

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
Національний технічний університет України  
“Київський політехнічний інститут”

Факультет біотехнології і біотехніки

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**

з дисципліни «Біотехнології очищення води»  
напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія»

Електронне видання

Київ -2013

Методичні вказівки до виконання курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» напряму підготовки 6.051401 - біотехнологія. Електронне видання. Уклад.: Саблій Л.А., Бойчук С.Д., Жукова В.С. – К.: НТУУ «КПІ», 2013.–58с.

Гриф «Рекомендовано вченою радою факультету біотехнології і біотехніки НТУУ «КПІ»

(Протокол № 7 від 26 червня 2013 р.)

Навчальне видання

**МЕТОДИЧНІ ВКАЗІВКИ**  
**ДО ВИКОНАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ**  
**з дисципліни «Біотехнології очищення води»**  
напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія»

*Укладачі:* д.т.н, проф. Саблій Л.А., к.т.н. Бойчук С.Д., Жукова В.С.

*Відповідальний редактор:* д.х.н., проф. Кузьмінський Є. В.

*Рецензент:* к.т.н., доц. Денисюк П. Л.

## ЗМІСТ

ВСТУП .....	4
1 Мета та завдання курсового проекту .....	5
2 Завдання на курсовий проект.....	5
3 Склад, обсяг і структура курсового проекту .....	5
4 Рекомендації до виконання розділів пояснювальної записки .....	7
5 Вказівки до виконання розділів курсового проекту.....	11
5.1 Приклади оформлення розрахунків першого розділу ПЗ «Розрахункові витрати і концентрації забруднень стічних вод міста» .....	11
5.2 Приклади оформлення розрахунків п'ятого розділу ПЗ «Розрахунки необхідного ступеню очищення стічних вод міста» .....	13
5.3 Приклад розрахунку варіанту з використанням аеротенку .....	17
5.4 Приклад розрахунку варіанту з використанням біофільтра .....	28
5.5 Приклад розрахунку варіанту з використанням метантенка .....	34
5.6 Приклад розрахунку варіанту з використанням аеробного стабілізатора .....	42
6 Рекомендації до виконання графічної частини проекту .....	44
7 Вказівки про порядок захисту проекту.....	44
8 Список рекомендованої літератури.....	47
9 Додатки.....	48

## ВСТУП

Методичні вказівки призначені для студентів денної та заочної форми напряму підготовки 6.051401 «Біотехнологія». У вказівках намічена послідовність виконання курсового проекту, даються рекомендації із розрахунку та проектування споруд для очищення стічних вод і обробки осадів. Нормативні та довідкові дані наведено у додатках до даних методичних вказівок.

Вказівки не є єдиним джерелом всіх необхідних відомостей для курсового проектування. Успішне виконання курсового проекту потребує широкого використання підручників, навчальних посібників, нормативної літератури, довідників та проектної документації. Список рекомендованих літературних джерел наведений у розділі 8 методичних вказівок.

Зміст рекомендацій до розрахунків відповідає вимогам будівельних норм та правил СНіП 2.04.03-85 [1], СанПіНа №4630-88 [2] та враховує вітчизняний досвід експлуатації очисних споруд систем водовідведення.

## 1 МЕТА ТА ЗАВДАННЯ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Мета курсового проекту – закріплення лекційного матеріалу шляхом проектування та розрахунку окремих споруд технологічних схем очищення стічних вод.

У результаті виконання курсового проекту студенти повинні навчитися використовувати довідкову та нормативну літературу, проектну та конструкторську документацію, виконувати розрахунки і проектувати окремі споруди і їх вузли, за даними виконаних розрахунків обирати найбільш економічні, ефективні споруди та технологічні схеми.

## 2 ЗАВДАННЯ НА КУРСОВИЙ ПРОЕКТ

Завдання видається кожному студенту особисто впродовж двох тижнів навчання від початку семестру. Перелік тем курсових проектів наведено в робочій навчальній програмі.

Текст завдання підписується студентом, що буде виконувати курсовий проект, керівником курсового проекту та завідувачем кафедри.

Зразок завдання та вихідні дані розміщено у Додатках А та Б.

## 3 СКЛАД, ОБСЯГ І СТРУКТУРА КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

Курсовий проект (КП) складається з пояснювальної записки (ПЗ) об'ємом 30-40 стор. друкованого тексту, оформленої згідно до вимог ГОСТ 2.105 - 95 ЕСКД. Общие требования к текстовым документам, та графічної частини – 2 аркуші креслень формату А1 (технологічна схема очищення стічних вод та креслення споруди біологічного очищення стічних вод або обробки осадів (ЕСКД)).

Пояснювальна записка (ПЗ) – складова частина КП, має стисло і чітко розкривати технологічні процеси, що опрацьовуються. ПЗ має містити необхідні графіки, діаграми, таблиці, схеми, фотознімки, рисунки.

Матеріал ПЗ подається в послідовності:

- титульний аркуш ( додаток В);
- завдання на курсовий проект (додаток А);
- реферат;
- зміст;
- вступ;
- 1 Розрахункові витрати і концентрації забруднень стічних вод міста;
- 2 Характеристика стічних вод промислового підприємства та визначення необхідності їх очищення перед відведенням на міські очисні споруди;
- 3 Аналіз технологій попереднього очищення стічних вод промислового підприємства;
- 4 Обґрунтування та вибір технології попереднього очищення стічних вод промислового підприємства;
- 5 Розрахунки необхідного ступеню очищення стічних вод міста;
- 6 Вибір технології біологічного очищення стічних вод міста;
- 7 Розрахунки та проектування очисних споруд біологічного очищення стічних вод або обробки осаду;
- висновки;
- список використаних джерел;
- додатки (за необхідністю).

## 4 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ПОЯСНЮВАЛЬНОЇ ЗАПИСКИ

При виконанні розділів необхідно звернути увагу на наступне.

Назви складових ПЗ РЕФЕРАТ, ЗМІСТ, ВСТУП, ВИСНОВКИ, СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ, ДОДАТКИ є їх заголовками, і вони не нумеруються.

Текст ПЗ подається державною або російською (для іноземних студентів) мовою в друкованому вигляді на аркушах формату А4 з рамками та штампами (додаток Д), шрифтом Times New Roman, 14 кегль, міжрядковий інтервал – 1,5. Як виняток у таблицях, написах на рисунках та підрисункових підписах можна використовувати 12-й кегль та одинарний інтервал.

Текст потрібно розмістити, дотримуючись таких розмірів полів документа: зліва 2,5см, зверху і знизу, справа – 1,5 см. Абзацний відступ повинен бути однаковим впродовж усього тексту і дорівнювати 1,25 см.

Розділи і підрозділи повинні мати заголовки. Заголовки розділів розташовують посередині рядка і друкують напівжирним шрифтом великими літерами без крапки в кінці. Заголовки підрозділів, пунктів, підпунктів розташовують з абзацного відступу, друкують малими літерами (крім першої великої) без крапки в кінці. Відстань між заголовком і подальшим чи попереднім текстом має бути не меншою ніж два інтервали. Заголовок не розміщують внизу сторінки, якщо після нього уміщується лише один рядок тексту.

Усі сторінки, починаючи з другої, послідовно нумеруються з проставлянням арабських цифр за загальним правилом у нижньому правому куті без крапки в кінці в спеціальному полі в штампа. Слід мати

на увазі, що першою сторінкою є титульний лист, на якому нумерація сторінки не ставиться, але враховується при нумерації наступних сторінок.

Реферат подається державною мовою обсягом до 1 стор., на окремій сторінці. Весь текст реферату необхідно вирівнювати по ширині сторінки. Реферат характеризує зміст курсового проекту, містить відомості про обсяг ПЗ: кількість таблиць, ілюстрацій, графіків, бібліографічних найменувань за переліком посилань. У рефераті надається мета курсового проекту, використані методи та отримані результати; перелік ключових слів, що відображають зміст КП (від 5 до 15).

Зміст містить наступні структурні елементи ПЗ: вступ, порядок та найменування усіх розділів, підрозділів; висновки; перелік посилань; додатки (за необхідністю). Перша сторінка «Зміст» повинна бути з відповідним великим штампом (додаток Д, а).

Основна частина ПЗ складається з розділів, які розкривають основний зміст проекту, висновків та переліку посилань.

Розділи містять матеріали, що розкривають проектну пропозицію і технічне рішення, а також розрахунки, які необхідні для реалізації завдань проекту. Розділи, підрозділи, пункти нумерують арабськими цифрами, наприклад, 1.2.3 – перший розділ, другий підрозділ, третій пункт. Розділи і всі їх складові частини крім нумерацій повинні мати назви.

Кожен розділ ПЗ починається з нового аркуша з відповідним малим штампом (додаток Д, б). які і інші сторінки ПЗ, крім першої сторінки «Зміст». Заголовки розділів і підрозділів мають бути короткими і відповідати змісту.

Матеріали в розділі можна подавати в формі тексту, таблиць, ілюстрацій (приклад оформлення – додаток Ж). До ілюстрацій відносяться рисунки, графіки, схеми, діаграми, фотознімки. Таблиці та ілюстрації нумерують наскрізно в межах розділу, наприклад, «Таблиця 1.4» – таблиця



4 розділу 1. В тексті обов'язково наводять посилання на використані джерела інформації, вказуючи номер джерела, за яким воно наведене в переліку посилань.

Оформлення *списку використаної літератури* є важливою складовою ПЗ. Перелік посилань складають у послідовності наведення їх в тексті та згідно ДСТУ ГОСТ 7.1:2006.

*Таблицю* слід розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вона згадується вперше, або на наступній сторінці. Слово «Таблиця 1.4 – Назва» з відповідним номером вирівнюється по центру над таблицею.

*Формули та рівняння* розташовують безпосередньо після згадування в тексті посередині сторінки. Їх також нумерують в межах розділу, номер наводять справа від формули в дужках. Пояснення до формул наводять нижче без абзацного відступу та починають з «де ...». Переносити формули чи рівняння на наступний рядок, коли вони не вміщуються в одному, дозволяється тільки на знаках виконуваних операцій: рівності (=), плюс (+), мінус (-), множення ( $\times$ ) і ділення (:). Знак операції повторюється на початку наступного рядка. Номер формули при її перенесенні вміщують на рівні останнього рядка. Приклад оформлення формул наведено в додатку Ж.

Ілюстрації, що пояснюють технологію і необхідні для однозначного тлумачення залежностей між параметрами, також розміщують безпосередньо після посилання на них у тексті. Позначення «Рисунок 1.4» і назву розміщують по центру під ілюстрацією. На всі ілюстрації у тексті мають бути посилання. Якщо рисунок, крім назви, має пояснення, то порядок запису такий. З інтервалом в один рядок під рисунком розміщують пояснення. Ще нижче після слова «Рисунок» поряд з ним ставиться його номер і далі через тире з великої літери пишеться його

назва без крапки у кінці. Приклад оформлення рисунку наведено в додатку Ж.

До додатків в ПЗ виносять специфікації, методики і протоколи випробувань, результати патентного дослідження, акти про впровадження розробок, матеріали про шляхи реалізації проектного рішення.

Додатки слід оформлювати як продовження записки на її наступних сторінках або у вигляді окремої частини, розташовуючи їх у порядку посилання на них у тексті. Додаток повинен мати заголовок, надрукований вгорі великими літерами. Додатки слід позначати послідовно великими літерами української абетки, за винятком літер Г, Є, З, І, Ї, Й, О, Ч, Ь., наприклад ДОДАТОК А.

## 5 ВКАЗІВКИ ДО ВИКОНАННЯ РОЗДІЛІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ

### 5.1 Приклади оформлення розрахунків першого розділу ПЗ «Розрахункові витрати і концентрації забруднень стічних вод міста»

#### 5.1.1 Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання середня витрата стічних вод міста і підприємства складає:  $Q_{\text{сăд.ăăă}} = 40000 \text{ л}^3 / \text{ăăă}$ .

Середньогодинна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сăд.ăăă}} = \frac{Q_{\text{сăд.ăăă}}}{24} = \frac{40000}{24} = 1667 \text{ л}^3 / \text{ăăă} . \quad (5.1)$$

Середньосекундна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{сăд.ă.}} = \frac{Q_{\text{сăд.ăăă}}}{24 \cdot 3600} = \frac{40000}{24 \cdot 3600} = 0,46 \text{ л}^3 / \text{ă.} \quad (5.2)$$

Середньосекундна витрата в  $\text{дм}^3$  становить:

$$q_{\text{ăăđ.ă.}} = Q_{\text{ăăđ.ă.}} \cdot 1000 = 0,46 \cdot 1000 = 460 \text{ ä}^3 / \text{ă.} \quad (5.3)$$

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.ă.}} = \hat{E}_{\text{max}} \cdot q_{\text{ăăđ.ă.}} = 1,51 \cdot 460 = 694,6 \text{ ä}^3 / \text{ă.}, \quad (5.4)$$

$$q_{\text{min.ă.}} = \hat{E}_{\text{min}} \cdot q_{\text{ăăđ.ă.}} = 0,65 \cdot 460 = 299 \text{ ä}^3 / \text{ă.}, \quad (5.5)$$

де  $q_{\text{сер.с}}$  – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $K_{\text{max}}$  – коефіцієнта нерівномірності водовідведення [1, табл. 2].

Максимальна витрата стічних вод:

$$Q_{\text{max}} = 3,6 \cdot q_{\text{max.с.}} = 3,6 \cdot 695 = 2502 \text{ л}^3 / \text{ăăă} . \quad (5.6)$$

#### 5.1.2 Розрахункові концентрації забруднень стічних вод

Концентрація забруднень господарсько-побутових стічних вод визначається за формулою:

$$\tilde{N} = \frac{a \cdot N}{Q_{\text{н\ddot{a}}}}, \text{г\ddot{a}} / \text{м}^3, \quad (5.7)$$

де  $a$  – кількість забруднюючих речовин на одного жителя, г/доб, яка визначається за [1, табл. 25] і приймається: 65 г/доб завислих речовин, 40 г/доб – БСК<sub>повн</sub>, 2,5 г/доб – ПАР;  $N$  – кількість жителів міста, визначається з врахуванням норми водовідведення – 200 дм<sup>3</sup>/доб·люд.;  $Q_{\text{н\ddot{a}}}$  – витрата господарсько-побутових стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація завислих речовин у господарсько-побутових стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{с\ddot{д}}} = \frac{a_{\text{с\ddot{д}}} \cdot N}{Q_{\text{н\ddot{а}}}} = \frac{65 \cdot 175000}{35000} = 325 \text{ г\ddot{а}} / \text{м}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у господарсько-побутових стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{АН\ddot{Е}}} = \frac{a_{\text{АН\ddot{Е}}} \cdot N}{Q_{\text{н\ddot{а}}}} = \frac{40 \cdot 175000}{35000} = 200 \text{ г\ddot{а}} / \text{м}^3.$$

Концентрація ПАР у господарсько-побутових стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{І\ddot{А\ddot{Д}}}} = \frac{a_{\text{І\ddot{А\ddot{Д}}}} \cdot N}{Q_{\text{н\ddot{а}}}} = \frac{2,5 \cdot 175000}{35000} = 12,5 \text{ г\ddot{а}} / \text{м}^3.$$

Концентрація забруднень у суміші господарсько-побутових та виробничих стічних вод визначається за формулою:

$$\tilde{N}_{\text{н\ddot{о}\ddot{і}}} = \frac{\tilde{N}_{\text{н\ddot{а}}} \cdot Q_{\text{н\ddot{а}}} + \tilde{N}_{\text{в\ddot{і}\ddot{р}}} \cdot Q_{\text{в\ddot{і}\ddot{р}}}}{Q_{\text{н\ddot{а}}} + Q_{\text{в\ddot{і}\ddot{р}}}}, \text{г\ddot{а}} / \text{м}^3, \quad (5.8)$$

де  $S_{\text{вир}}$  – концентрація забруднень у виробничих стічних водах після їх очищення на локальних очисних спорудах, мг/дм<sup>3</sup>;  $Q_{\text{в\ddot{і}\ddot{р}}}$  – витрата виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація завислих речовин у суміші стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{нóì,ÇÐ}} = \frac{\tilde{N}_{\text{ÇÐ}} \cdot Q_{\text{нá}} + \tilde{N}_{\text{áèð,ÇÐ}} \cdot Q_{\text{áèð}}}{Q_{\text{нá}} + Q_{\text{áèð}}}, \text{ìã / äì}^3.$$

Концентрація органічних речовин за БСК<sub>повн</sub> у суміші стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{нóì,ÁÑÊ}} = \frac{\tilde{N}_{\text{ÁÑÊ}} \cdot Q_{\text{нá}} + \tilde{N}_{\text{áèð,ÁÑÊ}} \cdot Q_{\text{áèð}}}{Q_{\text{нá}} + Q_{\text{áèð}}}, \text{ìã / äì}^3.$$

Концентрація ПАР у суміші стічних водах:

$$\tilde{N}_{\text{нóì,ÌÀÐ}} = \frac{\tilde{N}_{\text{ÌÀÐ}} \cdot Q_{\text{нá}} + \tilde{N}_{\text{áèð,ÌÀÐ}} \cdot Q_{\text{áèð}}}{Q_{\text{нá}} + Q_{\text{áèð}}}, \text{ìã / äì}^3.$$

## 5.2 Приклади оформлення розрахунків п'ятого розділу ПЗ «Розрахунки необхідного ступеню очищення стічних вод міста»

### 5.2.1 Нормативи якості води у водоймі

Норми якості води водойм і водотоків для умов господарсько-питного, комунально-побутового та рибогосподарського призначення визначено, згідно з «Правилами охорони поверхневих вод» (затверджено Держкомприроди СРСР від 21.02.1991 р.).

Необхідний ступінь очищення розраховується за методом Фролова-Родзілера. Згідно завдання, водойма відноситься до господарсько-питного водокористування. У розрахунковому створі за течією річки на 1 км від найближчого пункту водокористування повинні забезпечуватися наступні показники якості води [2]:

- завислі речовини < 0,25мг/дм<sup>3</sup>;
- біохімічна потреба в кисні – 3мг/дм<sup>3</sup> при температурі 20<sup>0</sup>С;
- розчинений кисень – 4 мг/дм<sup>3</sup> ( в літній період), 6 мг/дм<sup>3</sup> - для рибогосподарського водокористування.

До господарсько-питного водокористування відноситься використання водних об'єктів або їх ділянок як джерела господарсько-питного водопостачання, а також водопостачання підприємств харчової промисловості.

До комунально-побутового водокористування відноситься використання водних об'єктів для купання, занять спортом і відпочинку населення. Вимоги до якості води, встановлені для комунально-побутового водокористування, поширюються на всі ділянки водних об'єктів, що знаходяться в межах населених місць, незалежно від виду їх використання.

До рибогосподарського водокористування відноситься використання водних об'єктів для проживання, розмноження і міграції риб та інших водних організмів. Рибогосподарські водні об'єкти або їх ділянки можуть належати до однієї з трьох категорій:

- до вищої категорії відносяться місця розташування нерестилищ, масового нагулу та зимувальних ям особливо цінних і цінних видів риб та інших промислових водних організмів, а також охоронні зони господарств будь-якого типу для штучного розведення та вирощування риб, інших водних тварин і рослин;
- до першої категорії відносяться водні об'єкти, що використовуються для збереження та відтворення цінних видів риб, що мають високу чутливістю до вмісту кисню;
- до другої категорії відносяться водні об'єкти, що використовуються для інших рибогосподарських цілей.

### 5.2.2 Розрахунковий коефіцієнт змішування стічних вод з водою річки

Коефіцієнт турбулентної дифузії, який показує змішування стічної води з водою річки, визначається за формулою:

$$\mathring{A} = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} = \frac{0,75 \cdot 1,9}{200} = 0,007, \quad (5.9)$$

де  $V_{\text{ср}}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання);  $H_{\text{ср}}$ - середня глибина річки на тій же ділянці, м (згідно завдання).

Коефіцієнт, що враховує гідравлічні умови змішування стічних вод з водою річки, визначається за формулою:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{\mathring{A}}{Q_{\text{підп.н.}}}} = 1,2 \cdot 1,5 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,007}{0,46}} = 0,25, \quad (5.10)$$

де  $\varphi$  - коефіцієнт звивистості річки, рівний відношенню відстані по фарватеру від місця випуску стічних вод до розрахункового створу до відстані між цими пунктами по прямій;  $\xi$  – коефіцієнт, що залежить від місця і конструкції випуску стічних вод у водойму (при русловому випуску – 1,5; при береговому – 1,0);  $q$  - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с.

Коефіцієнт змішування стічних вод з річковою водою визначається за формулою:

$$\gamma = \frac{1 - \mathring{a}^{-\alpha \sqrt[3]{L}}}{1 + \left(\frac{Q}{Q_{\text{підп.н.}}}\right) \mathring{a}^{-\alpha \sqrt[3]{L}}} = \frac{1 - \mathring{a}^{-0,25 \sqrt[3]{1600}}}{1 + \left(\frac{15}{0,46}\right) \mathring{a}^{-0,25 \sqrt[3]{1600}}} = 0,52, \quad (5.11)$$

де  $L$  - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання);  $Q$  - розрахункова витрата води в річці при 95% забезпеченості, м<sup>3</sup>/с (згідно завдання);  $q$  - середньосекундна витрата стічних вод, що скидаються у водойму, м<sup>3</sup>/с.

### 5.2.3 Необхідний ступінь очищення стічних вод

Гранично-допустима концентрація завислих речовин в очищеній стічній воді, що скидається у водойму, становить:

$$\tilde{N}_{\text{сб}}^{\text{аіі}} = \delta \cdot \left( \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{під.п.}}} + 1 \right) + \tilde{N}_{\phi} = 0,25 \cdot \left( \frac{0,52 \cdot 15}{0,46} + 1 \right) + 15 = 19,5 \text{ мг / дм}^3, \quad (5.12)$$

де  $\rho$  - приріст концентрації завислих речовин у водоймі після випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (0,25 г/м<sup>3</sup>);  $C_{\phi}$ - фонова концентрація завислих речовин у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання).

Допустиме значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму:

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{аіі}} &= \frac{\gamma \cdot Q}{Q_{\text{під.п.}}} \cdot \left( \frac{\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{і}}}{10^{-k \cdot t}} - \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\phi} \right) + \frac{\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{і}}}{10^{-k \cdot t}} = \\ &= \frac{0,52 \cdot 15}{0,46} \cdot \left( \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,025}} - 2,5 \right) + \frac{3}{10^{-0,1 \cdot 0,025}} = 11,8 \text{ мг / дм}^3, \end{aligned} \quad (5.13)$$

де  $\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{аіі}}$  - значення БСК<sub>повн</sub>, яке повинно бути досягнуто в процесі очищення стічних вод, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{і}}$  - гранично-допустиме значення БСК<sub>повн</sub> у розрахунковому створі річки, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\phi}$  - фонове значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання);  $k$  - константа швидкості споживання кисню у суміші річкової та стічних вод, доба<sup>-1</sup> (дод. К, табл. К.1);  $t$  - тривалість переміщення води від місця випуску до розрахункового створу становить:

$$t = \frac{L}{V_{\text{ср}} \cdot 24 \cdot 3600} = \frac{1600}{0,75 \cdot 24 \cdot 3600} = 0,025 \text{ дні}, \quad (5.14)$$

де  $L$  - відстань по фарватеру річки від місця випуску стічних вод до розрахункового створу, м (згідно завдання);  $V_{\text{ср}}$ - середня швидкість течії води в річці між випуском стічних вод і розрахунковим створом, м/с (згідно завдання).



Розрахунок допустимого БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що скидаються у водойму, за розчиненим у воді киснем, без урахування поверхневої реаерації водойми. Потрібна концентрація розчиненого кисню у воді річки для літніх умов буде забезпечена, якщо БСК<sub>повн</sub> стічних вод не буде перевищувати величину:

$$\begin{aligned} \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\hat{I}_2} &= \frac{\gamma \cdot Q}{0,4 \cdot Q_{\text{пад.п.}}} \cdot (\hat{I}_0 - 0,4 \cdot \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^0 - \hat{I}_{\text{min}}) - \frac{\hat{I}_{\text{min}}}{0,4} = \\ &= \frac{0,52 \cdot 15}{0,4 \cdot 0,46} \cdot (7 - 0,4 \cdot 2,5 - 4) - \frac{4}{0,4} = 74,8 \text{ мг / дм}^3, \end{aligned} \quad (5.15)$$

де  $\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\hat{I}_2}$  - БСК<sub>повн</sub> стічних вод, яке потрібно досягнути в процесі очищення, мг/дм<sup>3</sup>;  $O_{\text{ф}}$  – фонові концентрації розчиненого кисню у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання);  $O_{\text{min}}$  - найменша концентрація розчиненого кисню, яка повинна бути забезпечена у водоймі, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^0$  - фонові значення БСК<sub>повн</sub> у воді річки до місця випуску стічних вод, мг/дм<sup>3</sup> (згідно завдання); 0,4 - коефіцієнт для перерахунку БСК<sub>повн</sub> у БСК<sub>2</sub>.

За розрахункові значення БСК<sub>повн</sub> приймаємо менше з двох отриманих у попередніх розрахунках. Отримані значення концентрації завислих речовин (19,5 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить про достатність повного біологічного очищення, тоді як значення БСК<sub>повн</sub> (11,8 мг/дм<sup>3</sup>) свідчить про потребу у доочищенні, бо повне біологічне очищення дозволяє досягти значень БСК<sub>повн</sub>=15 мг/дм<sup>3</sup>,  $C_{\text{зр}}$ =15 мг/дм<sup>3</sup>. Отже, необхідно спроектувати споруди для доочищення стічних вод, для цього рекомендується використати, наприклад, біологічні ставки.

### 5.3 Приклад розрахунку варіанту з аеротенком

#### 5.3.1 Розрахунок первинних відстійників

Тип відстійника – горизонтальний, вертикальний, радіальний - визначається в залежності від пропускної здатності очисних споруд. Ефективність  $E_{set}$  відстоювання обумовлюється тим, що на біологічне очищення рекомендується подавати воду з вмістом завислих речовин, який не перевищує 150 мг/дм<sup>3</sup>. Ефективність видалення завислих речовин у первинних відстійниках обчислюється за формулою:

$$\mathring{A}_{set} = \frac{\tilde{N}_{\zeta\delta}^i - \tilde{N}_{\zeta\delta}^e}{\tilde{N}_{\zeta\delta}^i} \cdot 100\% = \frac{291 - 150}{291} \cdot 100 = 48\%, \quad (5.16)$$

де  $\tilde{N}_{\zeta\delta}^i$  - початкова концентрація завислих речовин на вході в споруду, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\zeta\delta}^e$  - концентрація завислих речовин на виході зі споруди, мг/дм<sup>3</sup> [1].

Тривалість відстоювання стічних вод, при якій забезпечується необхідний ефект прояснення стічних вод, визначається за (дод. К, табл. К.2) і становить:  $t_{set}=627c$ .

Гідравлічна крупність частинок, які будуть затримуватись у первинних відстійниках, становить:

$$U_o = \frac{1000 \cdot K_{set} \cdot H_{set}}{\alpha \cdot t_{set} \cdot \left( \frac{K_{set} \cdot H_{set}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2,0}{1,0 \cdot 627 \left( \frac{0,45 \cdot 2,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 1,28 \text{ м/с}, \quad (5.17)$$

де  $K_{set}$  - коефіцієнт використання зони об'єму, залежить від типу відстійника;  $H_{set}$  – робоча глибина відстійника, залежить від типу відстійника;  $\alpha$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод (дод. К, табл. К.3);  $t_{set}$  – тривалість відстоювання, с;  $h$  – висота циліндра, м;  $n_2$  – показник степеня, який залежить від агломерації частинок, приймається за (дод. К, табл. К.4).

Визначаємо продуктивність первинного відстійника. Для радіального та вертикального типу відстійників:

$$q_{\text{set}} = 2,8 \cdot K_{\text{set}} \cdot (D^2 - d^2)(U_o - v) = 2,8 \cdot 0,45(30^2 - 1,8^2)(1,28 - 0) = 1446 \text{ л}^3/\text{с}, \quad (5.18)$$

де  $D$  – діаметр відстійника, м;  $d$  – діаметр розподільного пристрою радіального відстійника (дод. К, табл. К.5) чи центральної труби вертикального відстійника, м;  $v$  – турбулентна складова приймається в залежності від швидкості руху стічних вод у споруді 5-10 мм/с (дод. К, табл. К.6).

Діаметр центральної труби вертикального відстійника визначається за формулою:

$$d_{\text{ц.т.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{іаєі.п.ає.}}^{\text{п.оі.}}}{N \cdot \pi \cdot v_{\text{ц.т.}}}}, \text{ м}, \quad (5.19)$$

де  $Q_{\text{іаєі.п.ає.}}^{\text{п.оі.}}$  – максимальна секундна витрата суміші побутових і виробничих стічних вод, м<sup>3</sup>/с;  $v_{\text{ц.т.}}$  – розрахункова швидкість руху води у центральній трубі – 0,03 м/с [1, п.6.63];  $N$  – кількості первинних відстійників.

Для горизонтального типу:

$$q_{\text{set}} = 3,6 \cdot K_{\text{set}} \cdot L \cdot B \cdot (U_o - v), \text{ л}^3/\text{с}, \quad (5.20)$$

де  $L$ ,  $B$  – довжина та ширина одного відділення горизонтального відстійника, м.

При визначенні розмірів відстійників доцільно орієнтуватися на розміри типових споруд [3, табл. 12.4-12.6] (дод. К, табл. К.7). Кількість відстійників повинна бути не менша двох. Кількість первинних відстійників визначається за формулою:

$$N = \frac{Q_{\text{vax}}}{q_{\text{set}}} = \frac{2502}{1446} = 1,7 \text{ шт}, \quad (5.21)$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, м<sup>3</sup>/год.

Приймаємо 2 первинних радіальних відстійника діаметром 30м.

Розраховуємо фактичну продуктивність одного відстійника діаметром 30м:

$$q_{\delta} = \frac{Q_{\text{vax}}}{N_{\delta}} = \frac{2502}{2} = 1251 \text{ л}^3 / \text{дн}^3. \quad (5.22)$$

Фактична гідравлічна крупність затриманих частинок становить:

$$U_{\delta}^{\delta} = \frac{q_{\delta}}{2,8 \cdot \hat{E}_{\text{set}} \cdot (D^2 - d^2)} = \frac{1251}{2,8 \cdot 0,45 \cdot (30^2 - 1,8^2)} = 1,1 \text{ л}^3 / \text{дн}^3. \quad (5.23)$$

Фактична тривалість перебування стічних вод у первинному відстійнику становить:

$$t_{\text{set}}^{\delta} = \frac{1000 \cdot K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{U_{\delta}^{\delta} \cdot \alpha \cdot \left( \frac{K_{\text{set}} \cdot H_{\text{set}}}{h} \right)^{n_2}} = \frac{1000 \cdot 0,45 \cdot 2,0}{1,1 \cdot 1,0 \left( \frac{0,45 \cdot 2,0}{0,5} \right)^{0,2}} = 727 \text{ с}. \quad (5.24)$$

Фактична ефективність прояснення стічних вод при  $C_{\text{поч}}$  і  $t_{\text{set}}^{\delta}$  становить (дод. К, табл. К.1):  $E^{\delta} = 53,8 \%$ .

При отриманому  $E^{\delta}$  концентрація завислих речовин:

$$\tilde{N}_{\delta}^{\delta, \delta} = \tilde{N}_{\delta}^{\delta} - \frac{\hat{A}_{\delta} \cdot \tilde{N}_{\delta}^{\delta}}{100} = 291 - \frac{53,8 \cdot 291}{100} = 134,4 \text{ г} / \text{л}^3. \quad (5.25)$$

Маса сухої речовини осаду, що затримується у первинних відстійниках, становить:

$$\dot{I}_{\text{ін}} = \frac{(\tilde{N}_{\delta}^{\delta} - \tilde{N}_{\delta}^{\delta, \delta}) \cdot Q_{\text{під. осад.}} \cdot \hat{E}}{10^6} = \frac{(291 - 134,4) \cdot 40000 \cdot 1,2}{10^6} = 7,5 \text{ т} / \text{доб}, \quad (5.26)$$

де  $Q_{\text{сер.доб}}$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/доб;  $K=1,1 \dots 1,2$  – коефіцієнт, що враховує збільшення об'єму осаду за рахунок крупних часток зависі, які не виявляються при відборі проб для аналізу.

Добовий об'єм осаду:

$$V = \frac{100 \cdot M_{\text{ос}}}{100 - W_{\text{ос}}} = \frac{100 \cdot 7,5}{100 - 95} = 150 \text{ м}^3, \quad (5.27)$$

де  $W_{\text{ос}}$  – вологість осаду, %.

### 5.3.2 Розрахунок аеротенка

Значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, які надходять в аеротенк, становить 253 мг/дм<sup>3</sup>. Згідно [1], при концентрації БСК<sub>повн</sub> < 500 мг/дм<sup>3</sup> приймаємо аеротенк-витиснювач з регенерацією активного мулу (БСК<sub>повн</sub> > 150 мг/дм<sup>3</sup>).

Попередньо приймаємо дозу активного мулу в зоні аерації в межах 2-4,5 г/дм<sup>3</sup> та значення мулового індексу 70-100 см<sup>3</sup>/г. Для прийнятих значень визначається ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R = \frac{a_a}{\frac{1000}{J} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{85} - 2,5} = 0,27, \quad (5.28)$$

де  $a_a$  – доза мулу, що дорівнює 2,5 г/дм<sup>3</sup>;  $J$  – муловий індекс, який становить 85 см<sup>3</sup>/г.

Згідно з [1, п.6.145], значення  $R$ , при видаленні активного мулу з вторинних відстійників за допомогою мулососів має бути не менше 0,3, тому для подальших розрахунків приймаємо  $R=0,3$  (за допомогою мулоскребів – 0,4; самопливом – 0,6).

Доза активного мулу в регенераторі визначається за формулою:

$$\dot{a}_\delta = \dot{a}_a \cdot \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) = 2,5 \cdot \left( \frac{1}{2 \cdot 0,3} + 1 \right) = 6,7 \text{ г/дм}^3. \quad (5.29)$$

Концентрація органічних забруднень за БСК<sub>повн</sub> в суміші стічних вод та циркуляційного активного мулу визначається за формулою:

$$L_{\text{н\o}} = \frac{C_{\text{н\o}, \text{А\N\text{E}}}^a + \tilde{N}_{\text{А\N\text{E}}}^e \cdot R}{1 + R} = \frac{253 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 198 \text{ г/дм}^3, \quad (5.30)$$

де  $\tilde{N}_{\text{н\o}, \text{А\N\text{E}}}^a$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять в аеротенк, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10-15%, мг/дм<sup>3</sup>;  $C_{\text{А\N\text{E}}}^e$  - показник БСК<sub>повн</sub> в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм<sup>3</sup>.

Тривалість обробки стічних вод в аеротенку визначається за формулою:

$$t_a = \frac{2,5}{\sqrt{a_a}} \cdot \lg \frac{L_{\text{нóì}}}{\tilde{N}_{\text{АНÈ}}^e} = \frac{2,5}{\sqrt{2,5}} \cdot \lg \frac{198}{15} = 1,8 \text{ дн} \quad (5.31)$$

Питома швидкість окиснення забруднень активним мулом визначається за формулою:

$$\rho = \rho_{\text{ìàð}} \frac{\tilde{N}_{\text{АНÈ}}^e \cdot C_o}{\tilde{N}_{\text{АНÈ}}^e \cdot C_o + K_L \cdot C_o + K_o \cdot \tilde{N}_{\text{АНÈ}}^e} \cdot \frac{1}{1 + \varphi \cdot a_\delta} = \quad (5.32)$$

$$85 \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \cdot \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 6,7} = 16,5 \frac{\text{ìã}}{\text{ã} \cdot \text{ã}},$$

де  $\rho_{\text{max}} = 85$  мг/(г·год) – максимальна швидкість окиснення стічних вод [1, табл.40];  $C_o$  – концентрація розчиненого кисню в муловій суміші, яка приймається 2 мг/дм<sup>3</sup>;  $K_L$  – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, складає 33 мг·БПК<sub>повн</sub>/дм<sup>3</sup> [1, табл.40];  $K_o$  – константа, яка характеризує вплив кисню, становить 0,625 мгО<sub>2</sub>/дм<sup>3</sup> [1, табл.40];  $\varphi$  – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, складає 0,07 дм<sup>3</sup>/г [1, табл.40].

Тривалість окиснення органічних забруднень визначається за формулою:

$$t_o = \frac{C_{\text{нóì, АНÈ}}^a - \tilde{N}_{\text{АНÈ}}^e}{a_\delta (1 - S) \cdot \rho \cdot R} \cdot \frac{15}{T_{\text{нãð, ð}}} = \frac{253 - 15}{6,7(1 - 0,3) \cdot 16,5 \cdot 0,3} \cdot \frac{15}{21} = 7,3 \text{ дн} \quad (5.33)$$

де  $S$  – зольність активного мулу, приймається 0,3;  $T_{\text{сер.р}}$  – середньорічна температура стічних вод, становить 21 °С (за завданням).

Тривалість регенерації активного мулу:

$$t_p = t_o - t_a = 7,3 - 1,8 = 5,5 \text{ дн} \quad (5.34)$$

Середня тривалість перебування стічних вод в системі аеротенк-регенератор буде дорівнювати:

$$t_{\text{наб}} = (1 + R) \cdot t_a + t_p \cdot R = (1 + 0,3) \cdot 1,8 + 5,5 \cdot 0,3 = 4,2 \text{ год.} \quad (5.35)$$

Середня доза активного мулу в системі аеротенк-регенератор визначається за формулою:

$$a_{\text{наб}} = \frac{a_a(1 + R) \cdot t_a + a_d \cdot R \cdot t_p}{t_{\text{наб}}} = \frac{2,5(1 + 0,3) \cdot 1,8 + 5,5 \cdot 0,3 \cdot 6,7}{4} = 4,2 \text{ г/л} \cdot \text{год} \cdot \text{год}^{-1}. \quad (5.36)$$

Навантаження на активний мул при прийнятих вихідних даних буде складати:

$$q_i = \frac{24(\tilde{N}_{\text{поі, АНЭ}}^a - \tilde{N}_{\text{АНЭ}}^e)}{a_{\text{наб}} \cdot (1 - S) \cdot t_{\text{наб}}} = \frac{24(253 - 15)}{4,2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 4} = 343 \text{ г/л} \cdot \text{год} \cdot \text{год}^{-1}. \quad (5.37)$$

З урахуванням навантаження на активний мул визначається фактичне значення мулового індексу, згідно [1,табл.41], (дод. К, табл. К.8), яке становить:  $I_{\phi} = 74 \text{ см}^3/\text{г}$ .

При фактичному значення мулового індексу ступінь рециркуляції становитиме:

$$R^{\phi} = \frac{a_a}{\frac{1000}{I_m} - a_a} = \frac{2,5}{\frac{1000}{74} - 2,5} = 0,22.$$

Розрахунок вважається завершеним, коли нове значення  $R_{\phi}$  не перевищує попереднього або відрізняється від нього в межах точності розрахунку 5%. Інакше розрахунок повторюється, починаючи з формули (7.13).

Робочий об'єм аеротенка та регенератора визначається за формулами:

$$W_a = (1 + R) \cdot t_a \cdot Q_{\text{max}} = (1 + 0,3) \cdot 1,8 \cdot 2502 = 5855 \text{ м}^3;$$

$$W_d = t_d \cdot R \cdot Q_{\text{max}} = 5,5 \cdot 0,3 \cdot 2502 = 4128 \text{ м}^3,$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата суміші стічних вод,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Загальний об'єм становить:

$$W = W_a + W_d = 5855 + 4128 = 9983 \text{ л}^3.$$

Об'єм однієї секції складає:

$$W_1 = \frac{W}{N} = \frac{9983}{2} = 4991,5 \text{ л}^3.$$

Приймається трьохкоридорний аеротенк з 2 секціями з робочою глибиною  $H = 4,4 \text{ м}$ ; шириною секцій  $B = 6 \text{ м}$  [3, табл. 27.7].

Довжина секції становить:

$$L = \frac{W}{B \cdot H \cdot N \cdot n_c} = \frac{9983}{4,4 \cdot 6 \cdot 2 \cdot 3} = 63 \text{ м},$$

де  $N$  – кількість секцій аеротенка, шт.;  $n_c$  – кількість коридорів у секції, шт.

Визначається розподіл рециркуляційного активного мулу зі співвідношення:

$$\frac{W_d}{W} = \frac{4128}{9983} \cdot 100 = 41\%.$$

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$\dot{V} = 0,8 \cdot \tilde{N}_{\text{CD}}^{\text{e},\delta} + \hat{E}_i \cdot \tilde{N}_{\text{пoи},\text{A}\tilde{N}\tilde{E}}^{\text{a}} = 0,8 \cdot 134,4 + 0,3 \cdot 253 = 183,2 \text{ г/дм}^3,$$

де  $\tilde{N}_{\text{CD}}^{\text{e},\delta}$  – концентрація завислих речовин, що надходить в аеротенк,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$K_{\text{п}}$  - коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Аеротенки обладнуються системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію, яка визначається за формулою:

$$q_{\text{па}} = \frac{q_o \cdot (\tilde{N}_{\text{пoи}}^{\text{a}\tilde{e}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_o (\tilde{N}_a - \tilde{N}_i)} = \frac{1,1 \cdot (253 - 15)}{1,68 \cdot 2,68 \cdot 0,85 \cdot 1,08 \cdot (10,1 - 2)} = 7,8 \text{ л}^3/\text{л}^3,$$

де  $q_o$  – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні  $1,1 \text{ мг/дм}^3$ ;  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від



співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ( $f_{a.з}/f_a$ ) [1, табл.42], (дод. К, табл. К.9);  $K_2$ – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [1, табл.43], (дод. К.10);  $K_3$ – коефіцієнт якості води для міських стічних вод [1, табл.44], (дод. К.9);  $K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ( $T_{сер,p}$ ) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{наб,д} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (21 - 20) = 1,08,$$

де  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ( $h_a$ ) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,1 \text{ мг/дм}^3,$$

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді в залежності від температури та атмосферного тиску, становить 8,33 мг/дм<sup>3</sup> [4, табл. 3.5, дод. К.11];  $C_0$ – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають 2 мг/дм<sup>3</sup>.

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{на} \cdot H}{t_{каб}} = \frac{7,8 \cdot 4,4}{4} = 8,6 \text{ }^3/(\text{г}^2 \cdot \text{дн}),$$

де  $H$  – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку -  $I_a = 0,67 I_{сер}$ , у регенераторі -  $I_p = 1,33 I_{сер}$ .

$$I_p = 1,33 \cdot 2 = 1,33 \cdot 8,6 = 11,4 \text{ }^3/(\text{г}^2 \cdot \text{дн}),$$

$$I_a = 0,67 \cdot 2 = 0,67 \cdot 8,6 = 5,8 \text{ }^3/(\text{г}^2 \cdot \text{дн}),$$

Отримані значення мають бути в межах  $I_a^{\min} < I_a$ ,  $I_p < I_a^{\max}$ . Згідно [1, табл.42 і табл.43] приймають  $I_a^{\min} = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ,  $I_a^{\max} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається за середньою витратою стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{п\ddot{a}o}}^{\text{п\ddot{a}o}} = q_{\text{п\ddot{a}}} \cdot Q_{\text{п\ddot{a}x}} = 7.8 \cdot 2502 = 19516 \text{ л}^3 / \text{г\ddot{a}}$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

Аеротенки обладнують системою аерації. Приймається дрібнобульбашкова система аерації, її розрахунок полягає у визначенні питомої витрати повітря на аерацію за формулою:

$$q_{\text{п\ddot{a}}} = \frac{q_o \cdot (\tilde{N}_{\text{п\ddot{o}i}}^{\text{п\ddot{a}e}} - L_w)}{K_1 K_2 K_3 K_o (\tilde{N}_a - \tilde{N}_i)} = \frac{1,1 \cdot (253 - 15)}{1,68 \cdot 2,68 \cdot 0,85 \cdot 1,08 \cdot (10,1 - 2)} = 7,8 \text{ л}^3 / \text{л}^3,$$

де  $q_o$  – питома витрата кисню повітря, що приймається при повному біологічному очищенні  $1,1 \text{ мг/дм}^3$ ;  $K_1$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора і приймається для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площі аерованої зони та аеротенка ( $f_{a.з}/f_a$ ) [1, табл.42];  $K_2$  – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аераторів [1, табл.43];  $K_3$  – коефіцієнт якості води для міських стічних вод [1, табл.44];  $K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод, який визначається в залежності від середньомісячної температури стічних вод ( $T_{\text{ср.р}}$ ) за виразом:

$$K_T = 1 + 0,02 \cdot (T_{\text{п\ddot{a}o.р}} - 20) = 1 + 0,02 \cdot (21 - 20) = 1,02,$$

де  $C_a$  – розчинність кисню повітря у воді, яка визначається в залежності від глибини занурення аераторів ( $h_a$ ) за формулою:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T = \left(1 + \frac{4,4}{20,6}\right) \cdot 8,33 = 10,1 \text{ л}^3 / \text{л}^3;$$

де  $C_T$  – розчинність кисню у воді в залежності від середньорічної температури та атмосферного тиску, [4, табл. 3.5, дод. К.11];  $C_0$  – середня концентрація кисню в аеротенку, яку приймають  $2 \text{ мг/дм}^3$ .

Інтенсивність аерації мулової суміші в аеротенку визначається за формулою:

$$I = \frac{q_{\text{н\ddot{a}}} \cdot H}{t_{\text{с\ddot{a}0}}} = \frac{7,8 \cdot 4,4}{4} = 8,6 \text{ м}^3/(\text{г}^2 \cdot \text{д\ddot{a}}),$$

де  $H$  – глибина аеротенка, м.

В регенераторах рекомендується приймати кількість аераторів у 2 рази більшою, ніж в аеротенках, тоді інтенсивність аерації буде складати: в аеротенку -  $I_a = 0,67 I_{\text{с\ddot{e}р}}$ , у регенераторі -  $I_p = 1,33 I_{\text{с\ddot{e}р}}$ .

$$I_p = 1,33 \cdot 2 = 1,33 \cdot 8,6 = 11,4 \text{ м}^3/(\text{г}^2 \cdot \text{д\ddot{а}}),$$

$$I_a = 0,67 \cdot 2 = 0,67 \cdot 8,6 = 5,8 \text{ м}^3/(\text{г}^2 \cdot \text{д\ddot{а}}).$$

Отримані значення мають бути в межах  $I_a^{\text{min}} < I_a$ ,  $I_p < I_a^{\text{max}}$ . Згідно [1, табл.42 і табл.43], приймають  $I_a^{\text{min}} = 3,3 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ ,  $I_a^{\text{max}} = 20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

Загальна витрата повітря, яке подається в аеротенк, визначається по середній витраті стічних вод за час аерації в години максимального припливу:

$$Q_{\text{н\ddot{а}}}^{\text{п\ddot{а}0}} = q_{\text{н\ddot{а}}} \cdot Q_{\text{м\ddot{а}к}} = 7,8 \cdot 2502 = 19516 \text{ м}^3/\text{д\ddot{а}}.$$

Повітродувки підбирають за каталогом, виходячи із загальних витрат напору і розрахункової витрати повітря.

### 5.3.3 Розрахунок вторинних відстійників після аеротенків

Вторинні відстійники служать для затримання активного мулу після аеротенків, число яких варто приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Доцільно приймати вторинні відстійники того ж типу, що і первинні. Розрахунок вторинних відстійників здійснюється за

гідравлічним навантаженням на одиницю площі поверхні, яке для відстійників після аеротенків визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot K_{\text{відст.}} \cdot H_{\text{з.в.}}^{0,8}}{(0,1 \cdot J_{\text{м}}^{\phi} \cdot a_{\text{а}})^{0,5-0,01a_{\text{а}}}}, \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (5.38)$$

де  $K_{\text{відст.}}$  - коефіцієнт використання об'єму відстійників, що приймається для радіальних - 0,4, вертикальних - 0,35 і горизонтальних відстійників - 0,45;  $H_{\text{з.в.}}$  - глибина зони відстоювання, м;  $J_{\text{м}}^{\phi}$  - фактичне значення мулового індексу,  $\text{см}^3/\text{г}$ ;  $a_{\text{а}}$  - концентрація активного мулу в аеротенку,  $\text{г}/\text{дм}^3$ ;  $a_{\text{т}}$  - концентрація активного мулу у воді після відстоювання ( $15 \text{ мг}/\text{дм}^3$ ),  $\text{мг}/\text{дм}^3$ .

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q}, \text{ м}^2, \quad (5.39)$$

де  $Q_{\text{max}}$  - максимальна витрата стічних вод з врахуванням рециркуляційної витрати (при необхідності),  $\text{м}^3/\text{год}$ .

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники - робочі. При трьох відстійниках розрахунковий об'єм збільшується в 1,2...1,3 рази. Розміри типових вторинних відстійників наведені у дод. К.12 [3].

## 5.4 Приклад розрахунку варіанту з використанням біофільтру

### 5.4.1 Розрахунок первинних відстійників - див. вище пункт 5.3.1.

### 5.4.2 Розрахунок біофільтра

#### Високонавантажені біофільтри

При БСК<sub>повн</sub> очищуваних стічних вод менше 300 мг/дм<sup>3</sup> високонавантажувані біофільтри влаштовують без рециркуляції, а при БСК<sub>повн</sub> більше 300 мг/дм<sup>3</sup> – з рециркуляцією.

Розрахунок високонавантажуваних біофільтрів здійснюється у наступній послідовності.

Визначається коефіцієнт К за формулою:

$$K = \tilde{N}_{\text{пóì.ÁÑÈ}}^{\text{á}} / \tilde{N}_{\text{ÁÑÈ}}^{\text{é}} = 253/15 = 16,9, \quad (5.40)$$

де  $\tilde{N}_{\text{пóì.ÁÑÈ}}^{\text{á}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять в біофільтр, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10-15%, мг/л;  $\tilde{N}_{\text{ÁÑÈ}}^{\text{é}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм<sup>3</sup>.

При визначенні у залежності від розрахункової середньозимової температури стічних вод  $T_w$ , значень висоти споруди Н, витрати повітря  $q_a$ , гідравлічного навантаження  $q_{af}$ , значення К округлюється до найближчого більшого значення або знаходяться методом інтерполяції [1, табл. 38].

#### Без рециркуляції.

Розрахункова площа поверхні біофільтрів визначається за формулою:

$$F = Q_{\text{пóì.ááá}}^{\text{пóì.ááá}} / q_{af}, \text{ м}^2, \quad (5.41)$$

де  $Q_{\text{пóì.ááá}}^{\text{пóì.ááá}}$  - середньодобова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/доба;  $q_{af}$  - табличне значення гідравлічного навантаження (чи знайдене методом інтерполяції), м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·доб).

При розрахунку біофільтрів з рециркуляцією:

Визначається граничне значення БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що може подаватись на біофільтр для досягнення вибраного  $K_2$ :

$$\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{адар}} = K \cdot \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{е}} \quad (5.42)$$

і визначається коефіцієнт рециркуляції:

$$n = \frac{\tilde{N}_{\text{нóі.аіа}}^{\text{а}} - \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{адар}}}{\tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{адар}} - \tilde{N}_{\text{АНЕ}}^{\text{е}}} \quad (5.43)$$

Розрахункова площа поверхні біофільтрів складає:

$$F = Q_{\text{нóі.аіа}} (1 + n) / q_{\text{аф}}, \text{ м}^2 \quad (5.44)$$

Приймається мінімуму 2 робочих біофільтра, але не більше 6-8. У практиці проектування застосовують біофільтри прямокутної форми в плані з розмірами сторін 3x3; 6x4, 9x12, 12x12, 15x15, 12x18 м та ін, з висотою шару завантаження 2, 3 і 4 м, а також круглої форми в плані діаметром 6, 12, 18, 24, 30 м, з висотою шару завантаження 2, 3,4 м.

Визначаємо площу одного біофільтра (як з, так і без рециркуляції):

$$F_1 = \frac{F}{n}, \text{ м}^2 \quad (5.45)$$

Діаметр біофільтра визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot F_1}{\pi}}, \text{ м} \quad (5.46)$$

Приймаємо \_\_\_ шт. біофільтрів з наступними параметрами: висота біофільтра – \_\_\_м; гідравлічне навантаження – м<sup>3</sup>/(м<sup>3</sup>·доб). Необхідна витрата повітря для вентиляції біофільтрів визначається за формулою:

$$Q_{\text{іа}} = \frac{q_{\text{а}} \cdot Q_{\text{нóі.аіа}}}{24}, \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (5.47)$$

де q<sub>а</sub>- прийняте значення питомої витрати повітря, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

### Розрахунок реактивного зрошувача

Розрахунок реактивного зрошувача полягає у визначенні його розмірів, кількості розподільчих труб, числа отворів на них і відстаней між ними, числа обертів зрошувача і напору води, при якому забезпечується

необхідна швидкість виходу рідини із отворів зрошувача.

Діаметр зрошувача приймається на 0,2 м меншим від діаметра біофільтра:

$$D_{\text{зр}} = D - 0,2, \text{ м.} \quad (5.48)$$

Діаметр зрошувальних труб визначається за умови дотримання швидкості руху води 0,5 -1,0 м/с:

$$D_{\text{дд}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{пад.пад}}}{\pi \cdot V_{\text{дд}} \cdot n \cdot N_{\text{дд}}}}, \text{ м} \quad (5.49)$$

де  $V_{\text{дд}}$  - швидкість руху води у зрошувальних трубах, м/с;  $n$  - число прийнятих біофільтрів;  $N_{\text{зр}}$  - число труб зрошувача (приймається 2, 4 або 6 шт.).

Число отворів на кожній розподільній трубці зрошувача визначається за формулою:

$$n_{\text{дд}} = \frac{1}{1 - \left(1 - \frac{2a}{D_{\text{зр}}}\right)^2}, \quad (5.50)$$

де  $a$  - відстань між двома останніми отворами (приймається рівною 40мм);  $D_{\text{зр}}$  - діаметр зрошувача, мм.

Відстань від центру  $i$ -го отвору до центру зрошувача можна визначити за формулою:

$$r_i = R_{\text{зр}} \cdot \sqrt{i/n_{\text{дд}}}, \text{ м} \quad (5.51)$$

де  $R_{\text{зр}}$  - радіус зрошувача, м;  $i$  – порядковий номер отвору від осі реактивного зрошувача.

Діаметр отворів визначається за умови швидкості витікання води ( $V_{\text{дд}}$ ) не менше 0,5 м/с і приймається не менше 10 мм:

$$d_{\text{отв.}} = \sqrt{\frac{4 \cdot Q_{\text{н.д.н.д.}}}{\pi \cdot V_{\text{отв.}} \cdot n \cdot n_{\text{отв.}} \cdot N_{\text{од.}}}}, \text{ м.} \quad (5.52)$$

Швидкість обертання зрошувача визначається за формулою:

$$n_{\text{отв.}} = \frac{34,8 \cdot 10^6}{n_{\text{отв.}} \cdot d_{\text{отв.}}^2 \cdot D_{\text{сп.}}} \cdot \frac{Q_{\text{н.д.н.д.}}}{n \cdot N_{\text{од.}}}, \text{ об}^{-1}, \quad (5.53)$$

де  $D_{\text{сп.}}$  - діаметр зрошувача, м;  $d_{\text{отв.}}$  - діаметр отворів, мм.

Напір для забезпечення необхідної швидкості витікання води з отворів, а також для подолання тертя у підшипнику і трубах визначається за виразом, м:

$$H_{\text{сп.}} = 1000 \cdot \left( \frac{Q_{\text{н.д.н.д.}}}{n \cdot N_{\text{од.}}} \right)^2 \cdot \left( \frac{256 \cdot 10^6}{n_{\text{отв.}}^2 \cdot d_{\text{отв.}}^4} - \frac{81 \cdot 10^6}{D_{\text{отв.}}^4} + \frac{294 \cdot D_{\text{сп.}}}{\hat{e}^2 \cdot 10^3} \right), \text{ м}, \quad (5.54)$$

де  $Q_{\text{н.д.н.д.}}$  - розрахункова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с;  $n$  - число прийнятих біофільтрів;  $n_{\text{отв.}}$  - число отворів в одному плечі зрошувача;  $d_{\text{отв.}}$  - діаметр отворів, мм;  $D_{\text{отв.}}$  - діаметр труби зрошувача, мм;  $D_{\text{сп.}}$  - діаметр зрошувача, мм;  $K$  - модуль витрати, дм<sup>3</sup>/с.

Модуль витрати  $K$  може бути визначений за відомою формулою Н.Н. Павловського, чи взятий із додатка 24 у залежності від діаметра трубопроводу  $D_{\text{отв.}}$  (дод. К, табл. К.13) [3, ст. 226].

### Біофільтри з пластмасовим завантаженням

БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що подаються на біофільтри з пластмасовим завантаженням та природною аерацією, не повинно перевищувати 250 мг/дм<sup>3</sup>

Необхідний ефект очистки стічних вод на біофільтрах складає:



$$\dot{A} = \frac{(\tilde{N}_{\text{пóì,ÁÑĚ}}^{\text{á}} - \tilde{N}_{\text{ÁÑĚ}}^{\text{é}}) \cdot 100}{\tilde{N}_{\text{пóì,ÁÑĚ}}^{\text{á}}}, \%, \quad (5.55)$$

де  $\tilde{N}_{\text{пóì,ÁÑĚ}}^{\text{á}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять в біофільтр, з врахуванням зниження БСК після первинного відстоювання на 10-15%, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{ÁÑĚ}}^{\text{é}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> в очищеній воді після повного біологічного очищення, мг/дм<sup>3</sup>.

В залежності від отриманого значення  $E$ , висоти біофільтра  $H$  (3 – 4 м) і середньозимової температури стічних вод  $T$  приймається об'ємне гідравлічне навантаження на біофільтр  $q_{\text{pf}}$ , м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> [1, табл. 39].

Розрахунковий об'єм завантаження біофільтрів складає:

$$W = Q_{\text{пóì.ááá.}} / q_{\text{pf}}, \text{ì}^3, \quad (5.56)$$

де  $Q_{\text{пóì.ááá.}}$  - добова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/добу.

Площа поверхні біофільтрів:

$$F = W / H, \text{ì}^2, \quad (5.57)$$

де  $H$  – висота біофільтра, м.

Кількість біофільтрів приймається не менше двох.

#### 5.4.3 Розрахунок вторинних відстійників після біофільтрів

Вторинні відстійники після біофільтрів призначені для затримки біоплівки. Число цих вторинних відстійників треба приймати не менше трьох за умови, що усі відстійники є робочими. Доцільно прийняти вторинні відстійники того ж типу, що і первинні.

Навантаження на поверхню вторинних відстійників після біофільтрів визначається за формулою:

$$q = 3,6 K_{\text{set}} \cdot u_o, \text{м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год}), \quad (5.58)$$

де  $u_0$  - гідравлічна крупність біоплівки, яка приймається при повній біологічній очистці 1,4 мм/с;  $K_{set}$  - коефіцієнт використання відстійників, значення якого приймається для радіальних - 0,45, вертикальних - 0,35 і горизонтальних відстійників - 0,5.

Загальна площа поверхні вторинних відстійників визначається за формулою:

$$F_{\text{відст.}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q}, \text{ м}^2, \quad (5.59)$$

де  $Q_{\text{max}}$  – максимальна витрата суміші стічних вод, м<sup>3</sup>/год.

Кількість вторинних відстійників приймається не менше трьох, усі відстійники - робочі. При трьох відстійниках розрахунковий об'єм збільшується в 1,2-1,3 рази. Розміри типових вторинних відстійників наведено у додатку К.12, [3].

## 5.5 Приклад розрахунку варіанту з метантенком

### 5.5.1 Розрахунок мулозгущувача

Приріст активного мулу в аеротенку розраховується за формулою:

$$\dot{I} = 0,8 \cdot \tilde{N}_{\text{CD}}^{\text{e},\text{d}} + \hat{E}_I \cdot \tilde{N}_{\text{пoи},\text{ANe}}^{\text{a}} = 0,8 \cdot 134,4 + 0,3 \cdot 253 = 183 \text{ г / д}^3, \quad (5.60)$$

де  $\tilde{N}_{\text{CD}}^{\text{e},\text{d}}$  – концентрація завислих речовин в стічній воді, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;  $\tilde{N}_{\text{пoи},\text{ANe}}^{\text{a}}$  - показник БСК<sub>повн</sub> стічної води, що надходить в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;  $K_{\text{П}}$  - коефіцієнт приросту активного мулу, становить 0,3.

Максимальна годинна витрата надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$q_{\text{пaи}} = \frac{1,3 \cdot \dot{I} \cdot Q_{\text{пoи},\text{aia}}}{24 \cdot \tilde{N}_{\text{iaи}}}, \text{ г}^3 / \text{д}^3, \quad (5.61)$$

де  $Q_{\text{пoи},\text{aia}}$  – добова витрата суміші побутових та виробничих стічних вод,

м<sup>3</sup>/добу;  $C_{\text{нам}}$  - концентрація надлишкового активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>, яка приймається рівною дозі активного мулу у регенераторі; 1,3 - коефіцієнт сезонної нерівномірності приросту активного мулу.

Витрата мулової рідини, яка утворюється під час ущільнення мулу, визначається за формулою:

$$q_{\text{ід}} = \frac{q_{\text{фай}} \cdot (W_{\text{іо}} - W_{\text{оу}})}{100 - W_{\text{оу}}}, \text{л}^3 / \text{дні} \quad (5.62)$$

де  $W_{\text{ну}}$  - вологість неущільненого мулу, %;  $W_{\text{ущ}}$  - вологість ущільненого мулу, % [1, табл. 58].

Годинна витрата ущільненого мулу складає:

$$q_{\text{оу}} = q_{\text{фай}} - q_{\text{ід}}, \text{л}^3 / \text{дні} \quad (5.63)$$

Площа поперечного перерізу центральної труби вертикального мулозгущувача буде складати:

$$F_{\text{оо}} = \frac{q_{\text{фай}}}{3600 \cdot v_{\text{от}}}, \text{л}^2 \quad (5.64)$$

де  $v_{\text{тр}}$  - швидкість руху мулу в центральній трубі, яка приймається 0,1 м/с.

Площа поперечного перерізу зони ущільнення буде складати:

$$F_{\text{сo}} = \frac{q_{\text{ід}}}{3,6 \cdot v_{\text{сo}}}, \text{л}^2 \quad (5.65)$$

де  $v_{\text{зy}}$  - швидкість руху мулової рідини в зоні ущільнення, мм/с [1, табл. 58].

Кількість мулозгущувачів ( $N$ ) приймається не менше двох. Діаметр мулозгущувача визначається з виразу:

$$D = \sqrt{\frac{F_{\text{оо}} + F_{\text{сo}}}{0,785 \cdot N}}, \text{л} \quad (5.66)$$

де  $N$  - кількість мулозгущувачів.

Вертикальні мулозгущувачі влаштовують на базі типових первинних

відстійників. При розрахунку вертикальних мулозгущувачів висоту робочої зони визначають за формулою:

$$I_{\delta} = 3,6 \cdot v \cdot t, \text{ м}, \quad (5.67)$$

де  $v$ - швидкість руху мулової рідини в зоні ущільнення, мм/с (0,1) [1, табл. 58];  $t$  - тривалість ущільнення активного мулу, год. (10 год) [1, табл. 58].

Тривалість ущільнення мулової суміші становить:

$$t_{\text{ош}} = \frac{h}{3,6 \cdot v_{\text{ош}}}, \text{ год}, \quad (5.68)$$

де  $h$  - робоча висота вертикального мулозгущувача, м

Отримане значення тривалості ущільнення повинно знаходитись в рекомендованих межах [1, табл. 58].

Тривалість зберігання ущільненого мулу в муловій частині складає:

$$t_{\text{зб}} = \frac{W_{\text{м}} \cdot N}{Q_{\text{ош}}}, \text{ год}, \quad (5.69)$$

де  $W_{\text{м}}$ - об'єм мулової частини, м<sup>3</sup>.

Тривалість зберігання не повинна перевищувати 8 год.

Якщо кількість вертикальних мулозгущувачів перевищує 4, то рекомендується застосовувати радіальні мулозгущувачі, які мають більші розміри.

При розрахунку радіальних мулозгущувачів визначають корисну площу поверхні за формулою:

$$F_{\text{к}} = \frac{Q_{\text{факт}}}{q_0}, \text{ м}^2, \quad (5.70)$$

де  $q_0$  - розрахункове навантаження на одиницю площі поверхні, м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·год), яке приймається 0,3 при концентрації активного мулу 5-8 г/дм<sup>3</sup> та 0,5 - при концентрації мулу 2-3 г/дм<sup>3</sup>.

Кількість мулозгущувачів приймається не менше двох. Діаметр

мулозгущувача визначають з виразу:

$$D = \sqrt{4F_1 / (\pi \cdot N)}, \text{ м}, \quad (5.71)$$

де  $N$  - кількість мулозгущувачів.

Радіальні мулозгущувачі влаштовують на базі типових вторинних відстійників.

Висоту зони ущільнення мулу визначають за формулою:

$$I_{\text{ош}} = q_o \cdot t, \text{ м}, \quad (5.72)$$

де  $t$  - тривалість ущільнення активного мулу, год, приймається 5-8 год при концентрації НАМ 2-3 г/дм<sup>3</sup> та 10 год при концентрації НАМ 5-8 г/дм<sup>3</sup> [1, табл. 58].

#### 5.5.2. Розрахунок загальної витрати осадів

Для розрахунку метантенка або аеробного стабілізатора потрібно визначити витрату сухої речовини осаду:

$$\hat{I}_{\text{пос}} = \frac{\tilde{N}_{\text{СД}}^{\text{пос}} \cdot A \cdot k \cdot Q_{\text{пос.вв}}}{10^6}, \text{ т/доба}, \quad (5.73)$$

де  $C_{\text{СД}}^{\text{пос}}$  - концентрація завислих речовин в суміші побутових і виробничих стічних вод міста, мг/дм<sup>3</sup>;  $E$  - ефект затримання завислих речовин у первинних відстійниках, %;  $k$  - коефіцієнт, що враховує крупні частинки, які не уловлюються при відборі проб (рекомендується приймати рівним 1,1-1,2);  $Q_{\text{пос.вв}}$  - розрахункова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/добу.

Визначається витрата надлишкового активного мулу:

$$\hat{I}_{\text{пос}} = \frac{Q_{\text{пос.вв}} \cdot (\Pi - b)}{10^6}, \text{ т/доба}, \quad (5.74)$$

де  $\Pi$  - приріст активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>;  $b$  - концентрація активного мулу в стічній воді на виході із вторинних відстійників, 15 мг/дм<sup>3</sup>.

На очисних станціях з біофільтрами витрату сухої речовини

надлишкової біоплівки визначають за формулою:

$$\dot{I}_{\text{н\o{a}}}^{\text{a.i.}} = \frac{D_{\text{a.i.}} \cdot N}{10^6}, \text{ \o{a} / \a{a} } , \quad (5.75)$$

де  $D_{\text{a.i.}}$  - приріст надлишкової біоплівки, який, згідно [1, п. 6.135], становить 28 г/(люд · добу);  $N$  - число жителів, чол.

Витрату беззольної речовини осаду ( $O_{\text{без}}$ ) та надлишкового активного мулу ( $M_{\text{без}}$ ) визначають за формулами:

$$\hat{I}_{\text{a\o{c}}} = \frac{\hat{I}_{\text{н\o{a}}} \cdot (100 - \hat{A}_{\text{н\o{a}}}) \cdot (100 - C_{\text{н\o{a}}})}{10^4}, \text{ \o{a} / \a{a} } , \quad (5.76)$$

$$\dot{I}_{\text{a\o{c}}} = \frac{\dot{I}_{\text{н\o{a}}} \cdot (100 - \hat{A}_1) \cdot (100 - C_1)}{10^4}, \text{ \o{a} / \a{a} } , \quad (5.77)$$

де  $V_{\text{oc}}$  та  $V_{\text{m}}$  - гігроскопічна вологість осаду та активного мулу, яка приймається 5-6 %;  $Z_{\text{oc}}$  та  $Z_{\text{m}}$  - зольності, відповідно, осаду та активного мулу, які для побутових стічних вод приймають рівними 30%.

Витрати осаду та активного мулу фактичної вологості за умови, що їх густина дорівнює 1 т/м<sup>3</sup>, визначають за формулами:

$$V_{\text{н\o{a}}} = \frac{100 \cdot \hat{I}_{\text{н\o{a}}}}{(100 - W_{\text{н\o{a}}})}, \text{ \o{a} }^3 / \a{a} , \quad (5.78)$$

$$V_{\text{i}} = \frac{100 \cdot \dot{I}_{\text{н\o{a}}}}{(100 - W_{\text{i}})}, \text{ \o{a} }^3 / \a{a} , \quad (5.79)$$

де  $W_{\text{oc}}$  - вологість осаду, яка приймається: при самопливному видаленні – 95 %, при видаленні плунжерними насосами - 93,5-94,0 %;  $W_{\text{m}}$ - вологість ущільненого мулу, % [1, табл. 58].

Вміст сухої речовини у осаді:

$$S_{\text{н\o{a}}} = \hat{I}_{\text{н\o{a}}} + \dot{I}_{\text{н\o{a}}}, \text{ \o{a} / \a{a} } . \quad (5.80)$$

Вміст беззольної речовини осади:

$$S_{\text{a\o{c}}} = \hat{I}_{\text{a\o{c}}} + \dot{I}_{\text{a\o{c}}}, \text{ \o{a} / \a{a} } . \quad (5.81)$$

Загальна витрата осаду та активного мулу буде складати:

$$V_{\text{çãä}} = V_{\text{in}} + V_i, \text{ì}^3 / \text{äîá} . \quad (5.82)$$

Загальна вологість суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$W_{\text{çãä}} = 100 \cdot \left(1 - \frac{S_{\text{ñóö}}}{V_{\text{çãä}}}\right), \% . \quad (5.83)$$

Загальна зольність суміші осаду та активного мулу буде дорівнювати:

$$C_{\text{çãä}} = \left[ 1 - \frac{S_{\text{äáç}}}{\hat{I}_{\text{ñóä}} \left( \frac{100 - \hat{A}_{\text{in}}}{100} \right) + \hat{I}_{\text{ñóä}} \left( \frac{100 - \hat{A}_i}{100} \right)} \right] \cdot 100, \% . \quad (5.84)$$

### 5.5.3 Розрахунок метантенка

Робочий об'єм метантенка визначається за формулою:

$$V_{\text{iãö}} = \frac{100 \cdot V_{\text{çãä}}}{\ddot{A}} , \text{ì}^3 , \quad (5.85)$$

де  $D$  - добова доза завантаження осаду в метантенк, %, яка приймається в залежності від режиму зброджування та середньої вологості завантажуваного осаду ( $W_{\text{çãä}}$ ) [1, табл. 59]. Розрахункову схему метантенка наведено на рис. 5.1.

При наявності в стічних водах поверхнево-активних речовин прийняту дозу завантаження необхідно перевірити за формулою:

$$\ddot{A}_{\text{iãö}} = \frac{10 \cdot \ddot{A}_{\text{äö}}^{\text{iãö}}}{\tilde{N}_{\text{iãö}} \cdot (100 - W_{\text{çãä}})} , \% , \quad (5.86)$$

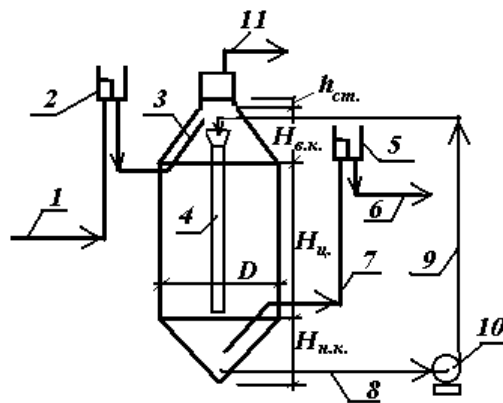
де  $\ddot{A}_{\text{äö}}^{\text{iãö}}$  - гранично допустиме завантаження робочого об'єму метантенків ПАР, яке для побутових стічних вод приймається рівним 65 г/(м<sup>3</sup>·добу);

$C_{\text{ПАР}}$  - концентрація поверхнево-активних речовин в осаді, мг/г.

Концентрація поверхнево-активних речовин в суміші осаду та активного мулу визначається за виразом:

$$\tilde{N}_{\text{iAD}} = \frac{(\tilde{a}_i \cdot \hat{I}_{\text{пoo}} + \tilde{a}_i \cdot \hat{I}_{\text{пoo}})}{S_{\text{пoo}}}, \tilde{a} / \tilde{a}, \quad (5.87)$$

де  $a_o$  та  $a_m$  - концентрація ПАР в осаді та в активному мулі, мг/г, яка приймається в залежності від концентрації ПАР у стічній воді [1, табл. 60].



- 1 - трубопровід подачі осаду на зброджування; 2 - завантажувальна камера; 3 - впускний трубопровід ; 4 - труба з гідроелеватором; 5 -розвантажувальна камера; 6 - трубопровід випуску зброженого осаду; 7 - випускний трубопровід; 8 - всмоктуючий трубопровід системи перемішування; 9 - напірний трубопровід системи перемішування; 10 - насос для перемішування осаду; 11 - випуск газу

Рисунок 5.1 – Розрахункова схема метантенка

Якщо при перевірочному розрахунку виявиться, що  $D > D^{\text{ПАР}}$ , то об'єм метантенків визначають за величиною  $D^{\text{ПАР}}$ . Кількість метантенків приймається не менше двох, обидва робочі. Розміри типових метантенків наведено в додатку К, табл. К. 14.

Максимально можливий розпад беззольної речовини суміші осаду та активного мулу визначається за формулою:



$$R_{\text{ад}} = \frac{(R_i \cdot \hat{I}_{\text{аац}} + R_i \cdot \hat{I}_{\text{аац}})}{S_{\text{аац}}}, \% \quad (5.88)$$

де  $R_o$  та  $R_m$  - максимально можливий розпад беззольної речовини осаду та активного мулу, який складає, відповідно, 53 та 44 % [1, п. 6.353].

Фактичний розпад беззольної речовини буде складати:

$$R = R_{\text{ад}} - (D^\phi \cdot \hat{E}_\phi), \% \quad (5.89)$$

де  $K_p$ - коефіцієнт, який залежить від вологості та режиму зброджування [1, табл. 61];  $D^\phi$  - фактична доза завантаження метантенка, %.

Кількість беззольної та сухої речовини в збродженій суміші буде складати:

$$S_{\text{аац}}^{\text{сá}} = \frac{S_{\text{аац}} \cdot (100 - R)}{100}, \% \quad (5.90)$$

$$S_{\text{нóо}}^{\text{сá}} = (S_{\text{нóо}} - S_{\text{аац}}) + S_{\text{аац}}^{\text{сá}}, \% \quad (5.91)$$

Зольність та вологість збродженної суміші визначаються за формулами:

$$C_{\text{сáа}}^{\text{сá}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{100 \cdot S_{\text{аац}}^{\text{сá}}}{S_{\text{нóо}}^{\text{сá}} (100 - \hat{A}_a)} \right), \% \quad (5.92)$$

$$W_{\text{сáа}}^{\text{сá}} = 100 \cdot \left( 1 - \frac{S_{\text{нóо}}^{\text{сá}}}{V_{\text{сáа}}} \right), \% \quad (5.93)$$

де  $V_r$  - гігроскопічна вологість збродженної суміші, яка приймається 5-6 %.

При метановому зброджуванні осаду утворюється біогаз із розрахунку 1 г газу на 1 г розкладеної беззольної речовини. Об'ємна вага газу ( $\rho_r$ ) складає 1 кг/м<sup>3</sup> [1, п. 6.354]. Тоді витрата утвореного біогазу буде складати:

$$Q_{\bar{A}} = \frac{1000 \cdot q_{\bar{a}} \cdot S_{\text{аац}}^{\text{сá}}}{\rho_{\bar{a}}} \text{ м}^3 / \text{год} \quad (5.94)$$

де  $q_r$  – питомий вихід газу, який становить 1 м<sup>3</sup> на 1 кг беззольної речовини осаду, що розпався в процесі зброджування.

Для регулювання тиску і зберігання газу у складі очисних споруд передбачаються газгольдери «мокрого типу», об'єм яких розраховується на 2-4 години перебування газу ( $t_{\Gamma}$ ) [1, п. 6.359].

$$V_{\bar{A}} = \frac{Q_{\bar{A}} \cdot t_{\bar{A}}}{24}, \text{л}^3. \quad (5.95)$$

Розміри типових газгольдерів наведено в додатку К, табл. К. 15. Кількість газгольдерів приймається не менше двох.

## 5.6 Приклад розрахунок варіанту з аеробним стабілізатором

5.6.1 Розрахунок мулозгущувача та 5.6.2 Розрахунок загальної витрати осадів проводиться відповідно до 5.5.1 та 5.5.2.

### 5.6.3 Розрахунок аеробного стабілізатора

Розрахунковий об'єм аеробного стабілізатора складає:

$$V_{ac} = V_{\text{с.а.}} \cdot t_{ac}, \text{л}^3, \quad (5.96)$$

де  $t_{ac}$  - тривалість стабілізації осаду при температурі, яка приймається рівною мінімальній середньомісячній температурі стічних вод, діб.

При розпаді в процесі аеробної стабілізації 40 % беззольної речовини осадів ( $X$ ) маса сухої речовини аеробно стабілізованого осаду складе:

$$M_{\text{п.о.}}^{\text{ан}} = S_{\text{с.о.}} - S_{\text{а.а.с}} \cdot \frac{(100 - \bar{O})}{100}, \text{т/дні} . \quad (5.97)$$

Ущільнення аеробно стабілізованого осаду доцільно здійснювати у спеціально виділеній зоні в середині аеробного стабілізатора. Об'єм зони ущільнення осаду при цьому складе:

$$V_{\text{с.о.}} = V_{\text{с.а.}} \cdot t_{\text{о}}, \text{л}^3, \quad (5.98)$$

де  $t_{\text{о}}$  - тривалість ущільнення аеробно стабілізованого осаду, яка приймається не більше 5 годин [1, п. 6.367], діб.

Аеробну стабілізацію влаштовують у спорудах типу коридорних аеротенків [2]. Кількість секцій аеробного стабілізатора (не менше двох) при цьому складе:

$$N_{ac} = \frac{(V_{ac} + V_{\zeta.6.})}{V_1}, \text{ год}, \quad (5.99)$$

де  $V_1$  - об'єм однієї секції аеробного стабілізатора,  $\text{м}^3$ .

Фактичний сумарний об'єм аеробного стабілізатора при цьому складе:

$$V_{\text{а.п.}}^{\circ} = (V_1 \cdot N_{\text{а.п.}}^{\circ}) - V_{\zeta.6.}, \text{ год}, \quad (5.100)$$

де  $N_{ac}^{\circ}$  - прийнята кількість секцій аеробного стабілізатора.

Витрата повітря, що подається в аеробний стабілізатор, повинна складати:

$$Q_{\text{п.а.}}^{\text{а.п.}} = V_{\text{а.п.}}^{\circ} \cdot q_{ac}, \text{ год}^3 / \text{год}, \quad (5.101)$$

де  $q_{a.c.}$  - питома витрата повітря,  $\text{м}^3/\text{год}$  на  $1 \text{ м}^3$  об'єму аеробного стабілізатора. Приймається рівною  $1-2 \text{ м}^3/(\text{год} \cdot \text{м}^3)$  у залежності від вологості суміші осаду і надлишкового активного мулу  $\hat{A}_{\text{п.о.}}$ , відповідно,  $99,5-97,5 \%$  [1, п. 6.366].

Інтенсивність аерації при цьому складає:

$$I = \frac{Q_{\text{п.а.}}^{\text{а.п.}} \cdot H}{V_{\text{а.п.}}^{\circ}}, \text{ год}^3 / (\text{год}^2 \cdot \text{год}), \quad (5.102)$$

де  $H$  - гідравлічна глибина аеробного стабілізатора,  $\text{м}$ , яка дорівнює гідравлічній глибині аеротенка.

Інтенсивність аерації в аеробному стабілізаторі не повинна бути меншою  $6 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$  [1, п. 6.366].

Витрата ущільненого аеробно стабілізованого осаду складає:

$$V_{\text{газ}}^{\text{о}} = \frac{I_{\text{поб}}^{\text{а.п.}} \cdot 100}{100 - W_{\text{а.п.}}^{\text{о}}}, \text{ м}^3 / \text{год} , \quad (5.103)$$

де  $W_{\text{а.п.}}^{\text{о}} = 96,5-98,5 \%$  - вологість ущільненого аеробно стабілізованого осаду [1, п. 6.367].

Мулова вода направляєтся в аеротенки у кількості:

$$V_{\text{і.а.}} = V_{\text{ан}} - V_{\text{газ}}^{\text{о}}, \text{ м}^3 / \text{год} . \quad (5.104)$$

## 6 РЕКОМЕНДАЦІЇ ДО ВИКОНАННЯ ГРАФІЧНОЇ ЧАСТИНИ ПРОЕКТУ

Під час виконання курсового проекту необхідно виконати 2 креслення формату А1: технологічну схему установки (А1), креслення споруди (А1). Графічну частину виконують на аркушах креслярського паперу основного формату А1 (594×841), згідно вимог ЄСКД та Системи проектної документації для будівництва (ДСТУ Б А.2.4-4:2009 "Основні вимоги до проектної та робочої документації"; ДСТУ Б А.2.4-6-95 «Правила виконання робочої документації генеральних планів»; ДСТУ БА.2.4-7:2009. «Правила виконання архітектурно-будівельних робочих креслень»; ДСТУ Б А.2.4-10-2009 «Правила виконання специфікації обладнання, виробів і матеріалів»; ДСТУ Б А.2.4-11:2009. «Правила виконання ескізних креслень загальних видів нетипових виробів»; ДСТУ Б А.2.4-43:2009. «Правила виконання проектної та робочої документації металевих конструкцій»).

## 7 ВКАЗІВКИ ПРО ПОРЯДОК ЗАХИСТУ ПРОЕКТУ

Зброшурована пояснювальна записка вкладається до папки, на титульну сторінку якої наклеюється аркуш із заголовком „Курсовий проект" (додаток В).

На внутрішній стороні папки розмішують „Опис вкладень". Допуск до захисту можливий після перевірки керівником курсового проекту всіх розділів та креслень, про що свідчать підписи керівника та студента у штампах пояснювальної записки і креслень та на титульному аркуші записки.

Для захисту роботи ілюстративний матеріал доповіді готується у вигляді презентації, виконаної в програмі PowerPoint або подібній до неї. Студенту під час захисту надається мультимедійний проектор та комп'ютер для показу слайдів на екрані. Обсяг ілюстративного матеріалу в презентації до захисту реферату – не менше 6 слайдів.

В ілюстраціях та в доповіді під час захисту обов'язково необхідно відобразити:

- назву КП;
- об'єкт та предмет дослідження;
- мету та завдання;
- зміст та результати виконаної роботи;
- висновки (відповідно до завдань).

При побудові слайдів для захисту весь текст ілюстративного матеріалу повинен бути виконаний шрифтом кеглю не менше ніж 20 пт.

Загальна максимальна кількість балів (R), яку може отримати студент за курсовий проект, дорівнює 100 балів та складається з двох частин:

- підготовка курсового проекту (пояснювальна записка не більше 40 сторінок та 2 креслення формату А1) складає 70 % від R;

- захист курсового проекту складає 30 % від R.

Оцінювання підготовки курсового проекту до захисту відбувається наступним чином:

- пояснювальна записка, яка відповідає усім вимогам щодо змісту проекту та правил оформлення, наявність якісно виконаних креслень - 70 - 65 балів;

- незначні недоліки в оформленні пояснювальної записки та креслень - 64 - 57 балів;

- суттєві помилки у пояснювальній записці, чи несуттєві помилки на кресленнях - 56 - 49 балів;

- суттєві помилки як у пояснювальній записці так і в кресленнях – 48 -42 бали;

- відсутність у пояснювальній записці будь якого з розділів або відсутність одного з креслень - не зараховано.

Оцінювання захисту курсового проекту відбувається наступним чином :

- повна розкрита відповідь на всі поставлені запитання – 27-30 балів;
- неповні відповіді на деякі запитання – 26 - 21 балів;
- неповні відповіді на запитання або слабе орієнтування у темі курсового проекту – 20-18 балів;

- відсутність відповідей на більшість із запитань – не зараховано.

Позитивна оцінка складає 60% від R, а саме  $100 \cdot 0,6 = 60$  балів.

Таблиця 7.1 – Рейтингові бали

Рейтинг (курсний проект)	Оцінка	Традиційна оцінка
$95 < R < 100$	A	Відмінно
$85 < R < 94$	B	Добре
$75 < R < 84$	C	Добре

65 < R < 74	D	Задовільно
60 < R < 65	E	Задовільно
R < 60		Незадовільно

#### СПИСОК РЕКОМЕНДОВАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. СНиП 2.04.03-85. Канализация. Наружные сети и сооружения. – М.: Госстрой по делам строительства, 1986.– 73 с.
2. СанПиН 4630-88 Санитарные правила и нормы охраны поверхностных вод от загрязнения, М.:1988.– 68 с.
3. Канализация населенных мест и промышленных предприятий. Справочник проектировщика. М.: Стройиздат, 1981.-639 с.
4. Примеры расчетов канализационных сооружений: Учебное пособие для ВУЗов/Ю.М. Ласков, Ю.М. Воронов, В.И. Калицун. :- М., Стройиздат, 1987.- 255с. ил.
5. Мацнев А.І., Саблій Л.А. Водовідведення на промислових підприємствах. Навч. посібник. - Рівне, 1998.
6. Саблій Л.А. Фізико-хімічне та біологічне очищення висококонцентрованих стічних вод: монографія. – Рівне:НУВГП.–291с.
7. Пономарев В.Г. Очистка сточных вод нефтеперерабатывающих заводов. М.: Химия, 1985.
8. Когановский А.М. и др. Очистка и использование сточных вод в промышленном водоснабжении. М.: Химия, 1983.
9. Яковлев С.В. и др. Водоотводящие системы промышленных предприятий. М.: Стройиздат, 1990.
10. Терещук А.И. Очистка сточных вод и обезвоживание осадка на фабриках первичной обработки шерсти. – М.: Легкая индустрия, 1980.
11. Копылов В.А. Очистка сточных вод и уплотнение осадков целлюлозно-бумажного производства. – М.: Лесная промышл., 1983.

12. Васильев Г.В. и др. Водное хозяйство и очистка сточных вод предприятий текстильной промышленности. – М.: Легкая индустрия, 1976.

13. Ефимов А.Я. и др. Очистка сточных вод предприятий легкой промышленности. – К. :Техніка, 1985.

### ДОДАТОК А

Національний технічний університет України "Київський політехнічний інститут"  
Кафедра екобіотехнології та біоенергетики

ЗАВДАННЯ № \_\_\_\_\_

до курсового проекту з дисципліни «Біотехнології очищення води» на тему:

студенту \_\_\_\_\_ курсу, групи \_\_\_\_\_, факультету біотехнології і біотехніки

( ПІБ студента)

#### Основні дані для проектування.

Розрахункова витрата стічних вод \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/добу, з них побутових \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/добу.

Промислове підприємство: \_\_\_\_\_

з витратою виробничих стічних вод \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/добу.

1. Концентрації забруднень виробничих стічних вод: завислі речовини \_\_\_\_\_ мг/дм<sup>3</sup>, БПК<sub>повн</sub> \_\_\_\_\_ мг/ дм<sup>3</sup>, ПАР \_\_\_\_\_ мг/ дм<sup>3</sup> ( \_\_\_\_\_).

2. Середньорічна температура суміші стічних вод, що поступає на очисні споруди: \_\_\_\_\_ °С.

4. Характеристика річки, в яку скидаються стічні води:

розрахункова витрата 95% забезпеченості \_\_\_\_\_ м<sup>3</sup>/с;

швидкість течії при розрахунковій витраті \_\_\_\_\_ м/с;

середня глибина річки \_\_\_\_\_ м; коефіцієнт звивистості \_\_\_\_\_;

вид водокористування: \_\_\_\_\_;

концентрація кисню в воді влітку \_\_\_\_\_ мг/ дм<sup>3</sup>;

концентрація завислих речовин \_\_\_\_\_ мг/ дм<sup>3</sup>; БПК<sub>повн</sub> \_\_\_\_\_ мг/ дм<sup>3</sup>,

температура води влітку \_\_\_\_\_ °С. Відстань по фарватеру річки до найближчого пункту водокористування \_\_\_\_\_ км.

5. Населений пункт розташований в \_\_\_\_\_ області.

6. Приблизний склад очисних споруд: решітки, первинні відстійники, споруди для біологічної очистки (аеротенки чи біофільтри), вторинні відстійники, контактні резервуари, метантенки (аеробні стабілізатори), мулові майданчики, цех механічного зневоднення. Склад очисних споруд та їх тип можуть бути уточнені по узгодженню з керівником в процесі проектування. Допоміжні споруди та обладнання призначаються відповідно до прийнятого методу очищення стічних вод та складу очисних споруд.

7. Графічна частина проекту повинна включати: технологічні схеми очищення стічних вод, креслення розробленої споруди ( \_\_\_\_\_).

8. Пояснювальна записка до проекту повинна вміщувати:

1. Розрахункові витрати і концентрації забруднень стічних вод. IV

2. Характеристику фізико - хімічного складу стічних вод промислового

підприємства. I

3. Існуючі технології біологічного очищення стічних вод промислового

підприємства. II

4. Вибір технології біологічного очищення стічних вод промислового

підприємства. III



5. Розрахунки необхідного ступеню очищення стічних вод. V  
 6. Вибір технології біологічного очищення стічних вод підприємства і міста. VI  
 7. Технологічні розрахунки очисних споруд біологічного очищення (за завданням: аеротенки, біофільтри, аеробні стабілізатори, метантенки). VII  
 Завдання видане: \_\_\_\_\_ 2012 р.  
 Керівник проектування: \_\_\_\_\_ Саблій Л.А.  
 Зав. кафедрою: \_\_\_\_\_ Кузьмінський Є.В.

### ДОДАТОК Б

#### Вихідні дані до КП

Показники	Варіант згідно останнього номеру залікової книжки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	0
Середня витрата 95% забезпечення, м <sup>3</sup> /с	2,65	3,75	4,95	6,45	3,55	3,10	8,75	5,45	12,1	6,15
Швидкість течії, м/с	0,9	0,8	0,7	1,0	1,1	0,9	11,5	0,6	1,0	1,2
Середня глибина річки, м	0,9	1,3	1,0	1,2	0,8	1,1	0,6	1,5	0,7	1,4
Коефіцієнт звивистості	1,55	1,35	1,29	1,38	1,66	1,20	1,43	1,52	1,26	1,65
Вид водокористування	Г-п	К-п	Риб. вища	Риб. I	Риб. II	Г-п	К-п	Риб. вища	Риб. I	Риб. II
Концентрація кисню влітку, мг/дм <sup>3</sup>	8,2	8,0	7,7	7,8	7,2	8,1	7,9	7,6	8,3	7,8
Концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>	12,5	15,8	10,6	19,0	22,5	13,3	18,5	21,1	16,5	14,4
Концентрація БСК <sub>повн</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	2,1	2,4	1,9	2,2	2,3	2,0	2,5	2,2	2,6	1,9
Температура води влітку	18	16	17	17	18	16	19	18	17	16
Відстань по фарватеру річки до пункту водокористування, м	2	3	4	2	3	4	2	3	4	2

**ДОДАТОК В**  
**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ**  
**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**  
**"КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ"**  
**Факультет біотехнології і біотехніки**  
**Кафедра екобіотехнології та біоенергетики**

«До захисту допущено»

**Завідувач кафедри**

\_\_\_\_\_ Є. В. Кузьмінський

«\_\_» \_\_\_\_\_ 20\_\_ р.

**ПОЯСНЮВАЛЬНА ЗАПИСКА**

до курсового проекту

на тему: \_\_\_\_\_

**Студент групи** \_\_\_\_\_

(шифр групи)

\_\_\_\_\_ (прізвище, ім'я, по батькові)

\_\_\_\_\_ (підпис)

**Керівник проекту:**

\_\_\_\_\_ (вчений ступінь та звання, прізвище, ініціали)

\_\_\_\_\_ (підпис)

Київ – 20\_\_

Додаток Д

**ШТАМПИ АРКУШІВ КУРСОВОГО ПРОЕКТУ  
(згідно ГОСТ 2.104-2006)**

а) оформлення основного напису великої рамки аркушів перших сторінок реферату, кожного з розділів та висновків в ПЗ.

	7	10	23	15	10	70	50			
5x8=40						<i>ЕКБ.БЕ0000.КП</i>				15
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підп.	Дата	<b>Назва розділу (аркушу) ФІЗИКО-ХІМІЧНА ХАРАКТЕРИСТИКА СТІЧНИХ ВОД</b>	Літ.	Аркуш	Аркушів	5
	Розроб.	Іванов А.					5	20	5	5
	Конс.					<b>НТУУ «КПІ» ФБТ, КЕБ</b>			15	
	Керівн.	Петров Д.							5	
Затв.								5		

б) оформлення основного напису малої рамки наступних сторінок ПЗ

	7	10	23	15	10	110	10	
5x3=15						<i>ЕКБ.БЕ0000.КП</i>		Арк.
	Зм.	Арк.	№ докум.	Підпис	Дата			7
								8

в) оформлення основного напису на графічних аркушах курсового проекту

						<i>ЕКБ.БЕ0000.КП</i>				
5x11=55						<b>Тема курсового проекту повністю</b>	Літ.	Маса	Масштаб	15
	Зм.	Арк.	Прізвище	Підпис	Дата					5
	Розроб.	Іванов А.				<b>ТЕХНОЛОГІЧНА СХЕМА</b>		<b>НТУУ «КПІ»ФБТ, КЕБ</b>		10
	Керівн.	Петров Д.				<b>Аркуш</b>		<b>Аркушів</b>		5
	Затв.					<b>70</b>		<b>50</b>		15
	17	23	15	10						

□ – поля обов'язкові для заповнення

Правила написання шифру:

<b>ЕКБ</b>	<b>БЕ</b>	<b>0000.</b>	<b>КП</b>
<i>спеціальність</i>	<i>№ залікової книжки</i>		<i>Курсовий проект</i>

Додаток Ж

## ПРИКЛАД ОФОРМЛЕННЯ

### 1 РОЗРАХУНКОВІ ВИТРАТИ І КОНЦЕНТРАЦІЇ ЗАБРУДНЕНЬ СТІЧНИХ ВОД

#### 1.1 Розрахункові витрати стічних вод

Згідно завдання, визначаємо тривалість відстоювання стічних вод у відстійнику (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Тривалість відстоювання  $t_{set}$  води

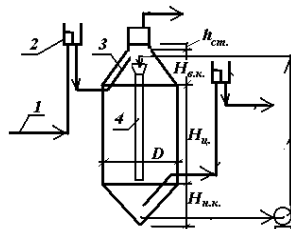
Ефект освітлення, $E_{set}, \%$	Тривалість відстоювання у стандартному циліндрі $t_{set}, \text{с}$ , при концентрації $C_{зр}$ завислих речовин, $\text{мг/дм}^3$			
	100	200	300	400
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390

#### 1.1.1 Максимальна розрахункові витрати стічних вод

Максимальна та мінімальні секундні витрати стічних вод становлять:

$$q_{\text{max.н.}} = \hat{E}_{\text{max}} \cdot q_{\text{н.д.н.}} = 1,51 \cdot 460 = 694,6 \text{ л}^3 / \text{н}, \quad (1.1)$$

де  $q_{\text{сер.с}}$  – середньосекундна витрата господарсько-побутових стічних вод,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;  $K_{\text{max}}$  – коефіцієнта нерівномірності водовідведення [1, табл. 2].



- 1 – трубопровід подачі осаду на зброджування; 2 – завантажувальна камера;  
3 – впускний трубопровід ; 4 – труба з гідроелеватором

Рисунок 1.1 – Розрахункова схема метантенка:

## ДОДАТОК К

Таблиця К.1 –Значення константи швидкості споживання кисню при температурі, °С

T, °C	12	15	18	20	22	24	26	28
k	0,07	0,08	0,09	0,1	0,11	0,12	0,13	0,14

Таблиця К.2 –Тривалість відстоювання  $t_{set}$  води в залежності від ефекту  $E_{set}$  її освітлення [1, табл.30]

Ефект освітлення, $E_{set}$ , %	Тривалість відстоювання у станартному циліндрі $t_{set}$ , с, при концентрації $C_{zp}$ завислих речовин, мг/л			
	<b>100</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>
30	900	540	320	260
40	1320	650	450	390
50	1900	900	640	450
60	3800	1200	870	680

Таблиця К.3 –Залежність коефіцієнта  $\alpha$  від температури  $t$ , [3, стор. 103]

$\alpha$	1,00	1,14	1,30	1,50
$t$	20	15	10	6

Таблиця К.-4 Залежність показника ступеня  $n_2$

від ефекту  $E_{set}$  освітлення та концентрації завислих речовин  $\tilde{N}_{\zeta_0}^i$ , [1, рис.2]

Ефект освітлення, $E_{set}$ , %	Коефіцієнт $n_2$ , при початковій концентрації $\tilde{N}_{\zeta_0}^i$ завислих речовин, мг/л			
	<b>150</b>	<b>200</b>	<b>300</b>	<b>400</b>
50	0,38	0,31	0,20	0,14
60	0,45	0,37	0,27	0,21
70	0,27	0,16	0,12	0,10

Таблиця К.5–Розрахункові параметри первинних відстійників, [1, табл. 31]

Відстійник	$K_{set}$	$H_{set}$ , м	$B_{set}$ , м	$v_{set}$ , мм/с
Горизонтальний	0,50	1,5...4,0	$(2...5) H_{set}$	5...10
Радіальний	0,45	1,5...5,0	-	5...10
Вертикальний	0,35	2,7...3,8	-	-

Таблиця К.6–Розрахункові параметри первинних відстійників, [1, табл. 32]

$v_w$ , мм/с	5	10	15
$v$ , мм/с	0	0,05	0,1

Таблиця К.7– Типові розміри первинних радіальних відстійників [3]

Параметри	Діаметр відстійника, м			
	18	24	30	40
Типовий проект	ТП 902-2-362.83	ТП 902-2-363.83	ТП 902-2-378.83	ТП 902-2-383.83
Діаметр розподільного пристрою, м	1,4	1,6	1,8	2,0
Гідравлічна глибина, м	3,4	3,4	3,4	4,0
Висота зони осаду, м	0,3	0,3	0,3	0,35
Об'єм зони осаду, м <sup>3</sup>	110	210	340	710

## 2. Типові розміри первинних горизонтальних відстійників [3]

Параметри	Значення параметрів для типових проектів				
	ТП 902-2-305	ТП 902-2-304	ТП 902-2-386.85	ТП 902-2-387.85	ТП 902-2-388.85
Типовий проект					
Ширина відділення, м	6	6	9	9	9
Довжина відділення, м	24	24	30	30	30
Гідравлічна глибина, м	3,15	3,15	3,22	3,22	3,22
Число відділень	4	6	4	6	8
Розрахунковий об'єм, м <sup>3</sup>	1160	1740	2132	5214	6952

## 3. Типові розміри первинних вертикальних відстійників [3]

Параметри	Значення параметрів для типових проектів	
	ТП 902-2-165	ТП 902-2-166
Типовий проект		
Діаметр, м	6	9
Глибина циліндричної частини, м	4,2	4,2
Глибина конічної частини, м	3,3	5,1
Розрахунковий об'єм, м <sup>3</sup>	102	230

Таблиця К.8– Значення мулового індексу [1, табл. 41]

Стічні води	Муловий індекс J, см <sup>3</sup> /г
	при навантаженні на мул q, мг/г·доб

	100	200	300	400	500	600
Міські	130	100	70	80	95	130

Таблиця К.9 – [1, табл. 42,44]

$f_{az}/f_{at}$	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
$J_{a \max}$ , $M^3/(M^2 \cdot \text{ГОД})$	5	10	20	30	40	50	75	100
$K_3$	0,59	0,59	0,64	0,66	0,72	0,77	0,88	0,99

Таблиця К.10 – [1, табл. 43]

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

Таблиця К.11– Розчинність кисню у воді при тиску 0,1 МПа [4, табл. 3.5]

Температура, °С	$C_T$ , мг/дм <sup>3</sup>	Температура, °С	$C_T$ , мг/дм <sup>3</sup>
14	10,26	20	9,02
16	9,82	22	8,67
18	9,4	24	8,33



Таблиця К.12– 1.Типові розміри вторинних вертикальних відстійників [3]

Номер типового проекту	Діаметр, м	Будівельна висота, м		Пропускна здатність, м <sup>3</sup> /год за час відстоювання, год	
		циліндричної частини	конічної частини	1,5	1,0
902-2-23	4	2,1	1,8	-	22,1
902-2-24	6	3,0	2,8	-	49,7
902-2-167	6	3,0	3,3	49,4	-
902-2-168	9	3,0	5,1	111,5	-

2.Типові розміри вторинних радіального відстійників [3]

Номер типового проекту	Діаметр, м	Глибина, м	Діаметр трубопроводу, мм		Об'єм зони, м <sup>3</sup>	
			підвідного	відвідного	мулової	відстійника
902-2-87/76	18	3,7	800	500	160	788
902-2-88/75	24	3,7	1200	700	280	1400
902-2-89/75	30	3,7	1400	900	440	2190
902-2-90/75	40	4,35	2000	1200	915	4580

Таблиця К.13

Діаметр зрошувальних труб $D_{op}$ , мм	50	63	75	100	125	150	175	200	250
Модуль витрати $K$ , дм <sup>3</sup> /с	6	11,5	19	43	86,5	134	200	300	560

Таблиця К.14– Розміри типових метантенків [3]

Корисний об'єм, м <sup>3</sup>	Діаметр, м	Висота, м		
		верхнього конуса	циліндричної частини	нижнього конуса
1	2	3	4	5
1000	12,5	1,9	6,5	2,15
1600	15	2,35	7,5	2,6
2500	17,5	2,5	8,5	3,05
1	2	3	4	5
4000	20	2,9	10,6	3,5
6000	18	3,15	18	3,5
8000	22,6	4,45	16,3	3,7

Таблиця К.15– Розміри типових газгольдерів [3]

Об'єм газгольдера, м <sup>3</sup>	Діаметр резервуара, мм	Висота газгольдера, мм
100	7400	7450
300	9300	12500
600	11480	15400
1000	14500	15400
3000	21050	20100
6000	26900	24200