити ефект очищення по зважених речовинах до 60–70 % тільки у випадку, якщо більша частина цих забруднень перебуває у крупнодисперсному стані. Якщо ж забруднення обумовлені частками розміром порядку 60 мкм і менше, розділити таку систему на окремі фази за допомогою сили гравітації представляє значні труднощі [23].

Аналіз причин низької ефективності роботи діючих очисних споруд, а також результати проведених досліджень дають підставу вважати, що при реконструкції й розширенні очисних споруд доцільно використовувати флотаційні методи очищення [24].

Переобладнання на флотатори первинних відстійників забезпечує збільшення продуктивності всього комплексу очисних споруд з одночасним підвищенням ефективності очищення при незначних капітальних витратах і в короткий термін [25-27].

В умовах реконструкції й розширення очисних споруд найбільш раціональною є напірна флотація [26-29].

При використанні флотації для первинного посвітління стічних вод найбільший ефект може бути отриманий при подачі у флотатори надлишкового активного мулу (метод флотаційної біокоагуляції) [30].

Перевагами методу флотаційної біокоагуляції є: висока продуктивність, ефективне видалення тонкодиспергової частини зважених речовин, ефективне видалення ПАР, нафтопродуктів, іонів важких металів, барвників та ін., більш повне зниження БПК стічних вод, насичення стічних вод киснем і поліпшення наступного біологічного очищення, більш низька вологість шламу у порівнянні з гравітаційними методами посвітління.

Також слід зазначити, що при флотаційній біокоагуляції використовується вся маса надлишкового активного мулу, який відділяється разом з грубодисперсними домішками. Ефективне ущільнення надлишкового активного мулу в процесі флотаційної коагуляції дозволяє виключити з технологічної схеми му-

лоущільнювачі й одночасно одержати значно менший обсяг флотаційного шламу, що підлягає обробці, у порівнянні з сумарним обсягом сирого осаду з відстійників і ущільненого активного мулу зі звичайних гравітаційних ущільнювачів. Завдяки зменшенню вологості й обсягів флотаційного шламу, спрощується його обробка в метантенках, на мулових майданчиках та в інших спорудах.

Необхідна пропускна здатність аеротенків створюється шляхом зниження БПК стічних вод у флотаційних біокоагуляторах. Робота споруд для обробки осаду при збільшенні продуктивності станції забезпечується завдяки більш низькій вологості шламу.

Окиснення деякої кількості органічних домішок помітно проявляється лише при використанні технологічної схеми з рециркуляцією робочої рідини (рис. П.4). У цьому випадку флотаційний біокоагулятор, по суті, виконує функцію аеротенку.

Переобладнання діючих радіальних первинних відстійників на флотаційні біокоагулятори полягає в оснащенні їх пристроями для розподілу й відведення стічних вод, що очищуються, розподілу робочої рідини, збору й видалення флотаційного шламу (рис. 4.8).

Робочу рідину, насичену повітрям, через ежекторний пристрій вводять у самопливний трубопровід, що подає стічні води у відстійник. Флотаційні біокоагулятори обладнують шламозбірними пристроями, до складу яких входять поверхневі шкребки, шламозбірні лотки й відповідні шламопроводи. Періодичність видалення шламу повинна бути не менше трьох раз на добу. Шламопровід у межах флотаційного біокоагулятора повинен мати діаметр не менше 300 мм.

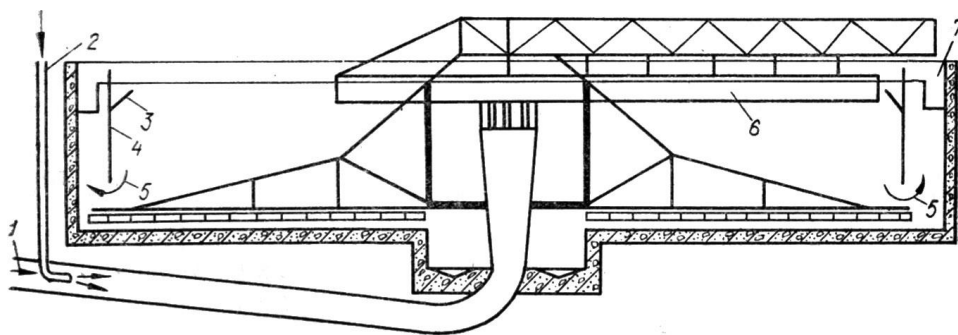


Рис. 4.8. Схема переобладнання радіального відстійника на флотаційний біокоагулятор: 1 – подача сирієї стічної води; 2 – подача робочої рідини; 3 – шламозбірний лоток; 4 – кільцева перегородка; 5 – відбір проясненої стічної води; 6 – шламозбірний шкребок, прикріплений до ферми; 7 – збірний лоток проясненої стічної води

Надлишковий активний мул доцільно вводити в канал або трубопровід стічних вод перед розподільною камерою флотаційних біокоагуляторів, забезпечуючи повне перемішування мулу зі стічною рідиною. При наявності лотка Поршала, встановленого за пісколовками, активний мул вводять перед цим пристроєм.

Режим роботи флотаційних біокоагуляторів характеризується наступними параметрами: тривалість перебування суміші стічних вод і робочої рідини у флотаційній камері – 35 хв; об'ємна доза повітря для флотації – 2–3 % сумарної витрати сирової стічної води й робочої рідини; доза надлишкового активного мулу, що вводиться у флотаційні біокоагулятори – 190–210 г/м³.

Значення ефекту добування нерозчинних домішок \mathcal{E} може бути прийняте:

- по зважених речовинах 55–65 %;
- по БПК – 30–40 %;
- нафтопродукти, ПАР, барвники, іони важких металів – 75–80 %.

Розрахунок флотаційних установок полягає у визначенні обсягу й розміру флотаційних камер, визначенні кількості шламу, що утворюється, і осадів, виборі насосів і визначенні місткості напірних баків.

Насоси, що застосовують для напірної флотації, повинні створювати надлишковий напір не менш 0,2–0,25 МПа. Повітря необхідно подавати в напірний трубопровід через ежектор, що встановлено або на самому трубопроводі, або на обвідній лінії (рис. 4.9). Подача через ежектор дозволяє доводити кількість підсмоктуваного повітря до 2,5–3,5 % витрати води, що проходить через насос.

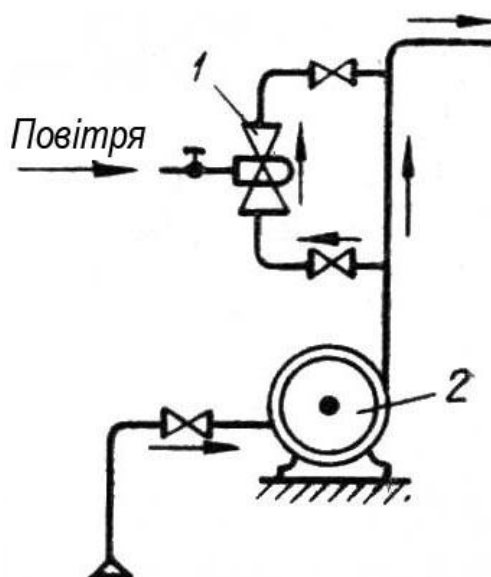


Рис. 4.9. Схеми подачі повітря через ежектор: 1 — ежектор; 2 — насос

При цьому обов'язково додаткове перемішування й диспергування повітря в напірному баку. Конструкції напірних баків наведено на рис. 4.10.

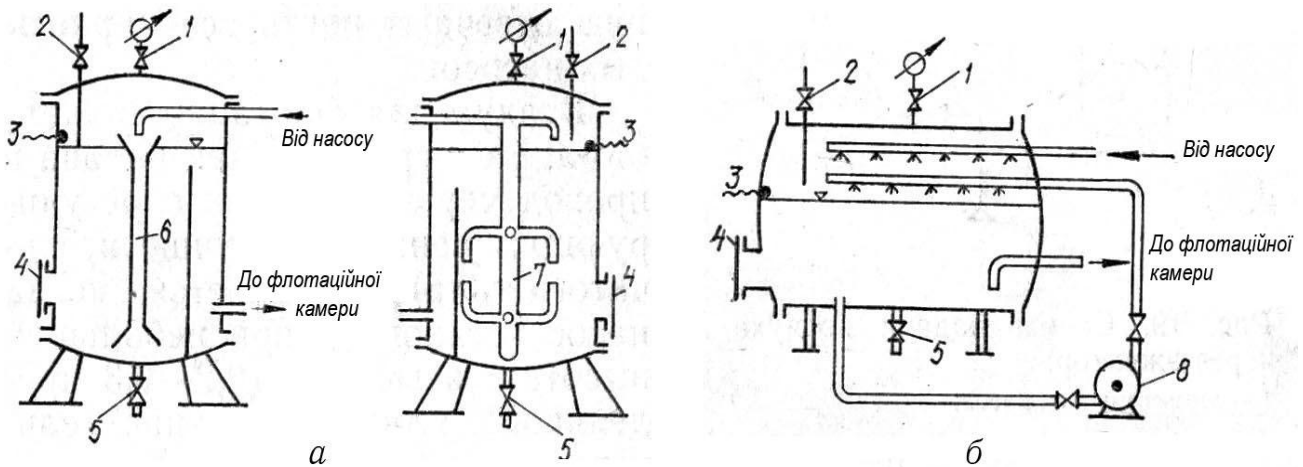


Рис. 4.10. Напірні баки: *а* — з пристроєм для перемішування й диспергування повітря; *б* — з перемішуванням рідини насосом; 1 — манометр; 2 — трубка для випуску надлишку повітря; 3 — датчик рівня води в баку; 4 — люк для очищення й огляду; 5 — грязьова труба; 6 — елеватор для змішування рідини з повітрям; 7 — пристрій для перемішування за способом зустрічних струменів; 8 — насос для перемішування рідини з повітрям

Порядок розрахунків при реконструкції існуючих відстійників у флотаційні біокоагулятори з рециркуляцією рідини

Схема переобладнання первинного радіального відстійника у флотаційний біокоагулятор з рециркуляцією робочої рідини наведена на рис. П.4.

1. Визначають кількість рециркуляційної рідини:

$$Q_{\text{рец}} = \frac{y_b \cdot C_{en} \cdot q_{\text{max}h}}{C_b}, \text{ м}^3/\text{ГОД} \quad (4.32)$$

де y_b — питома витрата повітря, л/кг (за графіком, рис. П.1);

C_{en} — початкова концентрація по зважених речовинах у стоці, що очищається, кг/м³;

$q_{\text{max}h}$ — максимальна годинна витрата стічних вод, м³/год;

C_b — концентрація повітря в рециркуляційній рідині, л/м³, прийнята попередньо 50–60 л/м³, тому що при великому ступені насичення буде потрібно збільшення тиску до 0,7–1,0 МПа й тривалості насичення до 10–12 хв.

2. Визначають концентрацію нерозчинених забруднень у суміші стічної й рециркуляційної рідин:

$$C_{\text{см}} = \frac{C_{\text{ен}} \cdot q_{\text{maxh}}}{q_{\text{maxh}} + Q_{\text{рец}}}, \text{ кг/м}^3 \quad (4.33)$$

3. За $C_{\text{см}}$ уточнюють питому витрату повітря y_b (рис. П.1) і за формулою (4.32) визначають уточнену рециркуляційну витрату $Q'_{\text{рец}}$ й приймають значення C'_B .
4. За прийнятним значенням C'_B визначають тиск у напірному баку (за графіком, рис. П.2) і обчислюють напір насосів:

$$H = mp + hw, \text{ МПа}, \quad (4.34)$$

де m – коефіцієнт, що вводиться з метою прискорення розчинення повітря в напірному баку, у межах від 1,5 при $p = 0,2$ МПа до 1,2 при $p = 0,6$ МПа;
 h_w – втрати напору в трубопроводах від насосів до бака, у соплах і отворах пристроїв, що перемішують (орієнтовно 0,05 МПа);

5. За значеннями $Q'_{\text{рец}}$ й H за табл. П.7 підбирають насоси. У випадку проблем з вибором насосів, що задовольняють отриманим значенням, необхідно додатково уточнити значення $Q'_{\text{рец}}$ й H .
6. За графіком (рис. П.3) визначають тривалість насичення t_H , хв., і обчислюють об'єм напірного бака:

$$V_8 = 1,25 \frac{Q'_{\text{рец}}}{60} \cdot t_H, \text{ м}^3, \quad (4.35)$$

де 1,25 – коефіцієнт, що враховує скупчення повітря у верхній частині бака.

При виборі насосів зі значенням H більше необхідного, тиск у баку підвищиться, тривалість насичення зменшиться, а отже, і обсяг бака також знизиться.

Недоцільно підбирати напірні баки з тривалістю насичення більше 3-4 хв. Краще при цьому допустити підвищення напору в насосі.

7. Обчислюють повний об'єм флотаційних камер W_ϕ , що складається з робочого обсягу W_p , обсягу, що виділяється під накопичення шламу $W_{\text{ш}}$ і деякого запасу:

$$W_\phi = n_{\text{ос}} W_p + 2 W_{\text{ш}}, \text{ м}^3, \quad (4.36)$$

$$W_p = Q_{\text{расч}} t_\phi, \text{ м}^3, \quad (4.37)$$

де $Q_{\text{расч}}$ – розрахункова витрата стічних вод, м³/год.; за розрахункову витрату приймають суму витрат $q_{\text{max}h} + Q'_{\text{рец}}$;

$t_{\text{ф}}$ – тривалість флоатації, год. (приймають рівною не менш 0,35 год.);

$n_{\text{ос}}$ – коефіцієнт, що враховує об'єм осадової частини, рівний 1,25–1,5;

$$W_{\text{ш}} = \frac{B_{\text{нач}} \Sigma E \cdot C_{\text{нач}} q_{\text{mid}h} \cdot 1,8 + 0,4t_{\text{ш}}}{20000\rho_{\text{нач}}\gamma}, \text{ м}^3; \quad (4.38)$$

$$t_{\text{ш}} = \frac{1,8B_{\text{нач}}\rho_{\text{сбр}}}{2B_{\text{сбр}}\rho_{\text{нач}} - 0,4B_{\text{нач}}\rho_{\text{сбр}}}, \text{ год}, \quad (4.39)$$

де $t_{\text{ш}}$ – тривалість накопичення шламу, год.;

$q_{\text{mid}h}$ – середня годинна витрата стічних вод, м³/год.;

$B_{\text{нач}}$, $B_{\text{сбр}}$ – коефіцієнти збільшення обсягу шламу за рахунок повітря, що міститься в ньому, звичайно $B_{\text{нач}} = 1,55$, а $B_{\text{сбр}} = 1,2$;

$\rho_{\text{нач}}$, $\rho_{\text{сбр}}$ – значення густини шламу на початку накопичення й до моменту скидання;

$\rho_{\text{нач}} = 100 - P_{\text{нач}}$, $\rho_{\text{сбр}} = 100 - P_{\text{сбр}}$ ($P_{\text{нач}}$ і $P_{\text{сбр}}$ – відповідні значення вологості);

$P_{\text{нач}} = 98,5 \%$, $P_{\text{сбр}} = 90 - 92 \%$;

$C_{\text{нач}}$ – розрахункова концентрація нерозчинених домішок, мг/л;

E – ефект виділення нерозчинених домішок, у частках одиниці;

γ – об'ємна маса сухої речовини шламу, т/м³, приймають рівною 1,1 т/м³.

Якщо в стоках міститься кілька видів нерозчинних домішок, що видаляються при флоатації з різним ефектом, величина $\Sigma E \cdot C_{\text{нач}}$ буде являти собою суму $E_1 \cdot C_1 + E_2 \cdot C_2 + \dots + E_n \cdot C_n$.

Якщо значення $t_{\text{ш}}$, отримане за формулою (4.39), виявиться занадто великим або від'ємним, це означає, що одержати шлам середньої вологості, рівній прийнятій величині $P_{\text{сбр}}$, неможливо, і в такому випадку має передбачатися його пошарове скидання, а значення $t_{\text{ш}}$ у розрахунках приймають рівним 7–9 год. (скидання шламу один раз на зміну).

8. Приймають робочу глибину флоатаційної камери h_p , рівну гідравлічній глибині існуючого відстійника H , за винятком висоти шару шламу $h_{\text{ш}} = 0,5$ м; $h_p = H - h_{\text{ш}}$, м.

При очищенні міських стічних вод (при великих продуктивностях) оптимальна робоча глибина повинна становити близько 3 м.

9. Обчислюють необхідну площу водного дзеркала флотаційної камери

$$F_{\phi} = \frac{W_{\phi}}{H}, \text{ м}^2. \quad (4.40)$$

10. Визначають кількість відстійників, які необхідно переобладнати на флотаційні біокоагулятори.

5. ПРИКЛАДИ РОЗРАХУНКІВ ЩОДО РЕКОНСТРУКЦІ ІСНУЮЧИХ ОЧИСНИХ СПОРУД

5.1. Приклад 1. Розрахунки з реконструкції механізованих решіток

Вихідні дані. На очисній станції встановлені решітки марки МГ7Т (2 робочі, 1 резервна). Параметри підвідних каналів перед решітками: $B_k = 800$ мм, $h_k = 870$ мм, $v_k = 0,83$ м/с.

Параметри загального каналу: $B_k^{\text{зар}} = 1200$ мм, $h_k = 950$ мм, $v_k = 1$ м/с.

Існуюча середньодобова витрата становить 46500 м³/доб. Максимальна секундна витрата очисної станції становить $829,17$ л/с. Наведене число жителів по зважених речовинах 160938 чол.

Завдання.

Розрахувати решітку марки РМН для реконструкції існуючих решіток.

Розрахунки.

З метою інтенсифікації процесу проціджування запропоновано замінити решітки МГ7Т на решітки марки РМН зі стрижнями з нержавіючої сталі марки 12Х18Н10Т, ширина прозорів – 6 мм. Форма перетину стрижнів – клиноподібна (6×10 мм).

Оскільки параметри каналів перед решітками не задовольняють удосконаленим решіткам РМН, необхідна також реконструкція підвідних каналів до решіток.

Для загального каналу:

$$q_c^{\text{зар}} = 1,4 \cdot 829,17 = 1160,84 \text{ л/с.}$$

Приймаємо 2 робочі решітки (1 резервна)

$$q_c^1 = 1160,84 : 2 = 580,42 \text{ л/с.}$$

За q_c^1 визначаємо розміри каналу перед решітками [11]:

$$B_k = 1000 \text{ мм, } h_k = 680 \text{ мм, } v_k = 0,86 \text{ м/с.}$$

Число прозорів визначаємо за витратою $q_{\text{max}S}^1$, л/с, згідно з формулою (4.1), де $q_{\text{max}S}^1 = q_{\text{max}S} : 2 = 829,17 : 2 = 414,59 \text{ л/с} = 0,41 \text{ м}^3/\text{с}$.

$$n = \frac{0,41}{0,006 \cdot 0,68 \cdot 1} \times 1,05 = 107 \text{ шт.}$$

Ширину однієї решітки визначаємо за формулою (4.2):

$$B_p^1 = 0,006 \cdot 107 - 1 + 0,006 \cdot 107 = 1,278 \text{ м.}$$

Приймаємо до установки механізовані решітки марки РМН (2 робочі, 1 резервну) Приймаємо ширину камери решітки за табл. П.2 [табл. 1.1, 13], рівною 1550 мм.

Коефіцієнт місцевого опору й втрати напору в решітках визначається за формулами (4.4) і (4.5)

$$\xi = 1,83 \cdot \left(\frac{0,006}{0,006} \right)^{4/3} \sin 60^\circ = 1,58;$$

$$h_{wp} = 1,58 \frac{0,86^2}{2 \cdot 9,81} \cdot 3 = 0,17 \text{ м.}$$

Довжина розширення перед решітками за формулою (4.6) становить:

$$l_1 = 1,37 \cdot 1,550 - 1 = 0,753 \text{ м.}$$

Загальну довжину камери решітки визначають за формулою (4.7):

$$l_p = 0,753 + 1,5 + 0,5 \cdot 0,753 = 2,63 \text{ м.}$$

Загальна будівельна висота камери решітки, формула (4.8):

$$H_{kp} = 0,68 + 0,17 + 0,32 = 1,17 \text{ м.}$$

Добова кількість викидів, затримуваних на решітках визначається за формулами (4.9) і (4.10). Відповідно до [1], кількість викидів, що знімаються із запропонованої конструкції решіток становить 48 л/рік·чол.

$$W_{\text{вик}} = \frac{48 \cdot 160938}{1000 \cdot 365} = 21,16 \text{ м}^3/\text{сут.} = 0,88 \text{ м}^3/\text{год.}$$

$$G_{\text{вик}} = 0,75 \cdot 21,16 = 15,87 \text{ т/доб.}$$

Для зниження обсягу скидів, що знімаються з решіток, проектуємо гідравлічний прес-транспортер марки 4Ш14 (табл. П.3).

5.2. Приклад 2. Розрахунки з реконструкції піскоуловлювачів

Вихідні дані. На очисній станції є горизонтальна піскоуловлювач з прямолінійним рухом води.

- кількість відділень, $n_s = 2$;
- ширина відділення, $b_s = 2,8$ м;
- довжина піскоуловлювача, $L_s = 15$ м;
- наведене число жителів по зважених речовинах, $N_{\text{пр}}^c = 160938$ чол.;
- середньодобова витрата очисної станції Q_d становить 46500 м³/доб.;
- максимальна секундна витрата, $q_{\text{max}s} = 0,83$ м³/с;
- мінімальна секундна витрата, $q_{\text{min}s} = 0,36$ м³/с.

Завдання 1. Для підтримання сталої швидкості руху стічних вод у горизонтальних піскоуловлювачах на відвідних каналах потрібно запроектувати непідтоплюваний водозлив з широким порогом без донного виступу.

Розрахунки

Відношення максимальної витрати до мінімальної:

$$K_q = \frac{0,83}{0,36} = 2,3.$$

Максимальне наповнення при розрахунковій швидкості $v_s = 0,3$ м/с

$$h_{\text{max}} = \frac{0,83}{2 \cdot 2,8 \cdot 0,3} = 0,49 \text{ м.}$$

Мінімальне наповнення при $v_s = 0,3$ м/с

$$h_{\text{min}} = \frac{0,36}{2 \cdot 2,8 \cdot 0,3} = 0,21 \text{ м.}$$

Перепад між дном піскоуловлювача й порогом водозливу визначають за формулою (4.17):

$$P = \frac{0,49 - 2,3^{\frac{2}{3}} \cdot 0,21}{2,3^{\frac{2}{3}} - 1} = 0,12 \text{ , м.}$$

Ширину водозливу визначають за формулою (4.18):

$$b_{\text{ст}} = \frac{0,83}{0,36 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 0,12 + 0,49^{\frac{3}{2}}}} = 1,09 \text{ м.}$$

Втратами напору від піскоуловлювача до водозливу зневажають.

Завдання 2. Запроектувати гідромеханічну систему транспортування осаду до приямка горизонтального піскоуловлювача.

Розрахунки

На початку піскоуловлювача нижче рівня днища передбачаємо пристрій бункера діаметром $D_6 = 2,5$ м.

При наведеному числі жителів по зважених речовинах $N_{\text{пр}}^c = 160938$ чол. обсяг осаду, що утворюється за добу, становить

$$V = \frac{N_{\text{пр}}^c \cdot 0,02}{1000} = \frac{160938 \cdot 0,02}{1000} = 3,21 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Довжина піскового лотка й змивного трубопроводу буде дорівнювати

$$l = 15 - 2,5 = 12,5 \text{ м.}$$

Передбачаємо вивантаження осаду 1 раз на добу. При цьому висота шару осаду в кожному відділенні до подачі промивної води буде становити

$$h_0 = \frac{V \cdot 0,7}{n_s l b_s} = \frac{3,21 \cdot 0,7}{2 \cdot 12,5 \cdot 2,8} = 0,032 \text{ м.}$$

Висота зони накопичення осаду із запасом повинна бути не менше

$$h = 1,5 \cdot 0,032 (0,1 + 1,0) = 0,05 \text{ м.}$$

З конструктивних міркувань приймаємо висоту піскового лотка $h_{\text{л}} = 0,2$ м, а гідромеханічну систему, що складається з двох змивних трубопроводів (див. рис. 4.2, 4.3).

Для розрахунків необхідної вихідної швидкості в лотку приймаємо: еквівалентний діаметр зерен піску $d_{\text{екв}} = 0,05$ см; відносне розширення піску $e = 0,1$; температуру стічної води 28 °С, при якій динамічний коефіцієнт в'язкості $\mu = 0,0084$ г/см·с.

Вихідна швидкість промивної води становить

$$v = 10 \cdot \frac{0,05^{1,31}}{0,084^{0,54}} \cdot 0,7 \cdot 0,1 + 0,17 = 0,63 \text{ см/с.}$$

Загальна витрата промивної води, що подавалася по одному змивному трубопроводу, становить (4.12)

$$q_l = \frac{0,0063 \cdot 2,8 \cdot 12,5}{2} = 0,11 \text{ м}^3/\text{с}.$$

При швидкості $v_{\text{тр}} = 3,0$ м/с діаметр змивного трубопроводу (4.13)

$$d_{\text{тр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 3,0}} = 0,21 \text{ м}.$$

Приймаємо діаметр змивного трубопроводу 200 мм. Швидкість руху води на початку його буде дорівнювати

$$v_{\text{тр}} = \frac{4q_l}{\pi d_{\text{тр}}^2} = \frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 0,2^2} = 3,52 \text{ м/с}.$$

Необхідний напір на початку змивного трубопроводу визначаємо за формулою (4.14):

$$H_0 = 5,6 \cdot 0,03 + 5,4 \frac{3,52^2}{2 \cdot 9,81} = 3,58 \text{ м}.$$

При відстані між сприсками $z = 0,4$ м, кількість їх на кожному змивному трубопроводі буде становити

$$n = \frac{2 \cdot 12,5}{0,4} = 63 \text{ шт}.$$

Діаметр отвору сприсків обчислюють за формулою (4.16):

$$d_{\text{спр}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 0,11}{3,14 \cdot 63 \cdot 0,82 \sqrt{2 \cdot 9,81 \cdot 3,58}}} = 0,018 \text{ м}.$$

5.3. Приклад 3. Розрахунки з реконструкції радіальних відстійників

Вихідні дані

А. Існуючі на міській очисній станції каналізації первинні радіальні відстійники мають 2 відділення діаметром $D_{\text{set}} = 30$ м і глибиною проточної частини $H_{\text{set}} = 3,1$ м.

Існуюча середньодобова витрата стічних вод $Q_d = 46500 \text{ м}^3/\text{доб.}$, максимальна годинна витрата $q_{\max h} = 2985 \text{ м}^3/\text{год.}$

При цій продуктивності у відстійнику затримуються частки гідравлічної крупності $U_0 = 1,37 \text{ мм/с}$, що не задовольняє існуючим вимогам. Заплановано підвищення ефекту відстоювання з існуючого значення $\mathcal{E} = 50 \%$ до $\mathcal{E} = 60 \%$ при незмінній пропускній здатності.

Аналіз характеристик забруднень показав, що необхідний ефект очищення забезпечується при виділенні домішок гідравлічною крупністю $0,2 \text{ мм/с}$ і більше.

Вміст зважених речовин у воді, що надходить, становить $C_{en} = 370 \text{ мг/л}$, вміст зважених речовин у проясненій воді $C_{ex} = 150 \text{ мг/л}$.

Завдання. Розрахувати тонкошарові блоки з протитоковою схемою роботи з метою реконструкції первинних радіальних відстійників.

Розрахунки. Приймаємо кут нахилу пластин тонкошарового блоку $\alpha = 45^\circ$.

Призначаємо за табл. 31 [12] висоту ярусу по вертикалі тонкошарового блоку $h_{ti} = 0,1 \text{ м}$, швидкість робочого потоку $v_w = 5 \text{ мм/с}$ і коефіцієнт використання обсягу проточної частини відстійника $K_{set} = 0,7$.

За формулою (4.19) знаходимо довжину ярусу тонкошарового блоку

$$L_{bl} = \frac{5 \cdot 0,1}{0,2} = 2,5 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр розташування блоків $D_1 = 27 \text{ м}$, і за формулою (4.20) знаходимо висоту тонкошарового блоку

$$H_{bl} = \frac{2985 \cdot 0,1}{3,6 \cdot 2 \cdot 3,14 \cdot 27 \cdot 2,5 \cdot 0,7 \cdot 0,2} = 1,4 \text{ м.}$$

За формулою (4.21) перевіряємо висоту тонкошарового блоку по вертикалі

$$H = 2,5 \cdot \sin 45^\circ + 1,4 \cdot \cos 45^\circ = 2,76 \text{ м,}$$

яка повинна бути менше глибини проточної частини існуючого відстійника ($H_{set} = 3,1 \text{ м}$).

За формулою (4.22) визначаємо кількість ярусів у тонкошаровому блоці

$$n_{ti} = \frac{1,4}{0,1 \cdot \cos 45^\circ} \approx 20 \text{ шт.}$$

За формулою (4.23) перераховуємо кількість осаду, що виділяється при відстоюванні за добу

$$Q_{mud} = \frac{46500 \cdot 370 - 150}{100 - 93,5 \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 150 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Вихідні дані.

Б. На очисній станції є первинні радіальні відстійники, що складаються з двох відділень діаметром $D_{set} = 30$ м. Середньодобова витрата міських стічних вод становить $Q_d = 46500 \text{ м}^3/\text{доб.}$; максимальна секундна витрата, $q_{max_s} = 0,83 \text{ м}^3/\text{с}$; вміст зважених речовин у воді, що надходить, $C_{en} = 370 \text{ мг/л}$, вміст зважених речовин у проясненій воді $C_{ex} = 150 \text{ мг/л}$; середньомісячна температура стічних вод за зимовий період – 12°C . Заплановане підвищення ефекту відстоювання до 60 % при незмінній пропускній здатності.

Завдання. Запроектувати первинні відстійники з обертовим збірно-розподільним пристроєм замість існуючих радіальних відстійників, що відслужили свій строк роботи.

Розрахунки.

Визначаємо необхідний ефект посвітління

$$E = \frac{370 - 150}{150} \cdot 100 = 60 \%$$

За табл. 31 [12] приймаємо глибину проточної частини у відстійнику $H_{set} = 1$ м, коефіцієнт використання об'єму проточної частини відстійника $K_{set} = 0,85$.

За табл. П.5 визначаємо коефіцієнт α , що залежить від середньомісячної температури стічних вод за зимовий період, $\alpha = 1,21$.

За табл. П.6 за допомогою інтерполяції знаходимо тривалість відстоювання t_{set} при необхідному ефекті посвітління $E = 60 \%$:

$$t_{set} = 970 - (970 - 680) \cdot (370 - 300) / (500 - 300) = 869 \text{ с.}$$

За кресленням 2 [12] знаходимо показник ступеня $n_2 = 0,23$ і за формулою (4.24) визначаємо значення гідравлічної крупності

$$U_0 = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0,85}{1,21 \cdot 869 \left(\frac{0,85 \cdot 1}{0,5} \right)^{0,23}} = 0,72 \text{ мм/с.}$$

Оскільки відстоювання здійснюється в стані спокою, значення турбулентної складової v_{tb} приймаємо відповідно до табл. 32 [12], рівною 0.

Приймаємо 2 відділення відстійника й за формулою (4.25) визначаємо його діаметр

$$D_{set} = \sqrt{\frac{4000 \cdot 0,83}{3,14 \cdot 2 \cdot 0,85 \cdot 0,72 - 0}} = 29,4 \text{ м.}$$

Приймаємо діаметр відділень $D_{set} = 30 \text{ м.}$

За формулою (4.26) визначаємо продуктивність одного відділення відстійника

$$q_{set} = 2,8 \cdot 0,85 \cdot 30^2 - 1^2 \cdot 0,72 - 0 = 1540 \text{ м}^3/\text{год.}$$

За формулою (4.27) знаходимо період обертання водорозподільного пристрою

$$T = \frac{1000 \cdot 1 \cdot 0,85}{0,72} = 1180,6 \text{ с} = 19,7 \text{ хв.}$$

За формулою (4.28) розраховуємо радіус водорозподільного пристрою

$$R_{л} = 0,5 \cdot 30 - 0,15 = 14,85 \text{ м.}$$

За формулами (4.28) розраховуємо ширину водорозподільного лотка B_p і глибину занурення водозливу $h_{сб}$, задаючись віддаленням розрахункового створу лотка $l_{л}$ від центру відстійника через 1 м (будуємо робочу схему). Результати розрахунків зводимо в таблицю:

$l_{л}, \text{ м}$	0	1	2	3	4	5	6	7
$B_p, \text{ м}$	1,233	1,230	1,221	1,207	1,187	1,161	1,127	1,087
$h_{сб}, \text{ м}$	0	0,018	0,029	0,038	0,045	0,053	0,059	0,063
$l_{л}, \text{ м}$	8	9	10	11	12	13	14	14,85
$B_p, \text{ м}$	1,038	0,980	0,911	0,828	0,726	0,596	0,411	0
$h_{сб}, \text{ м}$	0,072	0,078	0,084	0,090	0,095	0,010	0,105	0,110

За формулою (4.29) визначаємо загальну глибину відстійника

$$H = 1 + 0,6 + 0,4 = 2,0 \text{ м.}$$

За формулою (4.23) визначаємо обсяг осаду, виділюваного при відстоюванні за добу

$$Q_{\text{муд}} = \frac{46500 \cdot 370 - 150}{100 - 93,5 \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 150 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Вихідні дані.

В. Існуючі на міській очисній станції каналізації первинні радіальні відстійники мають 2 відділення діаметром $D_{\text{set}} = 30$ м, глибину проточної частини $H_{\text{set}} = 3,1$ м.

Існуюча середньодобова витрата стічних вод $Q_d = 46500 \text{ м}^3/\text{доб.}$, максимальна годинна витрата $q_{\text{max}h} = 2985 \text{ м}^3/\text{год.}$, середня годинна витрата $q_{\text{mid}h} = 1962,5 \text{ м}^3/\text{год.}$; середньомісячна температура стічних вод за літній період $T_w = 20^\circ\text{C}$. Початкові концентрації: по зважених речовинах $C_{en} = 400 \text{ мг/л}$, по БПК — $L_{en} = 380 \text{ мг/л}$, зважені речовини утворені суспензією, що важко осідає. Присутні токсичні домішки: концентрація нафтопродуктів — $5,5 \text{ мг/л}$; концентрація ПАР — 12 мг/л . Заплановано підвищення ефекту відстоювання (E) до 63 % при незмінній пропускній здатності.

Завдання. Розрахувати флотаційні біокоагулятори з рециркуляцією рідини з метою реконструкції первинних радіальних відстійників.

Розрахунки

За формулою (4.32) визначають кількість рециркуляційної рідини

$$Q_{\text{рец}} = \frac{23,5 \cdot 0,4 \cdot 2985}{55} = 510,16 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Визначаємо за формулою (4.33) концентрацію нерозчинених забруднень у суміші стічної й рециркуляційної рідини

$$C_{\text{см}} = \frac{0,4 \cdot 2985}{2985 + 510,16} = 0,342 \text{ кг/м}^3.$$

При $C_{\text{см}} = 0,342 \text{ мг/л}$ питома витрата повітря $u_B = 25 \text{ л/кг}$ (графік П.6). За формулою (4.32) визначаємо уточнену рециркуляційну витрату

$$Q'_{\text{рец}} = \frac{25 \cdot 0,4 \cdot 2985}{55} = 542,73 \text{ м}^3/\text{год.}$$

При прийнятому значенні $C'_B = 55 \text{ л/м}^3$ і $T_w = 20^\circ\text{C}$ $p = 0,32 \text{ МПа}$ (графік П.7)

За формулою (4.34) обчислюємо напір насосів:

$$H = 1,42 \cdot 0,32 + 0,05 = 0,50 \text{ МПа.}$$

За значеннями $Q'_{\text{рец}} = 542,73 \text{ м}^3/\text{год}$ і $H = 0,50 \text{ МПа}$ підбираємо за табл. П.7 два насоси марки 2СМ200-150-500/4а.

Відповідно до фактичного значення напору $H = 0,64 \text{ МПа}$ тривалість насичення t_n за графіком (рис. П.3) становить 1,8 хв.

Визначаємо за формулою (4.35) об'єм напірного бака

$$V_6 = 1,25 \frac{542,73}{60} \cdot 1,8 = 20,0 \text{ м}^3.$$

Приймаємо напірний бак ємністю 20 м^3 , діаметром 2,4 м, робочою глибиною $H_p = 4,81 \text{ м}$ за ТП Т-2425-3 (табл. П.8).

Обчислюємо розрахункову витрату стічних вод, що надходять у флотаційну камеру

$$Q_{\text{расч}} = 2985 + 542,73 = 3527,8 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Визначаємо за формулою (4.37) робочий об'єм флотаційної камери

$$W_p = 3527,8 \cdot 0,35 = 1234,5 \text{ м}^3. \quad (6)$$

Визначаємо величину $\Sigma E \cdot C_{\text{нач}}$:

$$\Sigma E \cdot C_{\text{нач}} = 0,63 \cdot 400 + 0,4 \cdot 390 + 0,8 \cdot 5,5 + 0,8 \cdot 12 = 422 \text{ мг/л}.$$

Знаходимо за формулою (4.39) тривалість накопичення шламу

$$t_{\text{ш}} = \frac{1,8 \cdot 1,55 \cdot 8}{2 \cdot 1,2 \cdot 1,5 - 0,4 \cdot 1,55 \cdot 8} = -16,4 \text{ год}.$$

Приймаємо $t_{\text{ш}} = 8 \text{ год}$.

Обчислюємо об'єм, що виділяється під накопичення шламу за формулою (4.38):

$$W_{\text{ш}} = \frac{1,55 \cdot 422 \cdot 1962,5 \cdot 1,8 + 0,4 \cdot 8}{20000 \cdot 1,5 \cdot 1,1} = 194,5 \text{ м}^3.$$

Повний обсяг флотаційної камери визначаємо за формулою

$$W_{\text{ф}} = 1,5 \cdot 1234,5 + 2 \cdot 194,5 = 2240,8 \text{ м}^3.$$

Робоча глибина флотаційної камери становитиме

$$h_p = 3,4 - 0,5 = 2,9 \text{ м}.$$

Необхідна площа водного дзеркала за формулою (4.40) становить

$$F_{\phi} = \frac{2240,8}{3,4} = 659 \text{ м}^2.$$

Приймаємо до реконструкції у флотаційний біокоагулятор один існуючий первинний відстійник діаметром $D_{set} = 30$ м.

Другий відстійник, що не реконструюється, може бути використаний для попереднього грубого відстоювання стічних вод, як ємність для аеробної стабілізації флотаційного шламу або з іншою метою. При використанні відстійників, що звільнилися, звичайно потрібне нарощування бортів підвідних лотків, переливних кромок водозливів та інших споруд.

ЛИТЕРАТУРА

1. Яковлев С.В. Водоотведение и очистка сточных вод: Учебник для вузов / С.В. Яковлев, Ю.В. Воронов. – М.: АСВ, 2002. – 704 с.
2. Войтов Е.Л. Доочистка городских сточных вод на радиальных фильтрах: дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.04 / Е.Л. Войтов. – Красноярск, 2004. – 240 с.
3. Козлов М.Н. М-Дефанокс — новая многоплановая система удаления биогенных элементов / М.Н. Козлов, М.В. Кевбрина, А.Ю. Николаев и др. // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 10. – С. 55-60.
4. Залетова Н.А. Опыт эксплуатации очистных сооружений с применением двухступенчатой схемы нитри-денитрификации / Н.А. Залетова // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 11. – С. 33-38.
5. Душко А.О. разработка технологии третичной очистки городских сточных вод : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.04 / А.О. Душко. – М., 2009. – 149 с.
6. Куликов Д.Н. Технология трехиловой биологической очистки городских сточных вод : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.04 / Д.Н. Куликов – Р.-н-Д., 2009. – 150 с.
7. Пахомов А.Н. Модернизация первичного отстойника / А.Н. Пахомов, С.А. Стрельцов, Н.А. Белов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 10. – С. 68-72.
8. Хреков Н.Б. Повышение эффективности работы цеха механической очистки станции аэрации г. Саратова / Н.Б. Хреков, В.Я. Борисов // Водоснабжение и санитарная техника. – 2011. – № 9. – С. 63-65.
9. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод. Навч. посібн. / В.А. Ковальчук – Рівне: ВАТ "Рівненська друкарня", 2003. – 622 с.
10. Ласков Ю.М. При меры расчетов канализационных сооружений: Учебн. пос. для вузов / Ю.М. Ласков, Ю.В. Воронов, В.Н. Калицун – М.: Высш. шк., 1981. – 232 с.
11. Федоров Н.Ф. Гидравлический расчет канализационных систем / Н.Ф. Федоров, Л.Е. Волков – М.: Стройиздат, 1976. – 121 с.
12. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Стройиздат, 1985. – 72 с.

13. Справочник проектировщика. канализация населенных мест и промышленных предприятий / Под общ. ред. В.Н. Самохина. – М.: Стройиздат, 1981. – 639 с.
14. Баженов В.Н. Реконструкция сооружений на станциях по очистке сточных вод / В.Н. Баженов, А.Н. Энов // Водоснабжение и канализация. – 2010. – № 5-6. – С. 79-91.
15. Сіньов О.П. Інтенсифікація роботи і реконструкція каналізаційних очисних споруд : Навч. пос. / О.П. Сіньов. – К.: ІСДО, 1994. – 136 с.
16. Орлов А.В. Интенсификация работы очистных сооружений с использованием пневмогидравлических аэраторов : дисс. ... канд. техн. наук : 05.23.04 / А.В. Орлов – Иркутск, 2010. – 139 с.
17. Карюхина Т.А. Контроль качества воды / Т.А. Карюхина, И.Н. Чурбанова. – М.: Стройиздат, 1977. – 135 с.
18. Демура М.В. Проектирование тонкослойных отстойников / М.В. Демура. – К.: Будівельник, 1981. – 52 с.
19. Проектирование сооружений для очистки сточных вод: Справочное пособие к СНиП / Всесоюз. комплекс. науч.-исслед. и констр.-технол. ин-т водоснабжения, канализации и инж. гидрогеологии. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
20. Гудков А.Г. Механическая очистка сточных вод: Учеб. пос. / А.Г. Гудков. – Вологда: ВОГТУ, 2003. – 152 с.
21. Очистка сточных вод (примеры расчетов): Учеб. пос. для вузов по спец. "Водоснабжение и канализация" / М.П. Лапицкая, Л.И. Зуева, Н.М. Балаеслул, Л.В. Кулешова. – Мн.: Высш. шк., 1983. – 255 с.
22. Реконструкция и интенсификация работы канализационных очистных сооружений / Ю.В. Воронов, В.П. Саломеев, А.Л. Ивгатов и др. / Под ред. С.В. Яковлека. – М.: Стройиздат, 1990. – 224 с.
23. Небеснова Т.В. Коллоидно-химические закономерности флотации тонкоэмульгированных органических веществ : дисс. ... канд. техн. наук : 02.00.11 / Т.В. Небеснова – Одесса, 2002. – 150 с.
24. Мацнев А.И. Водоотведение на промышленных предприятиях / А.И. Мацнев. – Львов: Вища школа, 1986. – 200 с.
25. Синев О.П. Интенсификация биологической очистки сточных вод / О.П. Синев. – К.: Техніка, 1983. – 110 с.

26. Ксенофонтов Б.С. Очистка сточных вод. Флотация и сгущение осадков / Б.С. Ксенофонтов. – М.: Химия, 1992. – 143 с.
27. Алексеев Е.В. Физико-химическая очистка сточных вод: Учеб. пос. / Е.В. Алексеев. – М.: Издат. ассоциации строит. вузов, 2007. – 248 с.
28. Мацнев А.И. Очистка сточных вод флотацией / А.И. Мацнев. – К.: Будівельник, 1976. – 132 с.
29. Козодаев А.С. Экологическая оценка влияния складирования осадков сточных вод на окружающую среду и пути интенсификации флотационного сгущения активного ила : дисс. ... канд. техн. наук : 05.00.16 / А.С. Козодаев – М., 2009. – 191 с.
30. Синев О.П. Реконструкция и расширение очистных сооружений / О.П. Синев, А.И. Мацнев, А.П. Игнатенко. – К.: Будівельник, 1981. – 44 с.

ДОДАТКИ

Таблиця П.1

Технічні характеристики ступінчастих решіток

Найменування параметра	Марка решітки				
	РС-500	РС-630	РС-1000	РС-1560	РС-1960
Ширина каналу, мм	500	630	1060	1560	1960
Ширина фільтруючої частини, мм	350	440	840	1270	1670
Загальна висота, мм	1320	1580	2530	4420	5050
Довжина, мм	850	1160	1440	2420	2820
Максимальна глибина каналу, мм	800	1000	1500	2070	3000
Максимальний рівень рідини перед решіткою, мм	500	660	1200	1400	2200
Ширина прозорів, мм	2	2	2	4	6
Товщина фільтруючих пластин, мм	2	3	3	3	3
Продуктивність по стічній воді, м ³ /год	210	280	970	2500	5900
Потужність електродвигуна, кВт	0,37	1,5	1,5	2,2	2,2

Таблиця П.2

Основні показники механізованих решіток

Марка	Номінальні розміри каналу $B \times H$, мм	Ширина прозорів, мм	Ширина каналу в місці встановлення решітки, мм	Число прозорів решітки
РМУ-1	600×800	16	685	21
РМУ-2	1000×1000	16	1550	39
РМУ-3	1000×2000	16	1550	39
РМУ-4Б	1500×2000	16	2035	60
РМУ-5Б	2000×2000	16	2535	84
РМУ-6	2000×2500	16	2535	84
РМУ-7	2500×3000	16	3035	107
МГ 5Т	2000×2000	16	2290	84
МГ 6Т	2000×2000	16	2290	84
МГ 7Т	800×1400	16	950	31
МГ 8Т	1400×2000	16	1570	55
МГ9Т	1000×1200	16	1140	39
МГ ЮТ	1000×2000	16	1200	39
МГ ИТ	1000×1600	16	1200	39
МГ 12Т	1600×2000	16	1790	64
РМН - 1	800×2000	6	950	за розрахунком
РМН - 2	1000×1000	6	1150	

Таблиця П.3

Технічні дані прес-транспортерів фірми «РИОТЭК»

Найменування параметра	Марка		
	ПТГ-250	ПТГ-300	ПТГ-300М
Габаритні розміри, мм	2983×370×215	2938×52,3×470	–
Потужність електродвигуна, кВт	11	11	5,5
Продуктивність, м ³ /год.	6,0	8,3	4,75

Таблиця П.4

Характеристика транспортерів

Тип і марка прес-транспортера	Продуктивність	Продуктивність прес-транспортера, м ³ /год	Зусилля пресування, кг/см ²	Висота подачі, м	Потужність ел. двигуна, кВт
ЧШ 14	Розробка МВК НИИпроект	0,9	80	15	4,0
ГПТ-4М	АКХ ім. Памфілова	4,0	100	15	5,5
ПТ.000	ЦКБ ТМ	5,0	80	15	10,0

Таблиця П.5

Значення коефіцієнта α при різних значеннях мінімальної середньомісячної температури стічних вод $T_{\min}^{\text{см}}$, °С.

$T_{\min}^{\text{см}}$	60	50	40	30	25	20	15	10	5	0
α	0,45	0,55	0,66	0,8	0,9	1,0	1,1	1,3	1,5	1,8

Таблиця П.6

Тривалість відстоювання стічних вод залежно від ефекту їх посвітління (табл. 12.1 [13])

Ефект посвітління стічних вод, \mathcal{E} , %	Тривалість відстоювання t_{set} с, в шарі $h_1 = 0,5$ м при концентрації зважених речовин, мг/л			
	100	200	300	500
20	600	300	–	–
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390
50	1900	900	640	450
60	3800	1200	970	680
70	–	3600	2600	1830

Таблиця П.7

Характеристики насосів СМ и 2СМ

Найменування	Подача, м ³ /час	Напір, м	Потужність ел. двигуна, кВт	Частота обертання валу, об/хв.
2СМ 80-50-200/4	25	12,5	3	1500
2СМ 80-50-200/4а	22	10,5	2,2	1500
2СМ 80-50-200/46	20	9	1,5	1500
2СМ 80-50-200/2	50	50	15	3000
2СМ 80-50-200/2а	45	43	11	3000
2СМ 80-50-200/26	40	35	11	3000
2СМ 65-50-125/2	50	20	5,5	3000
2СМ 65-50-125/2а	47	17	4	3000
2СМ 65-50-125/26	45	13	4	3000
2СМ 100-65-200/4	50	12,5	4	1500
2СМ 100-65-200/4а	43	10,5	3	1500
2СМ 100-65-200/46	38	8	2,2	1500
2СМ 100-65-200/2	100	50	30	3000
2СМ 100-65-200/2а	86	42	22	3000
2СМ 100-65-200/26	75	32	18,5	3000

Таблиця П.8

Основні параметри напірних баків (табл. 14.1 [30])

Ємність, м ³	Діаметр D , м	Висота, м		№ типового проекту Т-2425	
		робоча, H_p	загальна, H		
8	2	} 4,81	} 4,88	}	1
16	2,2				2
20	2,4				3

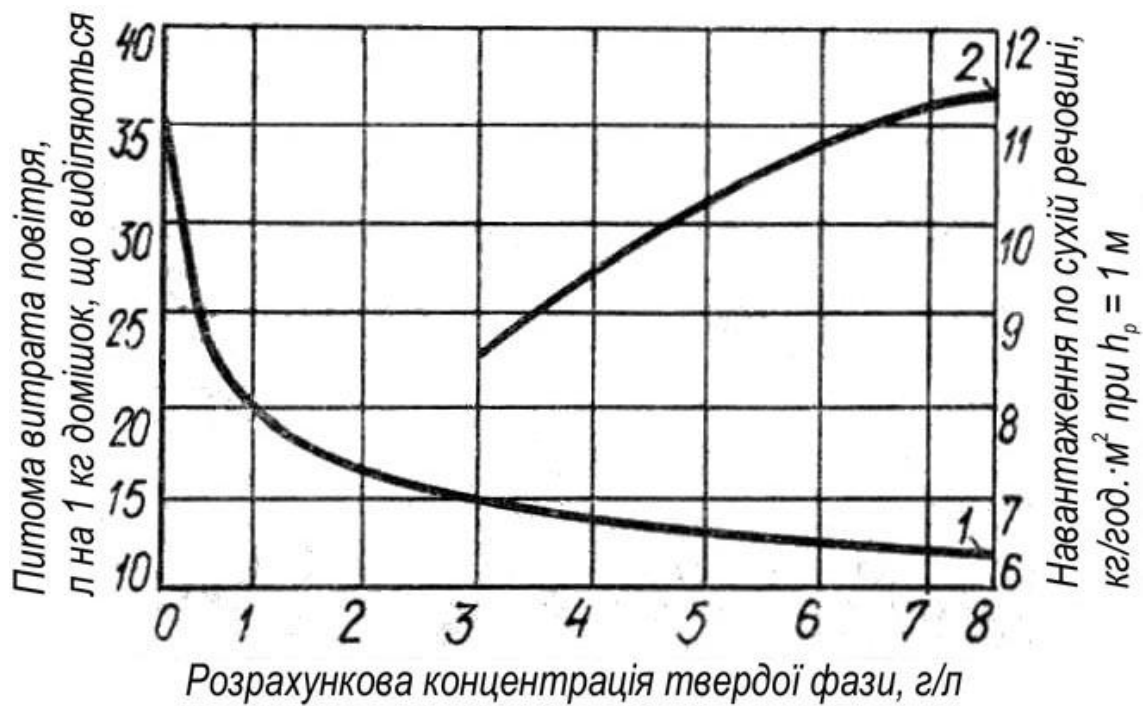


Рис. П.1. Залежність питомої витрати повітря й навантаження по сухій речовині від концентрації твердої фази: 1 — питома витрата повітря; 2 — максимально припустиме навантаження по сухій речовині

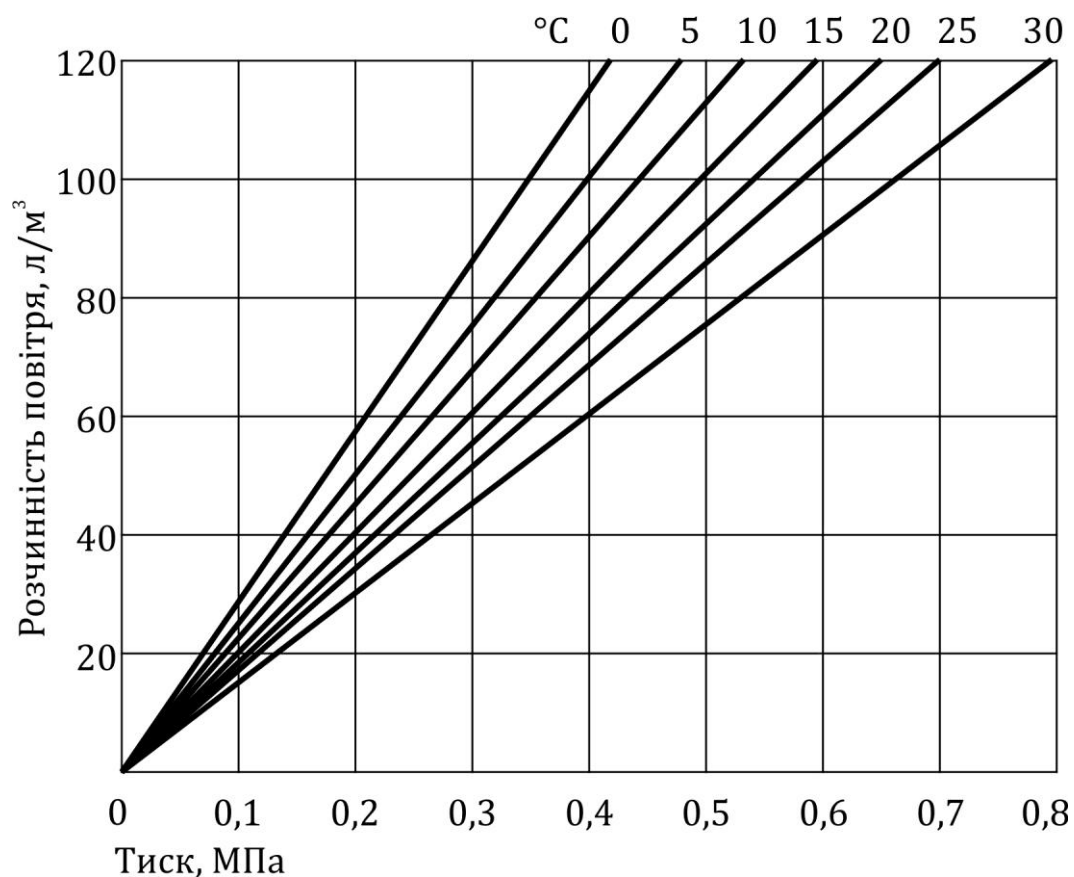


Рис. П.2. Залежність розчинності повітря у воді від тиску й температури

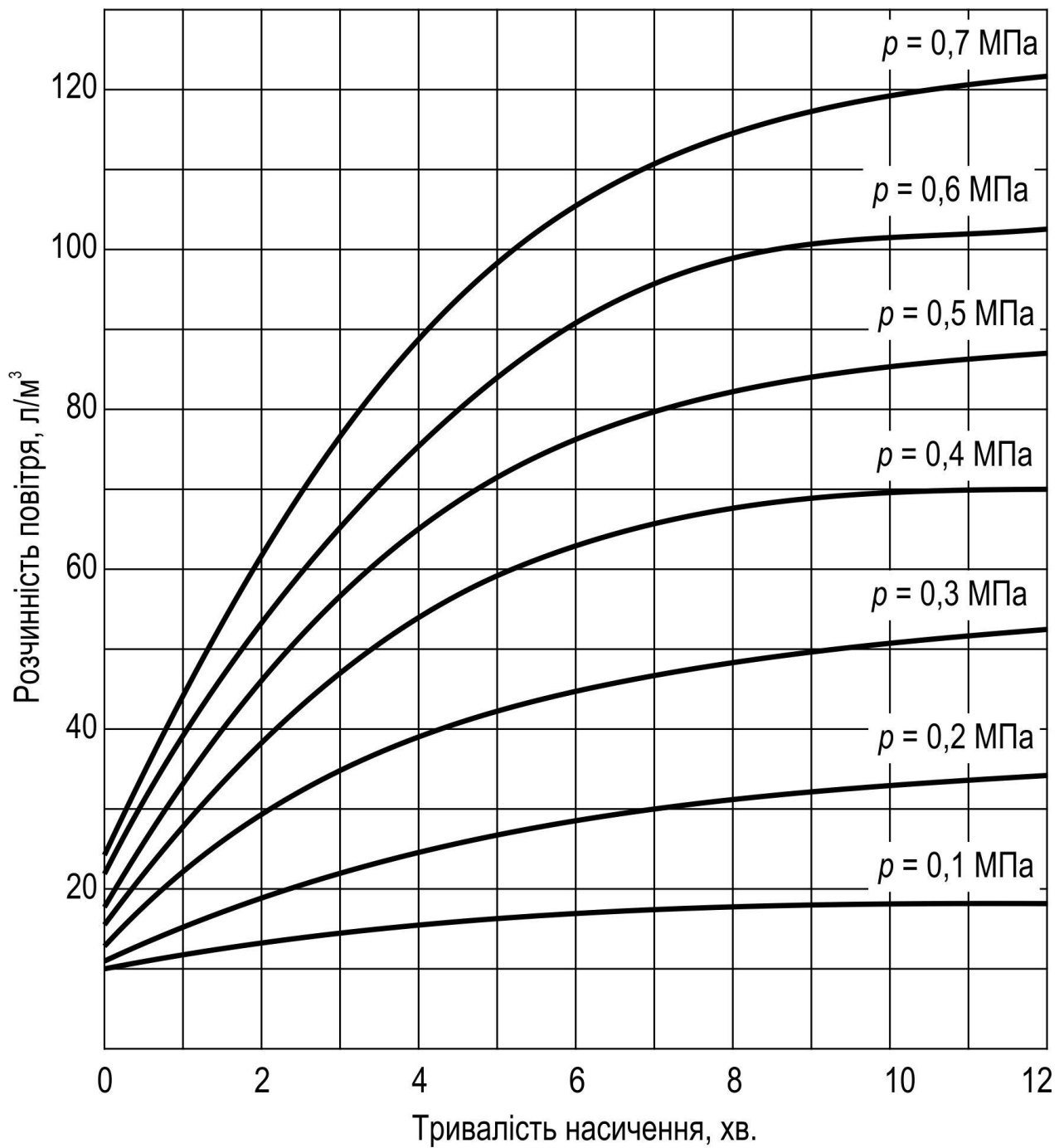


Рис. П.3. Залежність розчинності повітря у воді від тиску й тривалості насичення

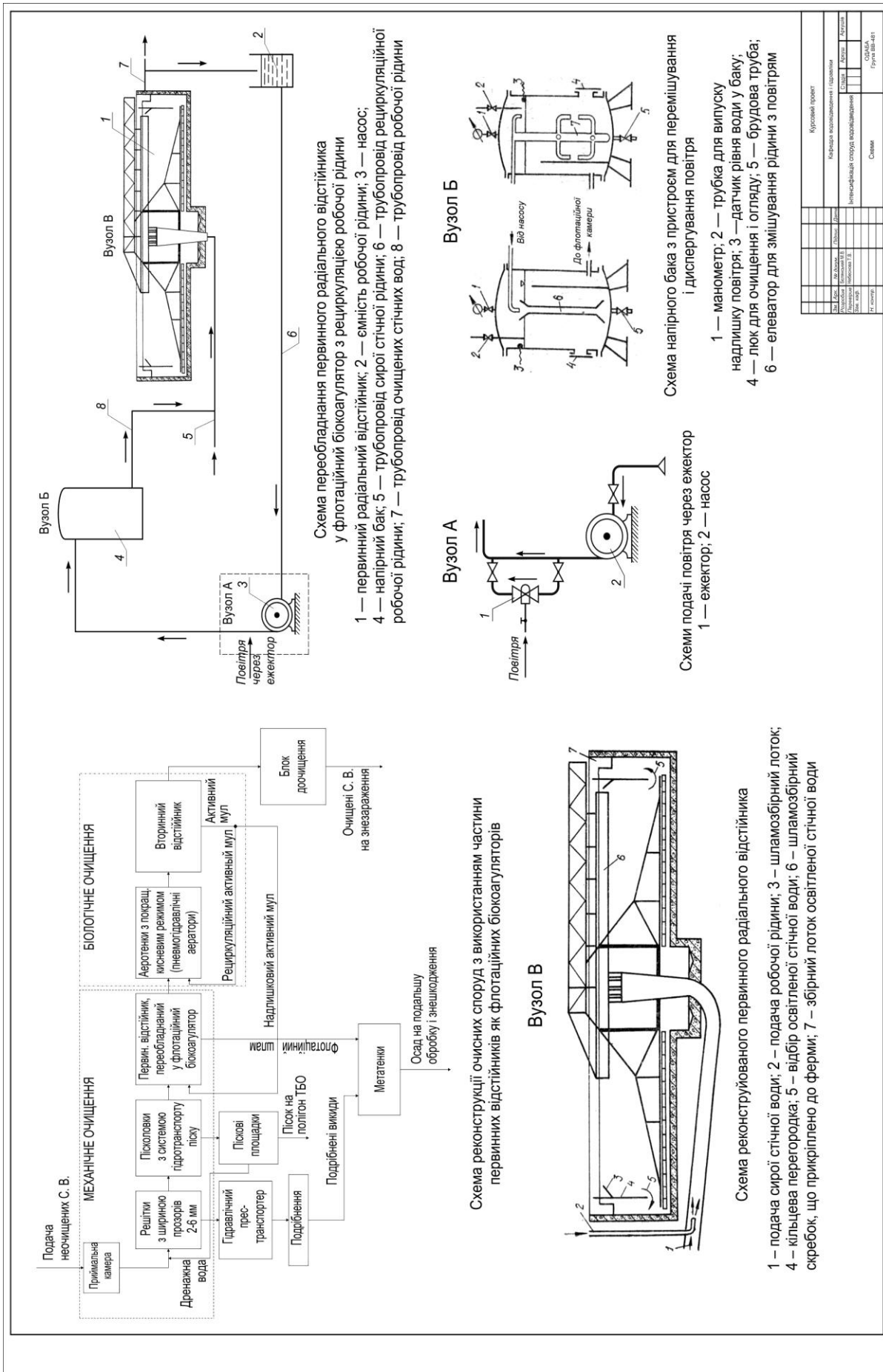


Рис. П.4. Приклад оформлення графічної частини проекту