

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

1 відступ (інтервал 1,5)

**ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ
КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

4 відступи (інтервал 1,5)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

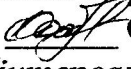
на тему: **«РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА»**

3 відступи (інтервал 1,5)

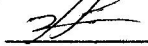
Виконала: магістрант(ка) 2 курсу, група 8.1922-вв-з спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення»

ВАСЮТА ОЛЕНА ЮХИМІВНА

1 відступ (інтервал 1,0)

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук  О. Г. Добровольська

1 відступ (інтервал 1,0)

Рецензент: професор кафедри промислового та цивільного будівництва, докт. техн. наук  В. А. Банах

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри



« 03 » травня 20 23 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Васюті Олені Юхимівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Реконструкція системи водовідведення міста
2. Строк подання роботи: 05.12.2023

3. Вихідні дані до роботи: Система водовідведення продуктивністю 50000м³/добу), мета роботи, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Аналіз новітніх технологій в системах водовідведення міст. 1.1 Забезпечення роботи систем водовідведення в умовах воєнного стану. 1.2 Схеми та системи водовідведення. 1.3 Будівельні рішення станції водоочищення та конструкції очисних споруд і будівель. 1.4 Інноваційні розробки в технологіях очищення стічних вод. 1.5 Задачі кваліфікаційної роботи. 2. Формування вихідних даних для реконструкції очисних споруд. 2.1 Аналіз зміни технологічних умов очищення стічних вод. 2.2 Формування розрахункових (визначення) витрат та концентрацій забруднень. 3. Реконструкція очисних споруд. 3.1 Розрахунок піскоуловлювачів. 3.2 Розрахунок резервуару для перемішування. 3.3 Розрахунок споруд біологічної очистки стоків. 3.4 Розрахунок вторинних відстійників. 3.5 Вибір насосного обладнання 4. Охорона праці та техногенна безпека на муловій насосній станції.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Генплан очисної станції. 2. Технологічна схема очистки води до та після реконструкції. 3. Балансова схема очистки стоків. 4. Піскоуловлювач. План. Розрізи. 5. Резервуар перемішування. План. Розрізи. 6. Аеротенк. План. Розрізи. 7. Схема роботи аеротенка після реконструкції. Система аерації. 8. Мулова насосна станція. План. Розрізи.

6. Консультанти розділів роботи

| Розділ | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата | |
|--------|---|----------------|------------------|
| | | завдання видав | завдання прийняв |
| 1 | Добровольська О.Г., к.т.н., доцент | | |
| 2 | Добровольська О.Г., к.т.н., доцент | | |
| 3 | Добровольська О.Г., к.т.н., доцент | | |
| 4 | Добровольська О.Г., к.т.н., доцент | | |

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

| № з/п | Назва етапів кваліфікаційної роботи | Виконання | Примітка |
|----------|---|-----------|----------|
| № | Вид роботи | | |
| 1 | Розділ 1 Аналіз новітніх технологій в системах водовідведення міст. | 10.10.23 | |
| 2 | 2. Формування вихідних даних для реконструкції очисних споруд. Лист 1. | 15.10.23 | |
| 3 | 3. Реконструкція очисних споруд. 3.1 Розрахунок піскоуловлювачів. 3.2 Розрахунок резервуарів для перемішування. Лист-2. | 5.11.23 | |
| 4 | 3.3 Розрахунок споруд для біологічної очистки стоків. 3.4 Розрахунок вторинних відстійників. 3.5 Вибір насосного обладнання. Листи 3,4. | 10.11.23 | |
| 5 | Листи 5,6 . | 20.11.23 | |
| 6 | 4. Охорона праці та техногенна безпека на муловій насосній станції. Листи 7,8. | 26.11.23 | |
| 7 | Презентація, попередній захист. | 11.12.23 | |

Студент О. Ю. Васюта
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи О.Г. Добровольська
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер
(підпис)

І.В. Гребенюк
(ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра «Реконструкція системи водовідведення міста»: с., рис., табл., джерел, додатків.

Ключові слова: СИСТЕМА ВОДОВІДВЕДЕННЯ; БАЛАНСОВА СХЕМА; ОЧИСНІ СПОРУДИ; СИСТЕМА АЕРАЦІЇ; АКТИВНИЙ МУЛ; РЕКОНСТРУКЦІЯ.

Метою роботи є дослідження вдосконалення системи водовідведення шляхом реконструкції очисної станції та її основних елементів, а саме основних споруд біологічного очищення – аеротенків.

Об’єкт досліджень – очисні споруди продуктивністю 50000 м³/добу.

Предмет досліджень – конструктивні та технологічні параметри очисних споруд традиційної та удосконаленої конструкції.

Запропонована реконструкція аеротенків включає організацію інших технологічних умов з рециркуляцією мулу та заміну традиційних аераторів на сучасні аераційні системи. Технологічна схема, що використовується для реконструкції, передбачає збереження чинної продуктивності споруд.

ABSTRACT

Master's qualification work «Reconstruction of the city drainage system»:
p., fig., table, sources, appendices.

Keywords: WATER DISTRIBUTION SYSTEM; BALANCE SHEET;
TREATMENT PLANT; AERATION SYSTEM; ACTIVE SLUDGE;
RECONSTRUCTION.

The purpose of the work is to study the improvement of the water drainage system through the reconstruction of the treatment plant and its main elements, namely the main facilities of biological treatment - aeration tanks.

The object of research is a sewage treatment plant with a capacity of 50,000 m³/day.

The subject of research is the structural and technological parameters of traditional and improved construction sewage treatment plants.

The proposed reconstruction of the aeration tanks includes the organization of other technological conditions with sludge recirculation and the replacement of traditional aerators with modern aeration systems. The technological scheme used for the reconstruction provides for the preservation of the current productivity of the buildings.

ЗМІСТ

| | | |
|-------|---|----|
| | Завдання на кваліфікаційну роботу | 2 |
| | АНОТАЦІЯ | 4 |
| | ABSTRACT | 5 |
| | ВСТУП | 8 |
| 1 | РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТ | 10 |
| 1.1 | Забезпечення роботи систем водовідведення в умовах воєнного стану | 10 |
| 1.2 | Схеми та системи водовідведення | 12 |
| 1.3 | Будівельні рішення станції водоочищення та конструкції очисних споруд і будівель | 16 |
| 1.3.1 | Принципово-технологічні схеми основних процесів очистки побутової стічної води та обробки осаду | 16 |
| 1.3.2 | Конструкції основних очисних споруд та будівельні рішення станції водоочищення | 21 |
| 1.4 | Інноваційні розробки в технологіях очищення стічних вод | 26 |
| 1.5 | Задачі кваліфікаційної роботи | 35 |
| 2 | РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД | 36 |
| 2.1 | Аналіз зміни технологічних умов очищення стічних вод | 36 |
| 2.2 | Формування (визначення) розрахункових витрат та концентрацій забруднень | 41 |
| 3 | РОЗДІЛ 3. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД | 42 |
| 3.1 | Розрахунок піскоуловлювачів | 42 |
| 3.2 | Розрахунок резервуару для перемішування | 45 |
| 3.3 | Розрахунок споруд біологічної очистки стоків | 48 |
| 3.3.1 | Особливості процесів біологічної очистки після реконструкції | 48 |
| 3.3.2 | Розрахунок аеротенків | 51 |
| 3.3.3 | Розрахунок системи аерації | 59 |
| 3.4 | Розрахунок вторинних відстійників | 60 |
| 3.5 | Вибір насосного обладнання | 63 |
| 4 | РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА НА МУЛОНАСОСНІЙ СТАНЦІЇ | 64 |

| | | |
|-------|--|----|
| 4.1 | Загальні вимоги до обслуговування споруд біологічної очистки | 64 |
| 4.2 | Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на мулонасосній станції | 65 |
| 4.3 | Заходи з поліпшення умов праці | 66 |
| 4.4 | Виробнича санітарія | 67 |
| 4.4.1 | Об'ємно-планувальні рішення будівлі насосної станції | 67 |
| 4.4.2 | Опалення та вентиляція | 68 |
| 4.4.3 | Освітлення | 69 |
| 4.4.4 | Санітарно-побутові та допоміжні приміщення | 69 |
| 4.4.5 | Виробничий шум, виробнича вібрація | 69 |
| 4.5 | Електробезпека | 70 |
| 4.6 | Пожежна безпека | 72 |
| 5 | РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД | 73 |
| 5.1 | Планування капітальних, поточних витрат та тарифу для реконструкції очисних споруд | 73 |
| 5.2 | Розрахунок основних показників ефективності реконструкції | 75 |
| | ВИСНОВКИ | 79 |
| | СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ | 80 |
| | ДОДАТКИ | 84 |

ВСТУП

Відновлення житлових і громадських будівель і споруд, об'єктів виробничого і культурно-побутового призначення, а також реконструкція та розширення існуючих будівельних об'єктів потребують проведення великого обсягу робіт по інженерній підготовці території і, в першу чергу, по проектуванню систем водопостачання та водовідведення.

Технічний прогрес в Європейських країнах, високі темпи розвитку промислового і житлово-побутового будівництва, зростаючий рівень благоустрою житлового фонду, збільшення об'єму промислового виробництва та ускладнення технологічних процесів в промисловості надихають жителів України в мирний час до різкого збільшення темпів розвитку, зокрема водопровідно-каналізаційного господарства. Це можливо тільки у разі системного підходу до розв'язання питань комплексного використання води з урахуванням інтересів усіх її споживачів, а також за умови підвищення інтенсивності роботи діючих та будівництва нових систем водопостачання і водовідведення.

Природні біологічні процеси самоочищення водоймищ на сьогодні не достатні. Тому важливе значення в охороні водних ресурсів і їх раціональному використанні набувають фізико-хімічні методи покращення якості води, які дозволяють повторно використовувати воду в технологічних процесах і, таким чином, знизити навантаження на водойми.

До очищення стічної води окрім руйнування або здобування мінеральних і органічних речовин, які знаходяться в стічних водах, до ступеню, що дозволяє скидати ці води у водойми, відносяться також її знезараження, видалення шкідливих для людини, тварин або рослин речовин та усунення з води мікроорганізмів і вірусів, що можуть викликати захворювання. Також очистка стічних вод – це обробка їх різними методами для повторного використання для виробничих та інших потреб.

З огляду на економічні проблеми інноваційні розробки в технологіях перш за все необхідно використовувати для реконструкції існуючих споруд. Особливі побоювання викликає технічний стан інженерних мереж і споруд. Станції очищення стічних вод не відповідають сучасним вимогам. Знос основних фондів очисних станцій перевищує 70%, а технології очищення стічних вод на більшості споруд в кращому випадку відповідають нормативним вимогам кінця ХХ століття. Все це в повному обсязі відноситься до технічного і технологічного оснащення очисних споруд.

Розумне поєднання принципів реконструкції споруд, розробка нових методів глибокого очищення стічних вод і впровадження нових матеріалів і реагентів, а також правильна економічна оцінка комплексу робіт в цілому дозволять впоратися з нагальною проблемою реконструкції інженерних систем і споруд водовідведення та скидання неочищених стічних вод у водойми України.

Реконструкція інженерних систем і споруд водопостачання та водовідведення передбачає поетапне виконання заходів, спрямованих на поліпшення якісних показників очищеної води, без зупинки споруд та виведення їх з експлуатації.

У зв'язку з вищезазначеним метою даної роботи є дослідження вдосконалення системи водовідведення шляхом реконструкції очисної станції та її основних елементів, а саме основних споруд біологічної очистки – аеротенків. Запропонована реконструкція аеротенків включає організацію інших технологічних умов з рециркуляцією мулу та заміну традиційних аераторів на сучасні аераційні системи. Технологічна схема, що використовується для реконструкції, передбачає збереження існуючої продуктивності споруд.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ В СИСТЕМАХ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТ

1.1 Забезпечення роботи систем водовідведення в умовах воєнного стану

Водопостачання та водовідведення є головними елементами економічного та соціального розвитку. Їх значення важко переоцінити: вони забезпечують здорове життя та підтримку населення, створюють умови для виробництва енергії, вирощування харчових продуктів, сприяють раціональному використанню навколишнього середовища, забезпечують економічний розвиток.

Російські окупанти обстрілюють водну інфраструктуру, мінують та підривають греблі, проводять військові операції на території Чорного та Азовського морів. Так, російською армією було зруйновано будівлю каналізаційної насосної станції через обстріл очисних споруд Васильківського експлуатаційного цеху водопостачання та водовідведення. Результатом таких дій стає те, що неочищені зворотні води потрапляють у річку Дніпро [1].

Моніторинг руйнувань, що проводиться Міністерством розвитку громад, територій та інфраструктури України, показав, що за попередніми оцінками станом на 1 вересня 2022 року внаслідок дій окупаційної армії було зруйновано понад 244 км каналізаційних мереж. Часткових пошкоджень або повних руйнувань зазнали 64 каналізаційні насосні станції, найбільша кількість яких розташована на Київщині, Харківщині та Чернігівщині. Зруйнованими або пошкодженими також є 23 каналізаційні споруди [2].

На думку експертів Програми USAID DOBRE [1], потенційними проблемами систем водовідведення, з якими можуть стикнутися надавачі послуги в умовах воєнного стану, є наступні: знищення споруд та обладнання (руйнування, втрата контролю над спорудами каналізації внаслідок окупації,

інше); руйнування трубопроводних мереж; тривала відсутність електроживлення; втрата можливості керування та реагування на аварійні ситуації; недостатнє або відсутнє фінансування закупівлі обладнання, матеріалів, виконання робіт; перешкоди у постачанні паливно-мастильних матеріалів, необхідного обладнання та матеріалів для експлуатації та ремонту; втрата можливості залучення сторонніх профільних організацій та кадрові проблеми.

Забезпечення водоканалів необхідними матеріалами і засобами під час військових дій відноситься до важливих, але дуже складних і багатофакторних завдань. До першочергових завдань, принаймні для водоканалів, розташованих на територіях потенціального ризику, оскільки війна продовжується, а системи повинні експлуатуватись безперервно, відноситься ретельна підготовка переліку потрібних запасів і розширення резервних одиниць обладнання, обсягів реагентів тощо до орієнтовних норм витрат на 2 – 3 місяця (бажано 6 місяців). Такі резерви можуть бути створені за допомогою міжнародних донорів, але для цього потрібно надати їм чіткі і зрозумілі роз'яснення щодо необхідності зміщення акцентів з відновлення зруйнованого на недопущення зривів експлуатації непошкоджених мереж та мінімізації часу ліквідації аварій у незалежності від їх причин.

Окремим надважливим питанням є підготовка матеріалів та обладнання для здійснення аварійних ремонтів пошкоджених чи зруйнованих трубопроводів. З цією метою необхідно підготувати складські запаси витратних матеріалів та приладів, які можуть бути використані для аварійного відновлення мереж, а саме хомутів, бандажів, пневмозатворів, гумових прокладок, гранбуks, зварювальних апаратів з генераторами, наборів інструментів, електродів для зварювання та багато іншого. Те саме стосується і організації запасів основних елементів електрообладнання – автоматичних вимикачів, контакторів, пристроїв захисту, кабелів та ін.

Відсутність пошкоджень у разі надзвичайних ситуацій не гарантована жодному трубопроводу, жодному об'єкту системи водопостачання та

водовідведення. Слід забезпечити, за можливості, фізичний захист об'єктів – облаштувати будівельним захистом, обкласти обладнання мішками з піском.

Для вирішення проблем з кадровим складом підприємств необхідно забезпечити підготовку детальних «Інструкцій з користування обладнанням»; напрацювати письмові правила реагування на конкретні проблеми, які можуть виникнути під час експлуатації системи водопостачання та водовідведення; організувати проведення навчань персоналу з непрофільних суміжних виробничих спеціальностей, що можуть бути залучені для виконання службових обов'язків при обслуговуванні систем водопостачання та водовідведення під час надзвичайного стану [3].

Поряд з очевидними гуманітарними наслідками, погіршення водопостачання та водовідведення має довготривалий ефект на становище та спроможність підприємств водопостачання. Спираючись на порівняльне дослідження міських послуг водопостачання у шести країнах, які постраждали від конфлікту, Дж. Пінера формулює три стадії занепаду:

1) комунальне водоканальне підприємство не спроможне надійно забезпечувати воду в достатній кількості та прийнятної якості;

2) незадовільне надання послуг призводить до втрати довіри до комунального підприємства та його адміністрації від клієнтів, що потенційно спонукає клієнтів утримувати платежі, поки достатній рівень обслуговування не буде відновлений;

3) без доходу від своїх клієнтів комунальне підприємство втрачає фінансову самозабезпеченість та змушене скорочувати чи знижувати зарплати, або стає залежним від зовнішньої фінансової підтримки [1].

1.2 Схеми та системи водовідведення

Система каналізації – це комплекс споруд, призначених для відведення стічних вод таких основних категорій як побутові, виробничі та дощові (атмосферні) стічні води. Системи умовно представлені на рис.1.1.

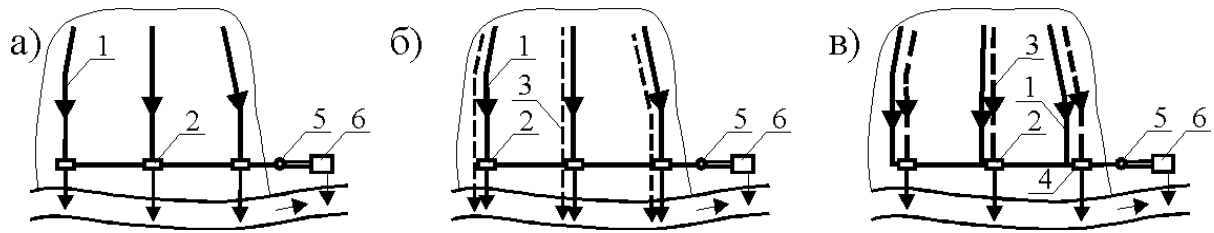


Рисунок 1.1 – Системи каналізації

а) загальносплавна; б) повна роздільна; в) напівроздільна; 1 – колектори побутово-виробничої мережі; 2 – зливоспуски; 3 – дощова мережа; 4 – водоскидні камери; 5 – насосна станція; 6 – очисні споруди

Для відведення перелічених стічних вод сумісно по загальним трубопроводам на очисні споруди використовується загальносплавна система (рис.1.1а). При повній роздільній системі по окремій мережі відводяться тільки побутові води або побутові води разом з забрудненими виробничими, якщо вони допустимі до скиду в побутову каналізацію. При такій же системі по своїй мережі відводяться тільки дощові води або дощові разом з незабрудненими виробничими стоками, при цьому забруднені виробничі води відводяться по самостійній мережі або декільком мережам (рис.1.1б). Неповною роздільною називається система, яка передбачає відведення побутових стічних вод на очисні споруди мережею закритих трубопроводів і неорганізований відвід у водойму атмосферних вод.

Для напівроздільної системи (рис.1.1в) характерне встановлення водоскидних камер у місцях перетину самостійних каналізаційних мереж з метою відводу різних видів стічних вод. Такі камери дозволяють при малих витратах перепускати найбільш забруднені дощові води у побутову мережу і відводити їх загальним колектором на очисні споруди, а під час злив – скидати порівняно чисті дощові води безпосередньо у водойми.

У зв'язку з розширенням міст, які мають загальносплавну систему, в окремих випадках використовується комбінована (змішана) система каналізації, при якій існуючі колектори частково відводять тільки виробничі та побутові стоки, а для дощової води будують нові колектори. З урахуванням техніко-економічних та санітарно-гігієнічних показників вибирають тип системи каналізації населеного пункту. Повна роздільна система включає дві або декілька автономних мереж, тому за будівельними затратами вона є досить коштовною, але зручною в експлуатації. При такій системі будівництво за чергами здійснюється більш ефективно, і це знижує первісні затрати. Найбільших капітальних вкладень потребує напівроздільна система, тому що потрібно будівництво перехоплюючого колектора.

У нашій країні в якості першої черги будівництва переважає неповна роздільна система каналізації, але в санітарному відношенні найдоцільнішою є загальносплавна система, яка передбачає очищення всіх стічних вод [4].

На базі прийнятої системи каналізації з урахуванням технічних та економічно обґрунтованих рішень розробляється схема каналізації, тобто вирішується питання по конкретному вибору і розміщенню комплексу інженерних споруд, з допомогою яких буде здійснено приймання, транспортування та очистка стічних вод, скид їх у водойми або передачу на наступне використання.

За територіальним охопленням розрізняють централізовані та децентралізовані, в тому числі локальні схеми систем водовідведення. При централізованій схемі очищення стічної води здійснюється на єдиних очисних спорудах. Децентралізована схема передбачає окреме відведення і очищення стоків на декількох очисних спорудах. При локальній схемі система водовідведення влаштовується на окремих об'єктах міста.

В залежності від виду об'єкту виділяють районні (для декількох розташованих поряд населених пунктів або групи підприємств), міські, квартальні та заводські схеми водовідведення.

Найчастіше зустрічаються схеми [4], представлені на рис.1.2:

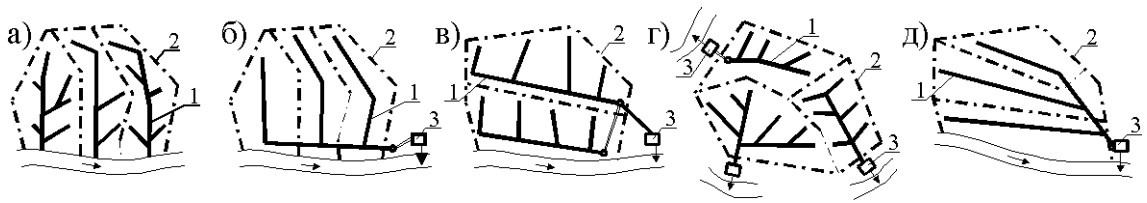


Рисунок 1.2 – Схеми каналізаційних мереж

а) перпендикулярна; б) перехоплювальна; в) зонна; г) радіальна;
 д) паралельна; 1 – колектори басейнів каналізування; 2 – межі басейнів каналізування; 3 – очисні споруди

- перпендикулярна, для якої характерне трасування колекторів басейнів каналізування перпендикулярно (рис.1.2а) до напрямку течії річки (така схема часто використовується для відводу атмосферних вод, що не потребують очищення);

- перехоплювальна (рис.1.2б), при якій колектори басейнів каналізування перехоплюються головним колектором, прокладеним паралельно до річки (застосовується при пониженні рельєфу місцевості до водойми та за необхідності очищення стічних вод);

- зонна (рис.1.2в), що передбачає розбиття каналізованої території на дві зони: верхньої, з якої стічні води відводяться до очисних споруд самопливом, та нижньої, з якої вони перекачуються насосною станцією (застосування такої схеми дозволяє зменшити експлуатаційні витрати);

- радіальна (рис.1.2г), при якій очищення стічних вод виконується на двох або більшій кількості очисних споруд (стічні води відводяться децентралізовано, схема використовується при складному рельєфі місцевості і каналізуванні великих міст;

- паралельна (рис.1.2д), що передбачає трасування колекторів басейнів каналізування паралельно або під невеликими кутами до напрямку течії річки, та перехоплювання головним колектором, який розташований перпендикулярно до напрямку течії річки (застосовується при різкому падінні рельєфу місцевості до річки, оскільки ця схема запобігає значному

заглибленню колектора та підвищенню швидкості руху стічних вод в трубах).

Схеми каналізаційних мереж населених пунктів визначають на основі генплану з урахуванням прийнятої системи водовідведення, рельєфу місцевості, геологічних та гідрогеологічних умов, розташування водойми, напрямку руху води у водоймі, особливостей планування каналізованих об'єктів, способу прокладання колекторів тощо. Приклад принципової схеми водовідведення населеного пункту наданий на рис.1.3.

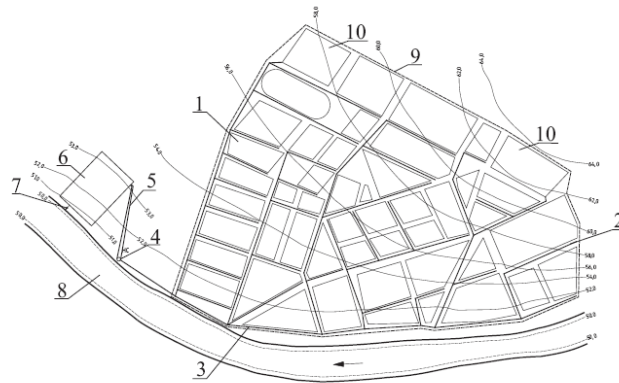


Рисунок 1.3 – Принципова схема водовідведення населеного пункту

1 – житлові квартали; 2 – мережа водовідведення; 3 – головний колектор мережі; 4 – каналізаційна насосна станція; 5 – напірні трубопроводи насосної станції; 6 – очисні споруди; 7 – випуск стічних вод у водойму; 8 – ріка; 9 – територія населеного пункту; 10 – промислові підприємства

1.3 Будівельні рішення станції водоочищення та конструкції очисних споруд і будівель

1.3.1 Принципово-технологічні схеми основних процесів очистки побутової стічної води та обробки осаду

Склад очисних споруд вибирають в залежності від потрібного ступеню очистки, продуктивності очисної станції, особливостей складу стічної води, яка надходить на станцію, методу використання осаду, а також від інших

місцевих умов у відповідності з нормами проектування очисних споруд і техніко-економічними розрахунками. Методи очистки стічних вод розділені на три групи: механічні, фізико-хімічні та біологічні.

Механічна очистка проводиться для виділення зі стоків нерозчинених грубо дисперсних домішок шляхом проціджування, відстоювання та фільтрування. З метою затримання крупних забруднень і частково завислих речовин застосовується проціджування води крізь різноманітного виду решітки і сита. Для виділення зі стічної води завислих речовин, часточки яких мають більшу або меншу густину, ніж густина води, приймається відстоювання. При цьому важкі часточки під дією сили тяжіння осідають на дно, а легкі спливають на поверхню. Завислі речовини мінерального походження, головним чином піску, виділяють зі стоків шляхом осадження у піскоуловлювачах. Основну масу завислих речовин органічного характеру виділяють з стічних вод у відстійниках. Для очищення побутових стоків механічна очистка є попередньою стадією перед біологічною очисткою. Фізико-хімічні методи частіше використовують при очищенні виробничих стічних вод. При таких методах очистки до стічної води додають реагенти, які вступають в хімічну реакцію з домішками у воді. Такі реагенти сприяють більш повному виділенню нерозчинних домішок та частини розчинних сполук і тим самим зменшують їх концентрацію в стічній воді.

Біологічні методи очистки ґрунтуються на життєдіяльності мікроорганізмів, що сприяють окисленню або відновленню органічних речовин, які містяться в стічних водах у вигляді тонких суспензій або розчинів і є джерелом харчування для мікроорганізмів, внаслідок чого і відбувається очищення стічних вод від органічних забруднень. При підвищених вимогах до ступеню очистки біологічно очищена вода підлягає доочищенню на багат шарових піщаних фільтрах. Для ліквідації бактеріального забруднення стічних вод застосовують їх знезараження (дезинфекцію) [5]. Принципово-технологічні схеми основних методів очистки побутових стоків і обробки осаду представлені на рис.1.4 – 1.9.

Стічні води надходять в приймальну камеру, звідки вода самопливом надходить на решітки для уловлювання крупних домішок, а з них на піскоуловлювачі, в яких аерується повітрям та очищується від мінеральних домішок. Очищена від піску вода прямує на первинні відстійники, в яких відбувається виділення з неї нерозчинених завислих речовин. Освітлена вода надходить в аеротенки, де проходить біологічну очистку в результаті життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу. Стічна вода безперервно перемішується та аерується повітрям. Суміш стічної води та активного мулу з аеротенків спрямовується у вторинні відстійники для відділення мулу, частина якого надходить в регенератор – коридор аеротенка.

Характеристика біологічно очищеної води після вторинних відстійників не відповідає умовам випуску стічних вод у водойму, тому передбачається доочищення стоків на барабанних сітках та піщаних швидких фільтрах. Після споруд доочищення стічна вода знезаражується хлором у змішувачі та контактному резервуарі, після чого випускається у водойму.

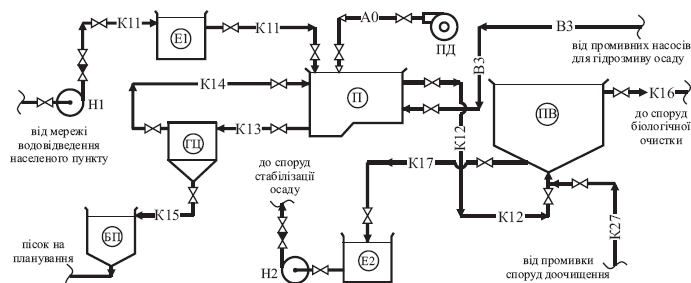


Рисунок 1.4 – Принципова схема механічної очистки стоків

Е1 – приймальна камера; П – піскоуловлювач; ПВ – первинний відстійник; ГЦ – напірний гідроциклон; БП – пісковий бункер; Е2 – резервуар сирого осаду; Н1 – насос подачі міських стоків; Н2 – насос подачі сирого осаду на стабілізацію; ПД – повітрорудка; К11 – міські стічні води; К12 – освітлені стоки; К13 – піскова пульпа; К14 – піскова вода; К15 – зневоднений пісок; К16 – вода, очищена від завислих речовин; К17 – сирий осад; К27 – забруднена промивна вода; А0 – повітря

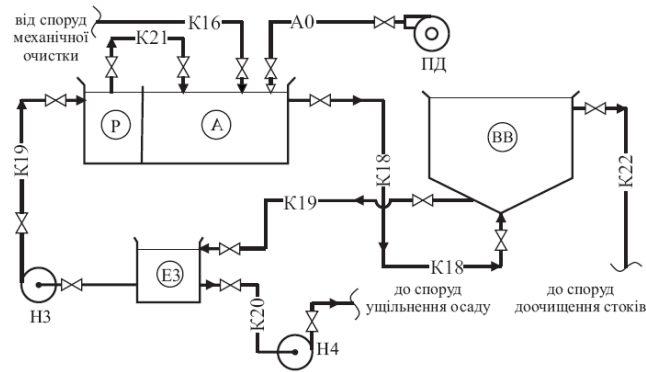


Рисунок 1.5 – Принципова схема біологічної очистки стоків

А – аеротенк; Р – регенератор активного мулу; ВВ – вторинний відстійник; Е3 – збірний резервуар надлишкового активного мулу; НЗ – насос активного мулу на регенерацію; Н4 – насос для надлишкового активного мулу; К18 – суміш стічної води та активного мулу; К19 – активний мул на регенерацію; К20 – надлишковий активний мул; К21 – зворотний активний мул

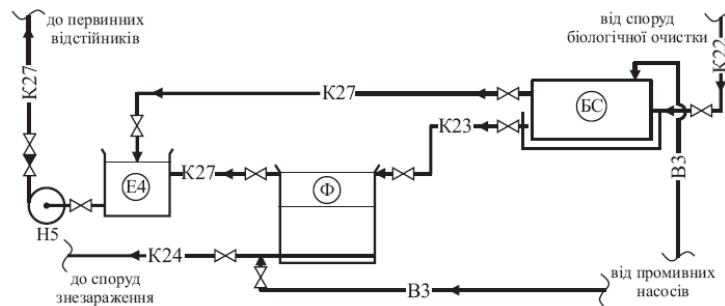


Рисунок 1.6 – Принципова схема доочищення стоків

БС – барабанна сітка; Ф – фільтр; Е4 – збірний резервуар забрудненої промивної води; Н5 – насос для забрудненої промивної води; К22 – вода на доочищення; К23 – частково очищені стоки; К24 – очищені стоки; К27 – забруднена промивна вода; В3 – технічна вода для промивки

Для зменшення вологості та об'єму надлишкового активного мулу використовуються мулоущільнювачі, з яких мул разом з сирим осадом з первинних відстійників надходить в метантенки, де відбувається зброджування. Зброджений осад зневоднюється на вакуум-фільтрах.

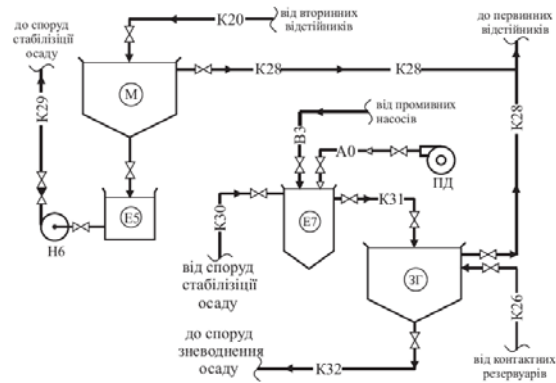


Рисунок 1.7 – Принципова схема ущільнення та згущення осаду

М – мулоущільнювач; ЗГ – згущувач осаду; Е5 – резервуар ущільненого мулу; Е7 – резервуар промивки осаду; Н6 – насос подачі мулу на зброджування; К26 – осад; К28 – мулова вода; К29 – ущільнений мул; К30 – зброджений осад; К31 – промитий осад; К32 – згущений промитий осад

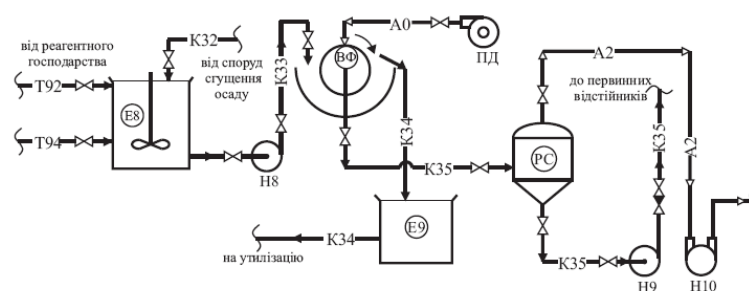


Рисунок 1.8 – Принципова схема механічного зневоднення осаду

ВФ – вакуум-фільтр; РС – ресивер; Е8 – збірний резервуар згущеного промитого зброженого осаду; Е9 – збірний резервуар зневодненого осаду; Н8 – насос подачі осаду на зневоднення; Н9 – насос для фільтрата; Н10 – вакуум-насос; К33 – суміш осаду та реагентів; К34 – зневоднений осад; К35 – фільтрат; А2 – повітря для вакуум-насосу від ресивера; Т92 – 10%-ий розчин коагулянту; Т94 – 10%-ий розчин вапна

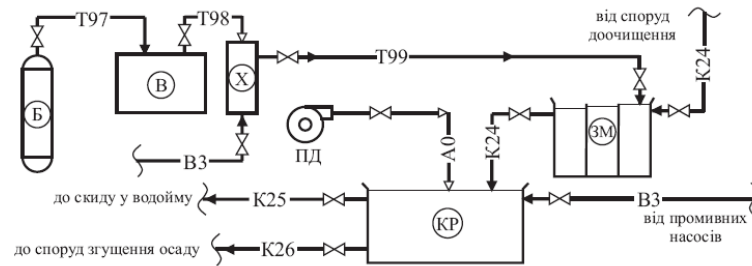


Рисунок 1.9 – Принципова схема знезараження стічної води

ЗМ – змішувач; КР – контактний резервуар; Б – балон з хлором;
 В – випаровувач; Х – хлоратор; ПД – повітродувка; К24 – очищені стоки;
 К25 – знезаражена стічна вода; К26 – осад; Т97 - зріджений хлор;
 Т98 – газоподібний хлор; Т99 – хлорна вода; ВЗ – технічна вода; А0 – повітря

1.3.2 Конструкції основних очисних споруд та будівельні рішення станції водоочищення

В якості основних очисних споруд, які проектом передбачені для реконструкції прийняті піскоуловлювач, первинний відстійник та аеротенк.

Для затримання мінеральних часток крупністю більше 0,15...0,25 мм встановлюються піскоуловлювачі. Виходячи з продуктивності станції і потрібного ефекту освітлення стічних вод прийняті горизонтальні піскоуловлювачі з аерацією [6, п.10]. Вздовж однієї з стінок на відстані 45...60 мм від днища по всій довжині встановлюють аератори з дірчастих труб з отворами 3...5 мм, а під ними влаштовують лоток для збору піску. Днище має ухил 0,2...0,4 до піскового лотка для сповзання в нього піску. Загальний вигляд піскоуловлювача з аерацією представлений на рис.1.10.

Для виділення з стічних вод нерозчинених зважених (осідаючих або спливаючих) грубодисперсних речовин призначені первинні відстійники. З урахуванням продуктивності станції, прийнятий радіальний відстійник [5], загальний вигляд якого представлений на рис.1.11.

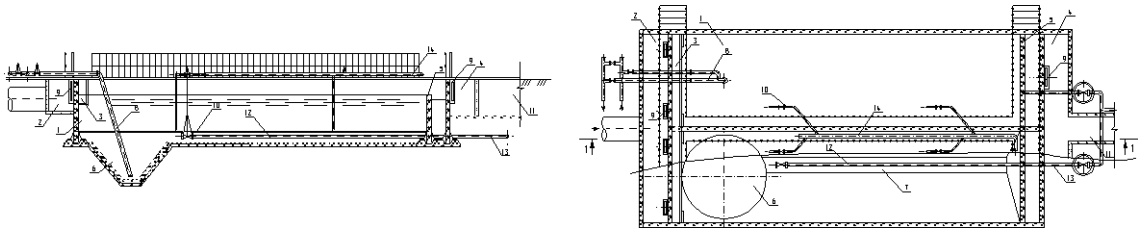


Рисунок 1.10 – Піскоуловлювач

1 – залізобетонний резервуар; 2 – лоток подачі стічної води; 3 – розподільний лоток; 4 – збірний лоток; 5 – водозлив; 6 – пісковий бункер; 7 – пісковий лоток; 8 – гідроелеватор; 9 – щитовий затвор; 10 – аератори; 11 – лоток відведення освітленої води; 12 – трубопровід зі сприсками; 13 – трубопровід підведення води для гідрозмиву; 14 – повітропровід

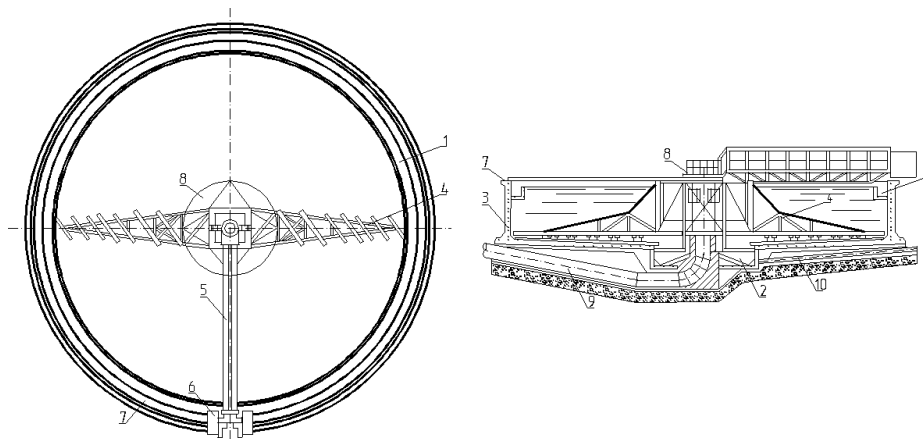


Рисунок 1.11 – Первинний відстійник

1 – круговий периферійний лоток; 2 – муловий прямок; 3 – залізобетонний корпус; 4 – шкребкові крила; 5 – міст; 6 – привідний візок; 7 – зовнішній рейковий шлях; 8 – кільцевий струмоприймач; 9 – трубопровід підведення стічної води; 10 – трубопровід відведення сирого осаду

Вода рухається в радіальному напрямку зі швидкістю, яка змінюється від максимальної в центральній частині до мінімальної на периферії. Забруднена вода підводиться знизу трубопроводом, звідки потрапляє через

центральный розподільний пристрій у відстійну зону, а освітлена вода збирається в круговому периферійному жолобі. Осад згрібається у приямок шкребками, закріпленими на рухомій фермі.

Аеротенкі забезпечують біологічну очистку стічних вод від забруднюючих речовин органічного походження за рахунок життєдіяльності активного мулу. Активний мул являє собою біоценоз мікроорганізмів-мініралізаторів, що мають здатність сорбувати органічні речовини стічної рідини на своїй поверхні та окислювати їх в присутності кисню повітря. Суміш стічної рідини та активного мулу аерується для забезпечення мікроорганізмів достатньою кількістю кисню повітря та для підтримання мулу в завислому стані. Оптимальна кількість розчиненого кисню становить 2...3,5 г/л [5].

Загальний вигляд аеротенка-витиснювача представлений на рис.1.12.

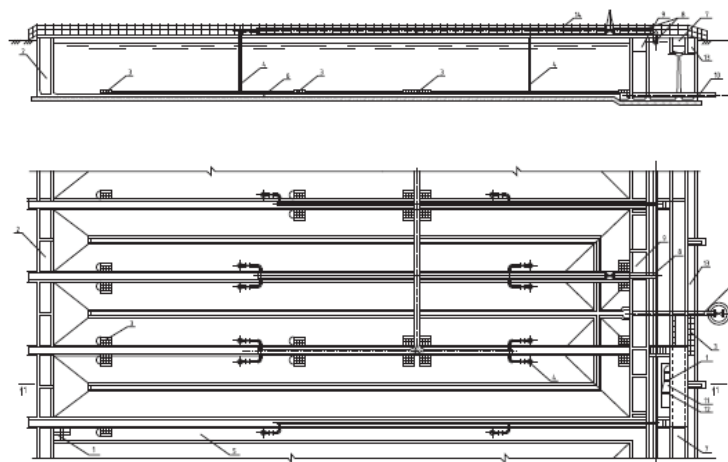


Рисунок 1.12 – Аеротенк

1 – щитовий затвор; 2 – верхній розподільний канал освітлених стоків; 3 – фільтросні пластини; 4 – стояки до фільтросних пластин; 5 – канал перепуску стоків з верхнього до нижнього розподільних каналів; 6 – днище; 7 – канал відведення суміші води та активного мулу; 8 – магістральний трубопровід повітря; 9 – нижній розподільний канал очищених стоків; 10 – трубопровід повного скиду стоків; 11 – подача активного мулу в аеротенк; 12 – водозлив; 13 – верхній розподільний канал активного мулу; 14 – огороження

В якості аераторів прийняті фільтросні пластини, які вмонтовуються в залізобетонні канали, що прокладені на дні коридору аеротенка біля стінки, вздовж його довгого боку. Пластини укладають в три ряди для забезпечення подачі в аеротенки необхідного об'єму повітря, яке подається по магістральним повітроводам і стоякам в канал, перекритий пластинами.

Після стадії очистки в аеротенку суміш стічної води та активного мулу подається на вторинний відстійник, у якому під дією сили тяжіння відбувається інтенсивне відокремлення активного мулу від біологічно очищеної стічної води. Тривалість відстоювання 1,5 год [6, п.10.3.3.3].

Відокремлений активний мул знову надходить в канал перед аеротенком для подальшого використання. Цей мул називається рециркуляційним. Під час окислення органічних речовин кількість мулу продовжує зростати через розвиток мікроорганізмів і наявність органічних забруднень. Внаслідок цього, необхідно постійно видаляти частину мулу. Такий надлишковий мул направляється в мулоущільнювачі. Несвоєчасне та неповне видалення мулу приводить до його загнивання, розпушування та, як наслідок, виносу на поверхню відстоюної води.

Метантенк є найбільш доцільною досконалою спорудою для зброджування осадів [6, п.10.7.7]. Стабілізація осадів здійснюється в анаеробних умовах, в результаті чого відбувається руйнування біочастини органічної речовини осадів, що забезпечує їх стійкість до загнивання і часткове знезараження. Анаеробне зброджування застосовується для обробки суміші сирого осаду та активного мулу. Гази від зброджування можна використовувати на енергетичні потреби станції, в тому числі для отримання пари, яка застосовується при підігріванні метантенків. Якщо в технологічній схемі очистки стічних вод не передбачається термічна сушка осаду для утилізації (з економічних міркувань), то зброджування осаду в метантенках відбувається в термофільних умовах при температурі 50 – 60°C [6, п.10.7.7].

Зневоднення – це видалення з осадів частини вільної вологи з метою зменшення їх об'єму, зручності їх транспортування, подальшої обробки та

використання. Процес зневоднення осаду залежить від обробки його реагентами, наприклад, коагулянтном хлорним залізом і вапном. Для механічного зневоднення осаду застосовують барабанні вакуум-фільтри безперервної дії [5]. Робочий цикл вакуум-фільтрів складається з наступних операцій: фільтрування та зневоднення (просушування) під дією вакууму, видалення зневодненого осаду, регенерація фільтрувального матеріалу. Зневоднений осад з фільтрувальної поверхні видаляється з допомогою різних механічних пристроїв з поєднанням з обробкою стисненим повітрям. Регенерація проводиться з метою відновлення фільтруючої властивості продувкою стисненим повітрям або промивкою.

Отже, враховуючи перелік необхідних заходів для очищення стічних вод, можна визначити, що розташування окремих будівель та планування будівництва очисних споруд повинні гарантувати оптимальну організацію технологічного процесу очищення стічних вод та обробки осаду, а також раціональне використання земельної площі.

При цьому рішення по плануванню та компоновці споруд враховують не тільки розрахунковий період, але й подальший перспективний розвиток очисної станції. Компоновка і взаємне розташування споруд забезпечують: можливість будівництва по чергам і розширення в зв'язку зі збільшенням притоку стічних вод; мінімальну протяжність внутрішніх комунікацій станції (лотків, каналів, дюкерів, трубопроводів тощо); доступність для ремонту та обслуговування.

Споруди розташовуються за природнім ухилом місцевості. Взаємне їх висотне розташування встановлюється в залежності від розрахункових втрат напору в спорудах, з'єднувальних комунікаціях та вимірювальних пристроях. При проектному розташуванні очисних споруд на площадці також враховано рівномірний розподіл стічних вод між спорудами, максимально можливе об'єднання окремих споруд в блоки та перспективну черговість будівництва [5].

1.4 Інноваційні розробки в технологіях очищення стічних вод

З огляду на економічні проблеми інноваційні розробки в технологіях перш за все необхідно використовувати для реконструкції існуючих споруд. Особливе занепокоєння викликає технічний стан інженерних мереж і споруд. Станції очищення стічних вод не відповідають сучасним вимогам. Об'єм зносу основних фондів очисних станцій перевищує 70%, а технології очистки стічних вод на більшості споруд відповідають у кращому випадку нормативним вимогам кінця ХХ століття. Все це в повному обсязі стосується технічного і технологічного оснащення очисних споруд, автоматизації та диспетчеризації експлуатаційних процесів. Практично вся галузь, пов'язана з відведенням та очищенням стічних вод, потребує докорінної реконструкції та модернізації. Використання сучасних технологій очищення стічних вод забезпечує мінімізацію вкладень замість максимального збільшення капітальних і експлуатаційних витрат. Галузь житлово-комунального господарства має невелику прибутковість, тому необхідно знаходити інвестиції для вирішення поставлених завдань і дозволити інвесторам побачити переваги вкладення коштів у реконструкцію очисних споруд. Це означає, що відповідати сучасним екологічним вимогам і бути виправданими з економічної точки зору повинні як технології, що застосовуються сьогодні, так і технічне обладнання для реконструкції очисних споруд. На підставі практичних впроваджень науковцями Дніпровського національного університету залізничного транспорту розроблена оригінальна методологія проведення реконструкційних робіт на очисних спорудах. Дослідження показало, що раціональне поєднання принципів реконструкції споруд, розробка нових методів глибокого очищення стоків та впровадження новітніх матеріалів, разом з правильною економічною оцінкою комплексу робіт у цілому, надасть змогу ефективно вирішити нагальну проблему реконструкції інженерних систем та споруд водовідведення, а також скидання неочищених стічних вод у водойми України [7].

За результатами наукових досліджень останніх років виявлено, що багато екосистем серйозно забруднені значною кількістю медичних і ветеринарних препаратів. Ліки, які виробляє фармацевтична промисловість, засвоюються організмами людей і тварин лише на 10-20%, утім решта потрапляє у відходи. Крім того, препарати мають високу біологічну активність і виявляють високу стійкість у навколишньому середовищі. Особливо високий рівень забруднення ліками спостерігається у водоймах поблизу великих міст. Результати досліджень вказують на наявність різноманітних фармацевтичних препаратів у воді, що постачається в Україні. Концентрація цих ліків в цілому невелика, проте вчених турбують наслідки тривалого вживання навіть незначних доз ліків з питною водою. Близько 70% використаних медикаментів виводяться природним шляхом і потрапляють у каналізаційну систему. Після необхідної очистки стічні води повертаються в річки, озера та ґрунт. Очисні споруди в Україні не спроможні повністю видалити ліки з води, а використання хлору для дезінфекції води підсилює токсичність деяких препаратів, які в ній містяться. Серед перспективних методів очищення води від ліків можна виділити хімічні, деякі фізико-хімічні та комбіновані. Використання нових методів, таких як озонування чи ультрафіолетове опромінювання, практично повністю витіснило хлорування на станціях очищення води у багатьох країнах. Проте в Україні застосування цих екологічно ефективних технологій обмежене через високу вартість модернізації та реконструкції водоочисних станцій.

В останні роки з'явилися нові технологічні процеси, що ґрунтуються на окисних технологіях: процес «Пероксон» – озонування при УФ-опроміненні в присутності пероксиду водню; процес «Карбозон», процес «Сонозон», окислення оксидантним газом, процес «Фентона», окислення в суперкритичній воді, фотокаталітичні процеси тощо. З фізико-хімічних і комбінованих методів очищення вод від лікарських засобів можуть бути рекомендовані наступні: електрохімічні (мембранний електродіаліз, електроактивація, електрохімічне очищення за подачі кисню); адсорбція на

основі активованого вугілля; мембранні (нанофільтрація плюс зворотний осмос тощо.); ультразвукова обробка в присутності каталізаторів; обробка вод ферментами і персульфатами [8].

Значне питання очистки води - це проблема забруднення пластиком довкілля. Найбільш поширеним матеріалом в світі на сьогоднішній день є пластмаса [9]. Цей матеріал складається з природних або синтетичних полімерів, які здатні набувати певної форми при нагріванні та під тиском, а також зберігати її після охолодження. Більшість мікропластику в стічних водах (близько 80%) являють собою синтетичні волокна, що потрапляють у стоки після прання одягу. Забруднення Світового океану поступово зростає [10]. Здатність води до самоочищення часто виявляється недостатньою, щоб впоратися з відходами, які скидаються і яких постійно стає все більше. Існує багато шляхів вирішення проблеми очищення води від пластику, але вони зводяться в основному до двох: перший – це створення нових видів пластмас і матеріалів, що здатні розкладатися природним шляхом і не становлять загрози для всього живого; другий – вдосконалення існуючих та розробка нових ефективних методів і технологій для очищення води від пластику.

До методів очистки води від пластику, які дослідили та розробили українські науковці, відносяться:

- механічні методи очистки: проціджування – на ґратах з прозорами 16 мм; на вібраційних грохотах із щілинними ситами з отворами 0,25 – 0,1 мм; на вібраційних грохотах (двох або багатоступеневе); нерухомі дугові сита з розмірами отворів 0,07 мм, фільтрація крізь шар зернистого спецматеріалу;

- фізико-хімічні методи очистки: технології зворотного осмосу, флотаційні системи, технології гіперфільтрації, ультрафільтрації, нанофільтрації (мембранні);

- інші рекомендації: у домашніх умовах рекомендовано використовувати різноманітні системи доочистки води (наприклад, системи зворотнього осмосу, ультрафільтрації тощо), зберігання бутильованої води не в пластиковій, а у скляній тарі.

Для уловлювання тонких часток пластику здійснюється проціджування на вібраційних грохотах з щілиновидними ситами з отворами 0,1 – 0,25 мм. Фільтрування як доочищення проходить через шар спеціального зернистого матеріалу [10], що дозволяє затримувати пластик з розмірами менше 30 мкм.

Нанофільтрація – це баромембранний процес поділу речовин. Нанофільтраційні мембрани мають отвори діаметром 1 – 3 нм. Вони затримують електроліти (NaCl на 40 – 60%) і практично повністю (на 98 – 99,9%) органічні сполуки (спирти, цукор, пестициди, пластик та ін.).

Мікрофільтрація – це баромембранний процес, якій застосовується для виділення з розчину завислих і колоїдних частинок розміром 0,1 – 10 мкм, в тому числі і часток пластику.

Основна ідея процесу флотації – це прилипання частинок пластику до бульбашок повітря (газу), які транспортують їх на поверхню апарату.

Як видно з аналізу досліджень останніх років, погіршення якості води в поверхневих джерелах пов'язане, головним чином, з їх постійним забрудненням речовинами антропогенного походження: нафтопродуктами, поверхнево-активними речовинами (ПАР), органічними і біогенними елементами та ін. Це відбувається внаслідок недостатньої глибини очищення стічних вод. Очевидно, що технологія і споруди, запроектовані в 60 – 70-х роках минулого століття, не здатні впоратись із сучасним антропогенним навантаженням. Розвиток промисловості, зокрема виробництво сучасних миючих засобів, а також різке збільшення використання пральних машин-автоматів в побуті призвели до змін у складі господарсько-побутових стічних вод. Вміст поліфосфатів в складі миючих засобів може досягати 30 – 50%.

Потреба видалення біогенних елементів із стічних вод пов'язана з тим, що з'єднання азоту і фосфору викликають процес евтрофікації водойм, який означає процес росту біологічної рослинності водойм. У воді відзначається вміст фенолів (канцерогенів), який в 3 – 4 рази перевищує ГДК. У всіх створах Дніпра спостерігається перевищення нормативів ГДК по фосфору для водойм рибо-господарського призначення в 1,5 – 6,9 рази.

Наявність сполук фосфору і азоту в стічних водах викликає біологічне обростання трубопроводів, колекторів та іншого каналізаційного обладнання, а присутність амонійного азоту, нітритів і нітратів призводить до розвитку та пришвидшення процесів корозії. За допомогою традиційної біологічної очистки стічних вод неможливо забезпечити достатню глибину видалення біогенних елементів. Так, при механічному очищенні вміст азоту і фосфору знижується на 8 – 10%, а при біологічному – на 35 – 50%. Навіть при використанні значної робочої дози активного мулу 6 г/дм^3 для біологічного процесу очищення стічних вод в аеротенках ефективність видалення фосфору може підвищитися тільки на 50 – 55% [11].

До біогенних елементів відносяться вуглець, азот, фосфор і калій. Найбільшу увагу при очищенні стічних вод потрібно приділяти видаленню азоту і фосфору. Уповільнення і навіть припинення процесу евтрофікації можна досягти шляхом припинення доступу в водойми біогенних елементів. У процесі біологічного очищення стічних вод амонійний азот частково переходить в білковий азот біомаси мікроорганізмів і в певних умовах може окислюватися до нітритного і нітратного. Це свідчить про високу ефективність біологічного процесу очищення, оскільки процес нітрифікації амонійного азоту починається лише після глибокого вилучення органічних забруднень. У свою чергу, в результаті процесів біохімічної денітрифікації, нітритний і нітратний азот може відновлюватися до молекулярного, що виділяється в атмосферу.

Нітрифікація – процес окислення киснем повітря амонійного азоту до нітритів і нітратів, що здійснюється мікроорганізмами, які названі нітрифікуючими. Цей процес відбувається у дві стадії: на першій амоній окислюється до нітритів, на другій – нітрити окислюються до нітратів.

Денітрифікація – процес відновлення нітритів і нітратів до вільного азоту, який виділяється в атмосферу. Реалізація цього процесу можлива при наявності у воді певної кількості органічного субстрату, який окислюється сапрофітними мікроорганізмами до CO_2 і H_2O за рахунок кисню

азотовмісних сполук. Під час процесу денітрифікації забезпечується очищення стічних вод одночасно від біологічно окислювальних органічних сполук і від сполук азоту. Для організації процесів нітрифікації і денітрифікації можуть використовуватися традиційні споруди біологічної очистки: аеротенки та біофільтри [12].

Фосфорорганічні сполуки мають хорошу розчинність у воді та здатні хімічно зв'язувати та блокувати біологічні каталізатори різних реакцій в організмі, що обумовлює їхню безсумнівну небезпеку для навколишнього середовища і людини. Такі сполуки входять до складу багатьох так званих системних інсектицидів та є основою багатьох бойових отруйних речовин (БОР). У зв'язку з цим актуальною є розробка ефективних технологій, покликаних перешкоджати наслідкам терористичних актів з використанням отруйних речовин. Висока розчинність фосфорорганічних сполук у воді вимагає створення надійних методів знешкодження води від цих сполук.

Глибоке видалення азоту і фосфору з міських стічних вод стає невід'ємним завданням на вже існуючих спорудах каналізації. Запроектовані і побудовані в той час, коли забруднення води біогенними елементами ще не було таким інтенсивним, ці споруди на даний момент не можуть ефективно впоратися з завданням очищення стічних вод від цих речовин. Тому зараз у багатьох країнах розробляються методи по видаленню біогенних елементів на вже збудованих спорудах. Реконструкція таких споруд, зокрема аеротенків, є вигідною з економічної точки зору. Вартість доочистки 1м³ стічних вод на додаткових спорудах очистки в 1,5 – 2 рази вище, ніж саме очищення, а питомі витрати на видалення маси забруднень зростають в 20 – 50 разів. Тому першим кроком до видалення біогенних елементів зі стоків є реконструкція аеротенків та обладнання необхідних споруд.

На сучасному етапі для видалення фосфору найчастіше використовується біологічний метод. Однак в більшості випадків досягти стабільного видалення фосфатів зі стічної рідини до нормативних вимог ГДК водойм рибогосподарського значення не вдається через недотримання правил

проведення процесу. Основним методом біологічного вилучення фосфору є метод з анаеробною обробкою зворотного рециркулюючого активного мулу. Застосування такої технології дозволяє витягувати фосфати з ефективністю приблизно 90%. В даній системі видалення фосфору відбувається з надлишкового мулу і мулової води, які утворюються в споруді для анаеробної обробки мулу. При застосуванні почергової аеробної і анаеробної обробки суміші стічної рідини і мулу ефект вилучення фосфору досягає 70%.

На стічній воді комплексу біологічного очищення «Диканівський» м. Харків були проведені дослідження, які продемонстрували, що інтенсивність процесу видалення біогенних елементів можна підвищити в 1,5 – 2 рази за допомогою активованого розчину коагулянту в порівнянні з використанням розчину звичайного коагулянту. При цьому витрати коагулянту можливо знизити не менше ніж на 25 – 30% без погіршення якості очищення стоків по біогенних елементах, що дозволяє скидати стоки у водойми, а також використовувати такі стоки в оборотних системах водопостачання для технічних потреб [13].

Найбільш відома, широко застосовувана в Європі схема очистки, що дозволяє ефективно видаляти сполуки азоту і фосфору на спорудах з низьким навантаженням, отримала назву «Bardenpho-процес» за ім'ям розробника. У цій схемі процес очищення стічних вод розпочинається з аноксидної стадії, в якій здійснюється денітрифікація. У цю зону потрапляють стічні води, які використовуються для денітрифікації як джерела вуглецю, і мулова суміш після нітрифікаторів, яка містить нітриту та нітрати. Потім настає аеробна стадія, де відбувається зниження кількості органічних забруднюючих речовин у стічних водах і нітрифікація. Суміш мулу, що містить нітрати, з цієї зони подається в наступну аноксидну зону денітрифікації і одночасно в попередню аноксидну зону денітрифікації. Процес завершується аеробною зоною, в якій відбувається нітрифікація і часткова дефосфотація.

Phoredox-процес являє собою модифікацію Bardenpho-процесу. У цій схемі введено додаткову анаеробну стадію з коротким періодом перебування

стічних вод (1 – 3 год). Ця стадія забезпечує зростання бактерій, які накопичують фосфор, і стимулює інтенсивне споживання фосфору в подальшій аеробній стадії. Вилучення фосфору досягає 95% [13].

Відомо, що законодавство України в сфері екології є досить м'яким та не передбачає суворих покарань. Через це чимало промислових підприємств зливають стічні води без будь-якої очистки просто в річку.

За даними державного агентства водних ресурсів, в Україні понад 500 підприємств, що скидають стічну воду у природні водойми. Загальний обсяг скиду забруднених стічних вод лише за офіційною статистикою наближається до мільярда кубометрів (952 млн м³). У той же час у європейських країнах очищення стічних вод є стандартною практикою. Прикладом такої відповідальності в Україні стала компанія «Люстдорф», яка першою серед подібного роду підприємств створила очисні споруди неподалік свого молочного виробництва у місті Іллінці (Вінницька обл.) [14].

Процес повністю екологічний та безвідходний. Стічні води підприємства проходять через очисний комплекс, а в результаті отримують чисту воду, електроенергію та тепло з біогазу і мінеральні добрива.

Раніше стічні води з заводу відправляли у централізовану каналізацію, але на підприємстві побудували очисні споруди з максимальною потужністю 2 тисячі тонн води на добу, тому що законодавча база зобов'язує усі харчові підприємства мати власні очисні споруди. Керівники підприємства вивчали досвід та запозичували технології у Німеччині, Нідерландах, Польщі та Туреччині. Німецька компанія Hager розробила проект та встановила обладнання, а запуском займалася польська компанія WaWaTech. Робота очисних споруд повністю автоматизована, люди лише контролюють процес та перевіряють якість води.

Очисні споруди являють собою комплекс об'ємних цистерн різного розміру, де вода проходить усі стадії очистки. До очисних споруд вода потрапляє через трубопровід, де передбачена навіть резервна система у разі виходу з ладу основної труби. Спочатку стічна вода потрапляє в резервуар-

усереднювач об'ємом 500 м^3 з мішалкою, призначений для того, щоб зробити стоки однорідними. Згодом ця вода надходить у флотатор, який збирає залишки молочного жиру, а потім перекачується у біологічний реактор об'ємом 4000 м^3 у камеру денітрифікації, де зі стоків виділяється фосфор. У резервуар біореактора, який заповнений бактеріями (з очисних споруд вінницького водоканалу) разом зі стоками подається кисень, і всі шкідливі речовини, які містяться у стоках, перетравлюються бактеріями, в результаті чого вода стає придатною для зливу в річку. Біологічний реактор не замерзає взимку, завдяки чому процес очистки є безперервним. Установа обладнана датчиками, які вимірюють концентрацію кисню у воді та встановлюють швидкість роботи повітродувки. Увесь процес регулюється із комп'ютера оператора. У біореакторі вода перебуває орієнтовно 4 – 5 днів, після чого потрапляє у відстійник-освітлювач, де мул осідає, а очищена до норм скидання вода тече у річку Соб. Мул перекачується у метантенк, де підігрівається до температури 36° , відбувається ферментація та утворюються біогаз з концентрацією метану близько 70% і органічно-мінеральні добрива. Щодоби утворюється $1200 - 1300 \text{ м}^3$ газу, який перекачується в газгольдер і згодом спалюється в установці потужністю 125 кВт , що виробляє електроенергію і тепло. Цього достатньо, щоб покрити частину потреб в електроенергії та теплі для роботи очисних споруд. Після виділення біогазу мул пропускають через прес, де з нього віджимається зайва волога. Ці залишки містять багато мінеральних речовин, тому є гарним добривом для сільськогосподарських потреб. Власна лабораторія щодня контролює процес очистки, визначаючи забрудненість стоків на вході до очисних споруд, і якість води, яка зливається в річку. Додатково якість води контролює автоматичний пробовідбірник, який робить заміри щогодини.

Таким чином, використання досвіду країн Європи дозволяє не тільки підготувати воду до рівня галузевих нормативів, а й захистити водне середовище, знизити споживання реагентів і електроенергії, і тим самим знизити негативні впливи на екологію [15].

1.5 Задачі кваліфікаційної роботи

Базуючись на дослідженнях з літературних джерел, можна зазначити:

- Україна не страждає від нестачі води, як деякі країни Європи, але рівень забруднення на даний час настільки високий, що необхідно негайно екологічно модернізувати власну економіку, тобто збудувати дуже багато очисних споруд та прокласти тисячі кілометрів нових трубопроводів;

- сучасні технологічні процеси потребують попередніх досліджень при реконструкції станцій очистки води, також необхідно аналізувати зміни, пов'язані з організацією управління водного господарства;

- вся галузь, пов'язана з водовідведенням, повинна бути модернізованою та реконструйованою, тому що зношення основних фондів очисних станцій перевищує 70%;

- пошук найбільш економічно вигідної і технологічно надійної системи видалення забруднень зі стоків потребує вивчення та обґрунтування технологічних схем по реконструкції існуючих споруд, зокрема аеротенків;

- окрім реконструювання водної інфраструктури та будівництва водоочисних систем, треба зменшити потреби в надмірному споживанні запасів прісної води без втрати обсягів промислового виробництва.

У зв'язку з вищезазначеним задачі кваліфікаційної роботи: обґрунтування схеми очистки побутових стічних вод; визначення розрахункових витрат стічної води для різних очисних споруд; відповідно до аналізу складу стічної води обґрунтування методів реконструкції окремих очисних споруд з метою досягнення підвищення ступеню очистки на різних етапах; розрахунок основних споруд для обробки стічної води; вибір необхідного технологічного обладнання; дослідження ефективності роботи споруд після реконструкції; еколого-економічне обґрунтування вибраних методів очистки води після реконструкції очисної станції.

РОЗДІЛ 2. ФОРМУВАННЯ ВИХІДНИХ ДАНИХ ДЛЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД

2.1 Аналіз зміни технологічних умов очищення стічних вод

Господарсько-побутові та близькі по складу до них виробничі стічні води від каналізаційної мережі населеного пункту в кількості 50000 м³/доб самопливом надходять в приймальний резервуар насосної станції, звідки насосами подаються на очисні споруди, план розташування яких на території очисної станції представлений в графічній частині (лист 1).

Технологічна схема, яка реалізує існуючий метод очистки міських стічних вод та відображає запропоновані зміни в технології очистки після реконструкції очисних споруд представлена на листі 2 в графічній частині.

Стічні води (К1) надходять в приймальну камеру (поз.1), де відбувається гасіння швидкості та напору потоку. Камера обладнана шиберним затвором для перенаправлення стоків у скидний трубопровід на випадок аварійної ситуації або ремонтних робіт, що потребують повної зупинки очисних споруд. У приймальну камеру подаються також дренажні води з піскового майданчика, стічні води місцевої побутової каналізації (К2), мулова вода та фільтрат після механічного зневоднення осаду (К20.4). З приймальної камери вода самопливом надходить на споруди механічної очистки (вузол 3). До вузла механічного очищення входять: решітки (поз.2), піскоуловлювачі (поз.3.2, 3.3), жирозбірник (поз.3.5), споруди піскового господарства (поз.3.1 – 3.4) та первинні відстійники (поз.3.6, 3,7). Решітки призначені для уловлювання крупних домішок. Відходи, затримані на решітках, подаються в прес-ущільнювач, після чого обробляються хлорним вапном і надходять на подальшу утилізацію. Після решіток стічні води (К11) подаються на піскоуловлювачі, в яких стоки очищуються від мінеральних домішок. В існуючій технологічній схемі використовувались горизонтальні піскоуловлювачі (поз.3.2), але ефективність очистки на таких спорудах не

відповідає вимогам, тому для підвищення якості очищення запропоновано використання аерованих піскоуловлювачів після перебудови горизонтальних. Для цього піскоуловлювачі обладнуються системою аерації, а в будівлі піскового господарства (поз.3.1) встановлюються повітрорудвні агрегати (поз.3.1.3). Аерація здійснюється з допомогою трубчастих полімерних аераторів. Пісок, що осів у приямках піскоуловлювачів (К13.1), періодично видаляється з допомогою піскових насосів, які подають піскову пульпу на відмив та зневоднення (поз.3.1.1), потім пісок зі зниженою вологістю (К15) вивозиться на пісковий майданчик (поз.3.4). Вода від піскової пульпи (К13.2) самопливом надходить у канал перед піскоуловлювачами.

Аеровані піскоуловлювачі одночасно використовуються для вловлювання спливаючих забруднень (жирів, нафтопродуктів, тощо), які забираються з поверхні піскоуловлювача та відводяться до жирозбірника (поз.3.5), а потім утилізуються.

Для додаткового видалення залишкового фосфору з стічних вод проектом реконструкції передбачається вузол реагентного осадження (поз.3.1.2), який також встановлений в будівлі піскового господарства. Для процесу хімічного видалення фосфору передбачається використання готового 10%-вого розчину реагенту гідроксихлориду алюмінію. Дозування реагенту може здійснюватися у лоток перед аерованими піскоуловлювачами або у розподільну камеру первинних відстійників.

Для контролю витрати стічних вод після піскоуловлювачів встановлений вимірвальний пристрій Лоток Вентурі (поз.5).

В існуючій технологічній схемі очищена від піску вода (К12.1) прямувала на первинні відстійники (поз.3.6, 3.7) через розподільну камеру (поз.6.1). У відстійниках відбувалося виділення з стічної води нерозчинених завислих речовин, а також вловлювання спливаючих забруднень. Освітлена вода (К16) надходила в збірний резервуар (поз.3.8), з якого направлялась у вузол біологічної очистки стоків (поз.7) на аеротенки (поз.7.1, 7.2). Осад з

первинних відстійників (K17) відводився в збірний резервуар (поз.3.9), з якого насосами (поз.3.10) подавався до споруд стабілізації осаду (поз.20).

В запропонованій проектом реконструкції змінюється традиційна технологія очистки води з аеротенками-витиснювачами (поз.7.2) на технологічну схему біологічної нітрифікації-денітрифікації [6, п.10.3.2.3]. При такій технології забезпечується максимальна ефективність використання органічних забруднень стічної води в якості субстрату для процесів денітрифікації і дефосфотації. Для забезпечення очищення стічних вод від з'єднань азоту до необхідного рівня в стічних водах після первинного відстоювання виявилось недостатньо органічних забруднюючих домішок. Тому проектом запропонована відмова від первинного відстоювання, яка приводить до збільшення концентрації зважених речовин і дозволяє досягти необхідної якості очищення стічних вод по вмісту азоту. Тобто з технологічного процесу виводяться два первинних відстійника (поз.3.6, 3.7), а третій відстійник використовується в якості анаеробного резервуара перемішування (поз.6.2). Таким чином скасовується необхідність зброджування сирого осаду (K17), що дозволяє призупинити експлуатацію ресурсозатратних споруд метантенків (поз.20).

Для оптимізації технологічного процесу передбачається розподіл потоку стічних вод в камері (поз.6.1) у співвідношенні 4:1 таким чином, щоб стоки у кількості 40000 м³/доб (K12.3) направлялися в резервуар перемішування (поз.6.2), а стоки у кількості 10000 м³/доб (K12.2) надходили в камеру перемикавання аеротенків (поз.7.1). До резервуару перемішування також насосами (поз.15) подається циркулюючий зворотний активний мул (K20.1) від вторинних відстійників. Суміш стічних вод з активним мулом і реагентами (K18.1, K18.2) після анаеробного перемішування разом з стічною водою від розподільної камери (K12.2) подаються до аеротенків нітриденітрифікації (поз.7.3), де відбувається біологічна очистка в результаті життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу. Камера перемикавання також використовується для аварійного відключення аеротенків. При аварійній

ситуації стічні води можуть направлятися в існуючі аеротенки (поз.7.2) або в існуючий обвідний аварійний трубопровід.

Повітря для аерації мулової суміші надходить в аеротенки від повітродувок, встановлених в компресорній (поз.18). Суміш стічної води та активного мулу з аеротенків (K19) спрямовується до вузла відстоювання надлишкового активного мулу (поз.8), а саме у розподільну камеру вторинних відстійників (поз.8.1). Проектом передбачено використання існуючих двох радіальних вторинних відстійників (поз.8.2, 8.3) та будівництво ще одного такого ж вторинного відстійника (поз.8.4) для збільшеної кількості активного мулу. Осад активного мулу, який відділився у відстійнику (K20), самопливом надходить в збірний резервуар (поз.12), з якого двома типами насосів розподіляється на два потоки як циркуляційний зворотний мул (K20.1) та надлишковий мул (K20.2), що направляється на ущільнення (поз.13).

Після споруд біологічного очищення стічна вода (K21) підлягає знезараженню хлором. Для змішування та взаємодії хлорної води (X1) зі стічною водою передбачаються змішувачі і контактні резервуари (поз.10), після яких очищена та знезаражена вода (K22) самопливом надходить до випуску (поз.11) і скидається у водойму.

Для зменшення вологості та об'єму надлишковий активний мул насосами, розміщеними в мулонасосній станції (поз.15) подається до розподільної камери мулоущільнювачів (поз.13.1), а з неї до двох існуючих вертикальних мулоущільнювачів (поз.13.2, 13.3). Ущільнений надлишковий мул (K20.3) видаляється насосами, розташованими в насосній станції при мулоущільнювачах (поз.13.4) до збірного резервуару (поз.14), з якого іншими насосами (поз.15) подається до споруд механічного зневоднення осаду (поз.17). Мулова вода (K20.4) від мулоущільнювачів самопливом надходить в збірний резервуар (поз.16), звідки насосами (поз.15) перекачується до початку очисних споруд (K20.6), тобто до приймальної камери стічної води (поз.1).

В технологічній схемі після реконструкції відсутнє утворення сирого та зброженого осаду, тому в якості споруд механічного зневоднення осаду запропоновані вакуум-фільтри. Осад перед вакуум-фільтруванням підлягає обробці хлорним залізом (коагулянт) та вапном, які надходять з реагентного господарства (поз.4). Фільтрат (K20.5) також збирається в резервуарі (поз.16), а зневоднений осад кек (K24) надходить на утилізацію.

Частина очищеної та знезараженої води (K22) насосами (поз.9) повертається до очисної станції в якості виробничо-технічної води (B3), яка використовується для промивки очисних споруд та приготування розчинів реагентів.

Таким чином, запропонована технологічна схема після реконструкції дозволяє досягти:

- інтенсифікації процесу механічного очищення води у аерованих піскоуловлювачах з видаленням спливаючих забруднень;
- реагентного видалення фосфору;
- відмови від первинного відстоювання для реалізації процесів денітрифікації стічних вод і дефосфотації активного мулу;
- інтенсифікації процесу біологічного очищення води в аеротенках та забезпечення повного окислювання органічних забруднюючих речовин за рахунок впровадження технології нітри-денітрифікації;
- максимального використання існуючих споруд і комунікацій, що перебувають у працездатному стані;
- призупинення процесу стабілізаційного збродження осаду;
- в цілому покращення бар'єрної функції очисних споруд у вилученні зі стічних вод більшої кількості забруднюючих речовин, що попередить їх потрапляння у водойму – приймач стічних вод.

Варто зазначити, що такий спосіб реконструкції дозволяє в будь-який час в разі необхідності повернутися до традиційно-звичного методу очистки стоків.

2.2 Формування (визначення) розрахункових витрат та концентрацій забруднень

В даному проекті запропонована модернізація та розширення існуючих очисних споруджень у зв'язку з незадовільною якістю очищення стічних вод за вмістом азоту та фосфору. Тому до розгляду прийнята технологічна схема, основана на процесі нітри- та денітрифікації біологічної очистки стоків у аеротенках. Для того, щоб цей процес проходив успішно, в стічних водах повинна знаходитись достатня кількість органічних сполук та завислих речовин. Якщо для денітрифікації використовується неочищена стічна вода, то при відношенні БСК до загального азоту на вході мінімум 3,5...4 можуть бути отримані низькі концентрації загального азоту на виході. Попередня обробка стічних вод перед біологічною очисткою, наприклад, первинне відстоювання, зменшує відношення БСК до загального азоту за рахунок видалення частини органічних сполук та завислих речовин [16]. Дана ситуація виправляється шляхом відмови від використання первинних відстійників в технологічній схемі очистки.

Передбачається, що після реконструкції технологічна схема буде забезпечувати скид очищених стічних вод з концентрацією забруднень, затверджених нормативами ГДС. Якісний склад стічних вод по етапах очищення представлений у Додатку А.

Розрахунок блок-схеми технологічного процесу очистки стоків та обробки осаду представлений в Додатку Б та в графічній частині (лист 3), позиції відповідають нумерації, вказаній на генплані (лист 1) та технологічній схемі (лист 2).

РОЗДІЛ 3. РЕКОНСТРУКЦІЯ ОЧИСНИХ СПОРУД

3.1 Розрахунок піскоуловлювачів

Піскоуловлювачі встановлюються на очисних спорудах для затримання мінеральних часток крупністю більше 0,15...0,25 мм. Для досягнення потрібного ефекту освітлення стічних вод та виходячи з продуктивності очисної станції передбачені аеровані піскоуловлювачі [6, п.10.2.2]. Загальний вигляд піскоуловлювача наданий в графічній частині (лист 4).

Піскоуловлювачі виконані у вигляді горизонтальних резервуарів, в яких вода надходить в напрямку, що співпадає з напрямком руху води в піскоуловлювачі. Дві секції є робочими, в кожній секції встановлені щитові затвори з електроприводами на вхідних та вихідних вікнах для можливості відключення на період мінімального припливу і на час виконання ремонтних робіт [6, п.10.2.2.1]. Для підтримки постійної необхідної швидкості потоку стічних вод в піскоуловлювачі обладнаний водозлив з тонкою стінкою на випуску. Вздовж стінок на відстані 60 мм від дна по всій довжині піскоуловлювача встановлені аератори з дірчастих труб з отворами 5 мм, а під ними знаходиться лоток для збирання піску. В поперечному перерізі днище має уклон 0,4 до піскового лотка для сповзання в нього піску.

Згрібання піску до піскового напрямку здійснюється донною скребковою ланцюговою системою проти руху води. Пісок, що осів у напрямку, видаляється періодично. Зневоднення та відмив піскової пульпи здійснюється в пристроях для промивання піску, які встановлені в будівлі піскового господарства. Так як аеровані піскоуловлювачі одночасно використовуються ще й для вловлювання спливаючих забруднень, то уздовж всієї секції прибудоване спеціальне відділення для видалення з поверхні води таких забруднень (жирів, нафтопродуктів, тощо). Це відділення відокремлено від основної секції напівзануреною ґратчастою перегородкою. В такому

відділенні із практично спокійного потоку ефективно відділяються спливаючі речовини, які відводяться до жирозбірника.

Для подачі повітря передбачені повітродувки, які встановлюються в будівлі піскового господарства.

Площа живого перерізу піскоуловлювача визначається за формулою:

$$w = q_{\text{макс}} / (n \cdot v), \quad (3.1)$$

де n – кількість відділень піскоуловлювача; приймається $n = 2$ [6, п.10.2.2.1];

v – поступальна швидкість руху стічних вод при максимальному притоці, м/с; приймається $v = 0,08$ м/с [6, табл.20];

$q_{\text{макс}}$ – максимальна секундна витрата, м³/с:

$$q_{\text{макс}} = Q_{\text{сер.доб}} \cdot K_{\text{заг}} / (24 \cdot 3,6); \quad (3.2)$$

$Q_{\text{сер.доб}}$ – середня витрата за добу, м³/доб; за кількісною характеристикою стоків (Додаток Б) $Q_{\text{сер.доб}} = 50000,00$ м³/доб;

$K_{\text{заг}}$ – коефіцієнт нерівномірності притоку стічних вод; $K_{\text{заг}} = 1,35$ [6, табл.2].

$$q_{\text{макс}} = 50000,00 \cdot 1,35 / (24 \cdot 3,6 \cdot 1000) = 0,78 \text{ м}^3/\text{с};$$

$$w = 0,78 / (2 \cdot 0,08) = 4,71 \text{ м}^2.$$

На очисній станції встановлені горизонтальні піскоуловлювачі з шириною секції $B = 6,0$ м та робочою глибиною $H = 4,0$ м. Відношення $B:H = 6,0 : 4,0 = 1,5$, що практично відповідає конструкції аерованого піскоуловлювача [6, табл.19].

Довжина піскоуловлювача визначається за формулою [6, п.10.2.2.1]:

$$L_s = K_s \cdot 1000 \cdot H_s \cdot v_s / u_0, \quad (3.3)$$

де H_s – розрахункова глибина проточної частини, м; для аерованих піскоуловлювачів дорівнює половині загальної глибини, $H_s = 4,0/2 = 2,0$ м;
 K_s – коефіцієнт, що враховує вплив турбулентності та інших факторів на роботу піскоуловлювачів; $K_s = 2,39$ [6, табл.19];
 u_0 – гідравлічна крупність піску, мм/с, яка приймається в залежності від необхідного діаметра часток піску, що затримуються в піскоуловлювачі
 $u_0 = 13,2$ [6, табл.19].

$$L_s = 2,39 \cdot 1000 \cdot 2,0 \cdot 0,08 / 13,2 \approx 30,0 \text{ м.}$$

Перепад між дном піскоуловлювача та порогом водозливу:

$$P = \frac{h_{\text{макс}} - k_q^{2/3} \cdot h_{\text{мін}}}{k_q^{2/3} - 1}, \quad (3.4)$$

де $h_{\text{макс}}$ і $h_{\text{мін}}$ – глибина води у піскоуловлювачах відповідно при максимальній та мінімальній витраті, м;

k_q – коефіцієнт відношення максимальної та мінімальної витрати; при мінімальному коефіцієнті нерівномірності $K = 0,7$ [6, табл.2] мінімальна витрата становить $q_{\text{мін}} = 0,7 \cdot 0,58 = 0,41 \text{ м}^3/\text{с}$; таким чином $k_q = 0,78/0,41 = 1,93$.

$$P = \frac{4,0 - 1,93^{2/3} \cdot 1,3}{1,93^{2/3} - 1} = 3,61 \text{ м.}$$

Витрата повітря визначається за формулою:

$$V = I \cdot n \cdot B \cdot L_s, \quad (3.5)$$

де I – інтенсивність аерації, $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$; $I = 4 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ [6, п. 10.2.2.2].

$$V = 4 \cdot 2 \cdot 6,0 \cdot 30,0 = 1440 \text{ м}^3/\text{год.}$$

Для подачі необхідної для аерації кількості повітря в будівлі піскового господарства встановлюються дві повітродувки KAESER DB 235C продуктивністю 850 м³/год.

Піскоуловлювач має гідромеханічну систему для промивки, яка складається з піскового лотка та змивного трубопроводу зі сприсками. Осад видаляють, не зупиняючи при цьому піскоуловлювач.

Витрати води, піскової пульпи та об'єм видаленого піску визначені за формулами (Б.4 – Б.7) в Додатку Б.

Напір промивної води на початку змивного трубопроводу, який забезпечує рівномірність розподілу промивної води по його довжині:

$$H_o = 5,6 \cdot h_o + 5,4 \cdot v_{\text{тр}}^2 / (2 \cdot g), \quad (3.6)$$

де $v_{\text{тр}}$ – швидкість води на початку змивного трубопроводу, м/с; попередньо $v_{\text{тр}} = 2,5$ м/с [17];

h_o – максимальна висота шару осаду в лотку, м; прийнята $h_o = 0,15$ м.

Для витрати промивної води $Q_{\text{пр}} = 0,08$ м³/с = 80 л/с для змивного трубопроводу $d_{\text{зм}} = 200$ мм; $v_{\text{тр}} = 2,48$ м/с [19].

$$H_o = 5,6 \cdot 0,15 + 5,4 \cdot 2,48^2 / (2 \cdot 9,81) = 2,5 \text{ м.}$$

3.2 Розрахунок резервуару для перемішування

В існуючій технологічній схемі очистки для виділення з стічних вод нерозчинених завислих (осідаючих або спливаючих) грубодисперсних речовин застосовувалися первинні відстійники, які розташовувалися перед спорудами біологічного окислювання. З урахуванням продуктивності станції прийняті радіальні відстійники [20]. Проектом реконструкції запропоновано

перебудування одного відстійника в резервуар анаеробного перемішування, при цьому два інших відстійника виводяться з експлуатації.

Діаметр резервуара визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot q_{\text{макс.рез}}}{N \cdot k \cdot \pi \cdot (u_0 - w)}}, \quad (3.7)$$

де $q_{\text{макс.рез}}$ – витрата стічних вод в годину максимального водовідведення, яка надходить в резервуар з урахуванням циркуляційного активного мулу, $\text{м}^3/\text{с}$; $q_{\text{макс.рез}} = (1,35 \cdot 50000 + 36000) / (24 \cdot 3600) = 1,2 \text{ м}^3/\text{с}$;

N – кількість резервуарів; прийнято $N = 1$ од.;

k – коефіцієнт використання об'єму резервуару; для радіальних відстійників $k = 0,45$ [6, п.10.2.4.5];

u_0 – умовна гідравлічна крупність, $\text{мм}/\text{с}$; $u_0 = 2,6 \text{ мм}/\text{с}$;

w – вертикальна турбулентна складова швидкості води, $\text{мм}/\text{с}$:

$$w = 0,05 \cdot v, \quad (3.8)$$

де v – середня швидкість руху води на половині радіуса, $\text{мм}/\text{с}$; приймається $v = 10 \text{ мм}/\text{с}$ [6, п.10.2.4.5].

$$w = 0,05 \cdot 10 = 0,5 \text{ мм}/\text{с};$$

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot 1,2}{1 \cdot 0,45 \cdot 3,14 \cdot (2,6 - 0,5)}} = 40,2 \text{ м.}$$

Отримане розрахунком значення діаметра резервуара 40 м відповідає розмірам встановлених первинних відстійників.

Фактична швидкість рідини в проточній частині резервуара (в перерізі на половині радіуса) становить:

$$v_{\phi} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot q_{\text{макс.рез}}}{N \cdot \pi \cdot D \cdot H_{\text{рез}}}, \quad (3.9)$$

$$v_{\phi} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 1,2}{1 \cdot 3,14 \cdot 40 \cdot 2,6} = 7,3 \text{ мм/с.}$$

Фактична швидкість не перевищує прийняту середню розрахункову швидкість в проточній частині резервуара ($v = 10$ мм/с).

Для витрати стоків $q_{\text{макс.рез}} = 1,2 \text{ м}^3/\text{с} = 1200 \text{ л/с}$ при швидкості $v \approx 1,5 \text{ м/с}$ діаметр трубопроводів, які підводять і відводять стічну воду до резервуару $d = 1200 \text{ мм}$ [19].

Фактична швидкість руху води в трубопроводах:

$$v_{\phi} = 4 \cdot q_{\text{макс.рез}} / (\pi \cdot d^2), \quad (3.10)$$

$$v_{\phi} = 4 \cdot 1,20 / (3,14 \cdot 1,2^2) = 1,53 \text{ м/с.}$$

Ширина прямокутного збірної кільцевого лотка становить $b_{\text{л}} = 0,9 \text{ м}$, а уклон його $i = 0,002$ [20]. В кінці кожного півкільця лотка витрата води дорівнює $q_{\text{л}} = 1,2/2 = 0,6 \text{ м}^3/\text{с}$. При вільному зливі води в кінці кожного півкільця лотка буде встановлюватися критична глибина води [20]:

$$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{q_{\text{л}}^2 / (g \cdot b_{\text{л}}^2)}, \quad (3.11)$$

$$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{0,6^2 / (9,81 \cdot 0,9^2)} = 0,36 \text{ м.}$$

Глибина води в кільцевому лотку з протилежного боку від місця випуску (в тому місці, де вода розтікається в різні боки):

$$h_{\text{поч}} = h_{\text{кр}} \cdot \sqrt{3}, \quad (3.12)$$

$$h_{\text{поч}} = 0,36 \cdot \sqrt{3} = 0,62 \text{ м.}$$

До резервуару анаеробного перемішування стоки надходять через існуючу розподільну камеру первинних відстійників, в якій розподіл стоків відбувається з допомогою щитових затворів. Проектом запропоновано відведення частини стоків з розподільної камери в аеротенки, для чого передбачена установка додаткового щитового затвору та приєднання трубопроводу діаметром 400 мм. У розподільну чашу також підведений трубопровід діаметром 40 мм для подачі розчину реагенту. Подача циркуляційного активного мулу з мулонасосної станції здійснюється трубопроводом діаметром 600 мм через борт резервуару перемішування. Мул зі стічною водою перемішується чотирма мішалками, встановленими з чотирьох сторін резервуара через 90°. Вісь мішалки повернена щодо осі резервуара на 7°, завдяки чому створюється обертовий рух всередині резервуара. Збір мулової суміші здійснюється через водозливи кільцевого лотка, а потім змішана з реагентом стічна вода надходить до камери перемикання аеротенків.

3.3 Розрахунок споруд біологічної очистки стоків

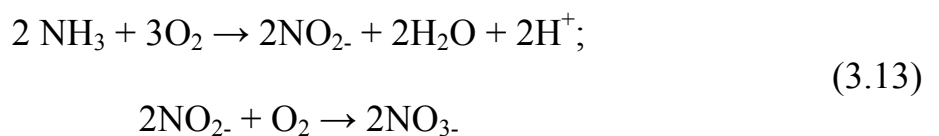
3.3.1 Особливості процесів біологічної очистки після реконструкції

До біогенних елементів відносяться вуглець, азот, фосфор та калій. Під час очищення стічних вод особлива увага приділяється видаленню азоту та фосфору, що пов'язано з проблемою евтрофікації водойм. Традиційні методи біологічної очистки стічних вод не забезпечують достатньої ефективності у видаленні біогенних елементів. Так, при механічному очищенні вміст азоту і фосфору знижується на 8 – 10%, а при використанні біологічних методів – на 35 – 50%. Навіть за умов великої концентрації активного мулу (6 г/л) у процесі біологічного очищення стічних вод в аеротенках ефективність

видалення фосфору може підвищитися тільки на 50 – 55%. Тому в технологічній схемі після реконструкції передбачено хімічне видалення сполук фосфору. Одночасно застосовується поєднання процесів біологічного і хімічного осадження, що дозволяє досягти більш високої якості води, яка очищується, ніж при застосуванні одного з них. Головним методом біологічного вилучення фосфору є метод з анаеробною обробкою зворотного рециркулюючого активного мулу в резервуарі перемішування. Застосування такої технології дозволяє вилучати фосфати з ефективністю приблизно 90%.

Азот міститься в стічних водах у формі органічних і неорганічних сполук. У міських стічних водах основна частина органічних азотних сполук складається з речовин білкової природи; неорганічні сполуки азоту представлені відновленими формами NH_4^+ і NH_3 , а також окисленими формами NO_2^- і NO_3^- . Під час біологічного очищення стічних вод амонійний азот частково переходить в білковий азот біомаси мікроорганізмів і за певних умов може окислюватися до нітритного та нітратного. Це свідчить про високу ефективність біологічного процесу очистки, оскільки нітрифікація амонійного азоту починається лише після глибокого видалення органічних забруднень. У свою чергу, внаслідок процесів біохімічної денітрифікації, нітритний і нітратний азот можуть бути відновлені до молекулярного та виведені в атмосферу [21].

Нітрифікація являє собою процес окислення амонійного азоту киснем повітря до утворення нітритів і нітратів, що здійснюється нітрифікуючими мікроорганізмами. Перша стадія цього процесу полягає в окисненні амонію до нітритів, а друга стадія включає окислення нітритів до нітратів:



Денітрифікація – це процес відновлення нітритів і нітратів до вільного азоту, який вивільняється в атмосферу. Процес може бути реалізований за

умови наявності у воді певної кількості органічного субстрату, що окислюється мікроорганізмами до CO_2 і H_2O за рахунок кисню азотовмісних сполук. Денітрифікації сприяє одночасному очищенню стічних вод від біологічно окислювальних органічних сполук і від сполук азоту (NO_2 - і NO_3 -).

Запропонована реконструкція аеротенків включає організацію інших технологічних умов з рециркуляцією мулу та заміну традиційних аераторів (фільтрувальних пластин) сучасними аераційними системами з трубчастими аераторами [22]. Технологічна схема, що використовується для реконструкції, передбачає збереження існуючої продуктивності споруд, а за рахунок сучасної аераційної системи та інших чинників планується отримати економію електроенергії. Також така технологія відрізняється від традиційно-звичної відсутністю первинних відстійників і виділенням анаеробної зони в окрему споруду – резервуар анаеробного перемішування. Для анаеробної зони в даному випадку використовується один з вже побудованих первинних відстійників.

Схема реконструкції аеротенку за технологією з попередньо включеною денітрифікацією [7] надана в графічній частині роботи (лист 7). Суть даної реконструкції полягає в послідовному очищенні стічних вод в анаеробних, аноксидних і аеробних умовах. Відповідні процеси очищення включають гідроліз розчиненої органіки, денітрифікацію і нітрифікацію. В анаеробній зоні відбувається споживання летючих жирних кислот і легкоокислюваної органіки мікроорганізмами поліфосфатної групи, що в подальшому в аеробній зоні забезпечує процес біологічного видалення фосфору. Процес нітрифікації базується на карусельному принципі перемішування, який дозволяє не тільки заощадити до 40% електроенергії, а й організувати рецикл денітрифікації до 500% без додаткових витрат енергії. У запропонованій технологічній схемі з метою більш повного зниження концентрацій амонійного азоту (до 0,5 мг/л) в останньому коридорі, який працює в режимі витиснювача, проводиться додаткова нітрифікація.

Активний мул з вторинного відстійника повертається в анаеробну зону. Між нітрифікатором і денітрифікатором є рецикл.

Таким чином, стічні води без попереднього відстоювання послідовно очищаються: в анаеробних умовах (гідроліз); в умовах сорбції забруднень (сорбція); в аеробно-анаеробних умовах (нітри-денітрифікація); в аеробних умовах (постаерація).

Для денітрифікації в аеротенках виділені зони перемішування в першому та половині другого коридору кожної секції аеротенків. Зони перемішування обладнані заглибними механічними мішалками, аеробна частина аеротенків обладнана пневматичними аераторами. Для внутрішньої рециркуляції з кінця зони аерації в початок зони перемішування встановлено насоси.

Швидкість сорбції значно перевищує швидкість біоокислення, тому після закінчення процесу сорбції та досягнення потрібного ефекту очистки по БСК мул направляється в регенератор (секцію аеротенка) з метою біоокислення залишкових забруднень, тобто в окремому відділенні аеротенку проходить відновлення окисної здатності мулу і асиміляція завислого мулу.

3.3.2 Розрахунок аеротенків

За характеристикою вихідних стічних вод $БСК_{повн}$ стічної води, яка надходить в анаеробний резервуар, становить $L_{заг} = 240,44 \text{ г/м}^3$.

В анаеробному резервуарі перемішування $БСК_{повн}$ стічної води, яка надходить в аеротенк, знижується на 5%, тому:

$$L_{заг} = 240,44 - 0,05 \cdot 240,44 = 228,42 \text{ г/м}^3, \quad (3.14)$$

тобто більше 150 мг/л, що відповідає встановленому типу аеротенків.

Тривалість аерації суміші стічної води та мулу в аеротенку з урахуванням розбавлення стічної води рециркуляційною витратою:

$$t = \frac{L_{заг} - L_{т}}{a_{аер} \cdot (1 - S) \cdot \rho}, \quad (3.15)$$

де L_T – БСК_{повн} очищеної стічної води, мг/л; $L_T = 15$ мг/л [6, дод.В, п.В.2.2];
 $a_{\text{аер}}$ – доза мулу в аеротенку, г/л; приймається $a_{\text{аер}} = 3,2$ г/л [6, дод.В, п.В.2.1];
 S – зольність мулу в долях одиниці; прийнято $S = 0,3$ [6, дод.В, табл.В.4];
 ρ – питома швидкість окиснення забруднень (мг БСК_{повн} на 1 г беззольної речовини мулу за 1 год):

$$\rho = \rho_{\text{макс}} \frac{L_T \cdot C}{L_T \cdot C + K_L \cdot C + K_o \cdot L_T} \cdot \left(\frac{1}{1 + \phi \cdot a_{\text{рег}}} \right), \quad (3.16)$$

де $\rho_{\text{макс}}$ – максимальна швидкість окислення, мг/(г·год); приймається

$\rho_{\text{макс}} = 85$ мг/(г·год) [6, дод.В, табл.В.4];

C – концентрація розчиненого кисню в аеротенку, мг/л; $C = 2,0$ мг/л [18];

K_L – константа, яка характеризує властивості органічних забруднень, мг/л; приймається $K_L = 33$ мг/л [6, дод.В, табл.В.4];

K_o – константа, яка характеризує вплив кисню, мг/л; приймається

$K_o = 0,625$ мг/л [6, дод.В, табл.В.4];

ϕ – коефіцієнт інгібування продуктами розпаду активного мулу, л/г;

$\phi = 0,07$ л/г [6, дод.В, п.В.2.1];

$a_{\text{рег}}$ – доза мулу в регенераторі, яка визначається за формулою:

$$a_{\text{рег}} = a_{\text{аер}} \cdot (1/(2 \cdot R) + 1); \quad (3.17)$$

де R – ступінь рециркуляції активного мулу, яка визначається за формулою:

$$R = \frac{a_{\text{аер}}}{1000/J_i - a_{\text{аер}}}, \quad (3.18)$$

де J_i – муловий індекс, см³/г; приймається за [6, дод.В, табл.В.5].

Попередньо приймається $J_i = 76,0$ см³/г. Тоді:

$$R = \frac{3,2}{1000/76,0 - 3,2} = 0,32;$$

$$a_{\text{рег}} = 3,2 \cdot (1/(2 \cdot 0,32) + 1) = 8,18 \text{ г/л};$$

$$\rho = 85 \cdot \frac{15,0 \cdot 2,0}{15,0 \cdot 2,0 + 33,0 \cdot 2,0 + 0,625 \cdot 15,0} \cdot \left(\frac{1}{1 + 0,07 \cdot 8,18} \right) = 15,4 \text{ мг}/(\text{Г} \cdot \text{ГОД});$$

$$t = \frac{228,42 - 15,0}{3,2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,4} = 6,2 \text{ ГОД}.$$

Навантаження на мул, мг БСК_{повн} на 1 г беззольної речовини за добу:

$$q_i = \frac{24 \cdot (L'_{\text{заг}} - L_T)}{a_{\text{аер}} \cdot (1 - S) \cdot t}, \quad (3.19)$$

де $L'_{\text{заг}}$ – БСК_{повн} стічної води, що надходить в аеротенк, з урахуванням розбавлення рециркуляційною витратою:

$$L'_{\text{заг}} = (L_{\text{заг}} + L_T \cdot R) / (1 + R); \quad (3.20)$$

$$L'_{\text{заг}} = (228,42 + 15,0 \cdot 0,32) / (1 + 0,32) = 176,51 \text{ Г}/\text{М}^3;$$

$$q_i = \frac{24 \cdot (176,51 - 15,0)}{3,2 \cdot (1 - 0,3) \cdot 6,2} = 279,51 \text{ мг}/(\text{Г} \cdot \text{ДОБ}).$$

За [6, дод.В, табл.В.5] в залежності від $q_i = 279,51 \text{ мг}/(\text{Г} \cdot \text{ДОБ})$ методом інтерполяції визначається муловий індекс, який дорівнює $J_i = 76,15 \text{ см}^3/\text{Г}$ та практично відповідає попередньо прийнятому.

Тривалість окислення органічних забруднень без урахування розбавлення циркуляційною витратою визначається за формулою:

$$T_o = \frac{L_{\text{заг}} - L_T}{R \cdot a_{\text{пер}} \cdot (1 - S) \cdot \rho}. \quad (3.21)$$

Формула (3.21) справедлива при середньорічній температурі стічної води 15° С . При $t_{\text{заг}} = 22^\circ \text{ С}$ (за характеристикою стоків) тривалість аерації, яка визначена за формулою (3.21), помножується на відношення $15/t_{\text{заг}}$:

$$T_o = \frac{228,42 - 15,0}{0,32 \cdot 8,18 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,4} \cdot \frac{15}{24} = 5,1 \text{ год.}$$

Тривалість перебування стічних вод у аеротенку з урахуванням розбавлення циркуляційною витратою визначається за формулою:

$$T_a = \frac{2,5}{a_{\text{аер}}^{0,5}} \cdot \lg \frac{L'_{\text{заг}}}{L_T}; \quad (3.22)$$

$$T_a = \frac{2,5}{3,2^{0,5}} \cdot \lg \frac{176,51}{15,0} = 1,5 \text{ год.}$$

Тривалість регенерації циркуляційного мулу:

$$T_p = T_o - T_a, \quad (3.23)$$

$$T_p = 5,1 - 1,5 = 3,6 \text{ год.}$$

Об'єм аеротенка визначається за формулою:

$$W_a = T_a \cdot (1 + R) \cdot Q, \quad (3.24)$$

де Q – середній годинний приток стічних вод протягом доби, $\text{м}^3/\text{год}$; за матбалансом (Додаток Б) з урахуванням коефіцієнта нерівномірності подачі стічних вод $Q = 85700,98 \cdot 1,35 = 115696,32 \text{ м}^3/\text{доб} = 4820,68 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$W_a = 1,5 \cdot (1 + 0,32) \cdot 4820,68 = 9531,4 \text{ м}^3.$$

Об'єм регенератора визначається за формулою:

$$W_p = T_p \cdot R \cdot Q; \quad (3.25)$$

$$W_p = 3,6 \cdot 0,32 \cdot 4820,68 = 5643,7 \text{ м}^3.$$

Загальний об'єм аеротенка з регенератором визначається за формулою:

$$W = W_a + W_p ; \quad (3.26)$$

$$W = 9561,4 + 5643,7 = 15175,1 \text{ м}^3.$$

Розрахункова тривалість обробки води:

$$T = T_a \cdot (1 + R) + T_p \cdot R ; \quad (3.27)$$

$$T = 1,5 \cdot (1 + 0,32) + 3,6 \cdot 0,32 = 3,1 \text{ год.}$$

Розрахункова тривалість, визначена за формулою (3.27), порівнюється з отриманою за формулою (3.28):

$$T = \frac{L_{\text{заг}} - L_T}{a_{\text{сер}} \cdot (1 - S) \cdot \rho} \cdot \frac{15}{t_{\text{заг}}} , \quad (3.28)$$

де $a_{\text{сер}}$ – середня доза мулу в аеротенку, г/л.

Середня доза мулу в аеротенку визначається за формулою:

$$a_{\text{сер}} = (a_{\text{аер}} \cdot W_a + a_{\text{рег}} \cdot W_p) / W ; \quad (3.29)$$

$$a_{\text{сер}} = (3,2 \cdot 9531,4 + 8,18 \cdot 5643,7) / 15175,1 = 5,05 \text{ г/л.}$$

Розрахункова тривалість обробки води становить:

$$T = \frac{228,42 - 15,0}{5,05 \cdot (1 - 0,3) \cdot 15,4} \cdot \frac{15}{22} = 3,19 \text{ год.}$$

Значення T , визначені за формулами (3.27) і (3.28), є практично рівними та відповідають вимогам [6, дод.В, п.В.2.1] (не менше 2 годин).

Відношення загального об'єму аеротенків з регенераторами до об'єму регенераторів $W/W_p = 15175,1/5643,7 \approx 3$, приймаються 2 ($N_c = 2$) секції

чотирикоридорних аеротенків ($n = 4$) з шириною коридору $B = 6,0$ м і робочою глибиною $H = 4,4$ м, два коридори відведені під регенератори.

Об'єм однієї секції аеротенка визначається за формулою:

$$W_c = W/N_c ; \quad (3.30)$$

$$W_c = 15175,1/2 = 7587,5 \text{ м}^3.$$

Довжина секції аеротенка визначається за формулою:

$$L = W_c / n \cdot B \cdot H ; \quad (3.31)$$

$$L = 7587,5 / (4 \cdot 6,0 \cdot 4,4) = 71,9 \approx 72 \text{ м}.$$

Через те, що ріст нітрифікуючих мікроорганізмів відбувається дуже повільно, для води, що надходить, існує мінімальний поріг сумарної концентрації амонійного і органічного азоту $C_{\text{мін нітр}}$, нижче якого отримання заданого ефекту від процесу нітрифікації в аеротенках стає практично неможливим через обмеження роботи вторинних відстійників при поверненні в нітрифікатор необхідної кількості нітрифікуючого мулу. Оптимальним значенням рН для процесу нітрифікації є $\text{pH} = 8,4$; при інших значеннях рН та тій самій температурі спостерігається зниження питомих швидкостей [7].

Таким чином, необхідна питома швидкість росту нітрифікуючих мікроорганізмів має залежність від рН і температури рідини, концентрації розчиненого кисню в муловій суміші та амонійного азоту в очищеній рідині, а також від наявності токсичних компонентів, що є шкідливими для нітрифікації, за формулою:

$$\mu_n = K_{\text{рН}} \cdot K_T \cdot K_{\text{ос}} \cdot K_c \cdot \mu_{\text{max}} \cdot N / (K_n + N), \quad (3.32)$$

де $K_{\text{рН}}$ – коефіцієнт, що враховує вплив рН; прийнято для $\text{pH} = 8,4$ $K_{\text{рН}} = 1$ [7];
 K_T – коефіцієнт, що враховує вплив температури рідини; для $t_{\text{заг}} = 22^\circ \text{C}$
 (за характеристикою стоків) інтерполяцією $K_T = 1,32$ [7, п.5.5];

K_{oc} – коефіцієнт, що враховує вплив концентрації розчиненого кисню:

$$K_{oc} = C_o / (K_o + C_o); \quad (3.33)$$

$$K_{oc} = 2,0 / (0,625 + 2,0) = 0,76;$$

K_c – коефіцієнт, що враховує вплив токсичних компонентів; $K_c = 1$ [7, п.5.5];

μ_{max} – максимальна швидкість росту нітрифікуючих мікроорганізмів, доб^{-1} ;

при $\text{pH} = 8,4$ і $t_{\text{заг}} = 22^\circ \text{C}$ $\mu_{max} = 1,75 \text{ доб}^{-1}$;

K_n – константа напівнасичення, $\text{мг N-NH}_4/\text{л}$; $K_n = 25$ [7, п.5.5];

N – концентрація амонійного азоту в очищеній рідині, мг/л ; за табл.А.1

$N = 2,0 \text{ мг/л}$.

$$\mu_n = 1,0 \cdot 1,32 \cdot 0,76 \cdot 1,0 \cdot 1,75 \cdot 2 / (25 + 2) = 0,13 \text{ доб}^{-1}.$$

Мінімальний вік нітрифікуючого мулу визначається за формулою:

$$\theta = 1 / \mu_n; \quad (3.34)$$

$$\theta = 1 / 0,13 = 7,7 \approx 8 \text{ діб}.$$

Питома швидкість окислення органічних речовин, $\text{мг}/(\text{г} \cdot \text{год})$:

$$\rho_{\text{пит}} = K_e + 0,0417 \cdot K_p / \theta, \quad (3.35)$$

де K_e – енергетичний фізіологічний коефіцієнт, $\text{мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{г} \cdot \text{год})$; прийнято

для міських стічних вод $K_e = 3,7 \text{ мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{г} \cdot \text{год})$ [7, п.5.5];

K_p – фізіологічний коефіцієнт росту мікроорганізмів активного мулу; для

міських стічних вод $K_p = 5864,0 \text{ мг БСК}_{\text{повн}}/(\text{г} \cdot \text{год})$ [7, п.5.5].

$$\rho_{\text{пит}} = 3,7 + 0,0417 \cdot 5864,0 / 8 = 34,3 \text{ мг}/(\text{г} \cdot \text{год}).$$

Мінімально допустима концентрація нітрифікуючого мулу, мг/л :

$$C_{\text{нітрмін}} = 0,02 \cdot a_{\text{вин}} \cdot \theta / a_{\text{нм}}, \quad (3.36)$$

де $a_{\text{вин}}$ – допустимий винос нітрифікуючого мулу з вторинних відстійників, мг/л; приймається $a_{\text{вин}} = 15,0$ мг/л;

$a_{\text{н.м}}$ – концентрація нітрифікуючого мулу в аеротенку, г/л; при віці мулу $\theta = 8$ діб за табл.5.12 [7, п.5.5] інтерполяцією $a_{\text{н.м}} = 0,027$ г/л.

$$C_{\text{нітрмін}} = 0,02 \cdot 15 \cdot 8 / 0,027 = 89 \text{ мг/л,}$$

тобто більше вихідної величини $C_{\text{вих}} = 40,0$ мг/л (табл.А.1), тому для забезпечення ефективної нітрифікації амонійного азоту передбачається вводити додаткову кількість власної неочищеної побутової стічної рідини з господарсько-побутової каналізації очисної станції.

Приріст мулу в аеротенках визначається за формулою:

$$\Pi_p = 0,8 \cdot b' + 0,3 \cdot L_{\text{заг}}, \quad (3.37)$$

де b' – концентрація завислих речовин в стічній воді, яка надходить в аеротенк, г/м³, визначається за формулою:

$$b' = b_{\text{заг}} \cdot (100 - E) / 100, \quad (3.38)$$

де $b_{\text{заг}}$ – концентрація завислих речовин, які містяться в стічних водах до очистки на піскоуловлювачах, г/м³; за характеристикою вихідних стоків (табл.А.1) $b_{\text{заг}} = 185,33$ г/м³;

E – ефект освітлення стоків на піскоуловлювачах, %; $E = 10\%$ [20].

$$b' = 185,33 \cdot (100 - 10) / 100 = 166,80 \text{ г/м}^3.$$

$L_{\text{заг}}$ – БСК_{повн} стічної води, яка надходить в аеротенк, г/м³; за формулою (3.14)

$$L_{\text{заг}} = 228,42 \text{ г/м}^3.$$

$$\Pi_p = 0,8 \cdot 166,80 + 0,3 \cdot 228,42 = 201,96 \text{ г/м}^3.$$

3.3.3 Розрахунок системи аерації

Необхідність зниження витрат на експлуатацію очисних споруд обумовлює важливість термінового вирішення актуальної задачі – впровадження енергозберігаючих аераційних систем. Традиційно на очисних станціях в якості аераторів застосовувалися керамічні фільтросні пластини, проте вони з часом схильні засмічуватися з внутрішньої сторони пилом, окалиною та іржею, а з зовнішньої – вкриватися бактеріальною біоплівкою. Експлуатація фільтросних пластин супроводжується невисоким коефіцієнтом використання кисню повітря. Практичне припинення промислового виготовлення фільтросних пластин спонукають до пошуку нових технічних рішень. При реконструкції аеротенку запропоновано використання в якості аераторів дірчастих труб, що дозволяє уникнути проблем, пов'язаних з експлуатацією фільтросних пластин. Крім того, труби зручно виймати з води для ремонту цілими секціями.

Повністю переваги енергоефективних аераційних систем можуть бути досягнуті використанням різних систем для аерації і перемішування. Концентрація розчиненого кисню зазвичай лежить в діапазоні 0,1 – 0,5 мг/л, і при таких значеннях інтенсивність пневматичної аерації виявляється недостатньою для ефективного перемішування. Задля цього передбачене використання додаткових механічних мішалок. Режим денітрифікації дозволяє повернути значну частину кисню, витраченого на окислення амонійного азоту, і як результат додатково скоротити необхідну кількість кисню, що подається [7].

В якості пневматичних аераторів прийняті дірчасті труби, які змонтовані з окремих елементів довжиною 2,0, 1,5 або 1,0 м, прокладені на дні коридору аеротенка вздовж його довгого боку. Повітря подається по магістральним повітропроводам і стоякам до аераторів. Прийнята для встановлення після реконструкції система аерації АКВА-ЛАЙН [22], характеристики якої надані в графічній частині роботи (лист 7). Переваги

використання такої системи аерації: простота монтажу; висока надійність та довговічність завдяки підвищеній міцності опорної труби; рівномірне розподілення повітря по довжині аератора завдяки зазору між диспергувальним елементом і опорною трубою; відсутність повітроскидних стояків; високі масообмінні характеристики у всьому робочому діапазоні за низького гідравлічного опору.

Після реконструкції аеротенк можна умовно розділити на 8 частин аерації шириною 6 м і довжиною 36 м кожна, розділення представлене в графічній частині роботи (лист 6). В аеробній зоні аеротенка знаходяться 5 частин, 3 частини є зоною анаеробного перемішування. Розрахунок системи аерації представлений в Додатку В.

3.4 Розрахунок вторинних відстійників

Після стадії нітрифікації аеротенків стічна вода подається на вторинні відстійники, у яких під дією сили тяжіння відбувається інтенсивне відділення активного мулу від біологічно очищеної стічної води. Активний мул, що відділився (циркуляційний), знову надходить в канал перед аеротенком для подальшого використання. В процесі окислення активним мулом органічної речовини об'єм мулу постійно зростає у зв'язку з розвитком мікроорганізмів та присутності органічних забруднень, тому частину мулу весь час потрібно видаляти. Цей мул є надлишковим і направляється з вторинних відстійників на споруди ущільнення та зневоднення. Видалення мулу проводиться постійно, тому що несвоєчасне та неповне видалення приводить до загнивання, розпушування та, як наслідок, виносу активного мулу на поверхню відстояної води.

Прийнятий до розрахунку радіальний відстійник, у якому рух води відбувається зі змінною швидкістю – від максимальної в центрі до мінімальної біля периферійного збірного лотка. Підведення мулової суміші здійснюється знизу по трубопроводу діаметром 1200 мм, звідки вона

надходить через центральний розподільний пристрій у відстійник, а очищена від мулу вода збирається в круговий периферійний жолоб. Осад видаляється зі збірного приямку, який розташований в центрі відстійника, мулососом і під гідростатичним тиском по трубопроводу надходить в мулові камери, а потім самопливом в резервуар циркуляційного активного мулу.

З урахуванням балансової схеми (лист 3) на вторинні відстійники надходить $Q_{в.в.} = 4820,68 \text{ м}^3/\text{год}$ мулової суміші.

Навантаження на відстійник визначається за формулою:

$$q = \frac{4,5 \cdot \eta \cdot H_1^{0,8}}{(0,1 \cdot J \cdot a_{\text{рег}})^{0,5-0,01 \cdot a_t}}, \quad (3.39)$$

де η - коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання; для радіальних відстійників приймається $\eta = 0,4$ [6, п. 10.3.3.3];

J – муловий індекс, $\text{см}^3/\text{г}$; прийнято $J = 76,0 \text{ см}^3/\text{г}$ [20];

$a_{\text{рег}}$ – концентрація активного мулу в регенераторі, $\text{г}/\text{л}$; за формулою (3.17)

$$a_{\text{рег}} = 8,18 \text{ г}/\text{л};$$

a_t – концентрація мулу в освітленій воді, $\text{мг}/\text{л}$; прийнята $a_t = 15,0 \text{ мг}/\text{л}$ [6];

H_1 – розрахункова глибина відстійника, м ; прийнята $H_1 = 3,65 \text{ м}$ [20].

$$q = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 3,65^{0,8}}{(0,1 \cdot 76,0 \cdot 8,18)^{0,5-0,01 \cdot 13,5}} = 1,20 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Площа одного радіального відстійника при загальній їх кількості $N = 3$ од.:

$$F = Q_{в.в.} / (N \cdot q), \quad (3.40)$$

$$F = 4820,68 / (3 \cdot 1,20) = 1344,6 \text{ м}^2.$$

Діаметр відстійника визначається за формулою:

$$D = \sqrt{4 \cdot F / \pi}; \quad (3.41)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 1344,6 / 3,14} = 40,39 \text{ м} \approx 40 \text{ м}.$$

Прийняті типові радіальні відстійники діаметром 40 м з розмірами: робоча глибина $H_1 = 3,65$ м; об'єм зони відстоювання $W_{з.в.} = 4580 \text{ м}^3$; об'єм зони осаду (мулової зони) $W_m = 915 \text{ м}^3$ [20].

Фактична тривалість відстоювання:

$$T_{\phi} = N \cdot W_{з.в.} / Q_{в.в.}; \quad (3.42)$$

$$T_{\phi} = 4 \cdot 4580 / 4820,68 = 2,45 \text{ год}.$$

Час перебування мулу в муловій зоні відстійників повинно бути не більше 2 год [6] для запобігання зниження активності мулу:

$$T_m = W_m \cdot N / (q_{ц} + q_{н}) \leq 2 \text{ год}, \quad (3.43)$$

де $q_{н}$ – витрата надлишкового активного мулу, $\text{м}^3/\text{год}$;

$q_{ц}$ – витрата циркулюючого активного мулу, $\text{м}^3/\text{год}$:

$$q_{ц} = R \cdot Q_{сер}, \quad (3.44)$$

де R – доля циркулюючого мулу від розрахункової витрати стічних вод; за формулою (3.18) $R = 0,32$;

$Q_{сер}$ – середній годинний притік стічних вод за час аерації, $\text{м}^3/\text{год}$.

$$q_{ц} = 0,32 \cdot 4820,68 = 1549,14 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Витрата надлишкового активного мулу визначається за формулою:

$$q_{н} = \Pi_p \cdot Q_{сер} / C, \quad (3.45)$$

де С – концентрація активного мулу, мг/л; прийнята С = 1500 мг/л [6].

$$q_n = 201,96 \cdot 4820,68 / 1500 = 649,07 \text{ м}^3/\text{год};$$

$$T_m = 915 \cdot 3 / (1549,14 + 649,07) = 1,25 \text{ год} < 2 \text{ год} - \text{ умова виконується.}$$

3.5 Вибір насосного обладнання

Проектом реконструкції передбачено встановлення нового основного насосного обладнання, характеристики якого надані в табл.3.1.

Таблиця 3.1 – Характеристики запроєктованого насосного обладнання

| № | Призначення | Марка | Продуктивність, м ³ /год | Напір, м | Потужність, кВт | Кількість з резервними, од. |
|---|---|------------------------------------|--|----------|-----------------|--------------------------------|
| 1 | Насос занурювальний для відведення піскової пульпи | WILO FA 08.73WR.FK. 202-4/12 | 62 | 15,3 | 7,5 | 3 |
| 2 | Насос внутрішньої рециркуляції аеротенка | ABS RCP 800 A150/4 50HZ | 2500 | 0,57 | 15 | 3 |
| 3 | Насос циркуляційного мулу | XFP 250J-CB2 PE 370/4-J ABS | 782 | 13,0 | 37 | 3 |
| 4 | Насос надлишкового мулу | XFP 100E-CB1 PE 60/4 ABS | 943 | 13,2 | 6 | 2 |
| 5 | Насос спорожнювання аеротенків і вторинних відстійників | XFP 150J-CH2 PE 370/4 ABS | 250 | 28,0 | 37 | 2 |
| 6 | Насос подачі ущільненого осаду на зневоднення | TORNADO XLB 4-SK 82/250M/4 | 150 | 50,0 | 55 | 2 |
| 7 | Насос мулової та забрудненої промивної води | XFP 100G-CB1 PE 1850/4 ABS | 345 | 25,0 | 18,5 | 2 |

Найбільша кількість запроєктованого насосного обладнання встановлена в окремій будівлі (поз.15 лист 1). В графічній частині роботи представлений план та розрізи мулонасосної станції (лист 8).

РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА НА МУЛОНАСОСНІЙ СТАНЦІЇ

4.1 Загальні вимоги до обслуговування споруд біологічної очистки

До основних споруд біологічної очистки після реконструкції станції відносяться резервуар анаеробного перемішування (лист 5), аеротенк (листи 6 та 7), вторинний відстійник та насосна станція (лист 8) для перекачування з відповідних збірних резервуарів циркуляційного, надлишкового та ущільненого активного мулу.

При експлуатації аеротенків персонал зобов'язаний [20]:

- забезпечувати подачу в аеротенки заданих кількостей стічних вод і повітря для аерації суміші стоків та активного мулу;
- підтримувати задану концентрацію стічної рідини, активного мула і вміст розчиненого кисню в аеротенках, а також задані концентрацію і відсоток повернення циркуляційного активного мулу;
- не допускати перерв в подачі повітря в зону аерації для забезпечення життєдіяльності мікроорганізмів активного мулу;
- вести нагляд за безперебійною роботою механізмів устаткування (наприклад, занурювальних мішалок в резервуарі анаеробного перемішування і зони перемішування в аеротенках) і вимірювальних пристроїв, вживаючи заходів для усунення всіх виявлених дефектів;
- контролювати стан мулу за його біоценозом або муловим індексом (в нормальних умовах 60-100 см³ на 1 г сухої речовини) і своєчасно вживати заходи проти спухання активного мула;
- уточнювати кількість стічної рідини, що подається, інтенсивність подачі повітря, концентрацію активного мулу і кількість розчиненого кисню в процесі експлуатації досвідним шляхом, виходячи зі складу води, що надходить, і стічної рідини, що відводиться з аеротенків;
- зменшувати при токсичних змінах складу стоків навантаження на

аеротенкі, щоб мікрофауна мулу пристосувалася до нового складу рідини;

- видаляти зіпсований мул і починати підготовку нового мулу, якщо виявлене значне порушення режиму очищення стічних вод в аеротенках, коли проблема не вирішується тимчасовим зниженням навантаження на аеротенк та активний мул втрачає свою очисну здатність.

Резервуар анаеробного перемішування, аеротенк та вторинний відстійник відносяться до ємних споруд. Під час проведення в них ремонтних робіт виникає загроза наповнення ємностей стічною водою та шкідливими газами. Після вивільнення від води ємні споруди відносять до особливо сирих приміщень, і тому особливо небезпечних з точки зору ураження електричним струмом.

4.2 Аналіз шкідливих та небезпечних виробничих факторів на мулонасосній станції

Безпека праці – це такий стан умов праці, при якому виключений вплив на працівників небезпечних і шкідливих виробничих факторів.

Небезпечний виробничий фактор (чинник) – виробничий фактор, вплив якого на працівника за певних умов може призводити до травми або раптового різкого погіршення здоров'я (смерті);

Шкідливий виробничий фактор (чинник) – виробничий фактор, дія якого на працівника за певних умов може викликати захворювання або зниження працездатності (в залежності від рівня та тривалості дії шкідливий виробничий фактор може потенційно перейти в небезпечний) [24].

Насосна станція подачі активного мулу складається з машинного відділення та допоміжних приміщень (трансформаторна, ремонтна майстерня, побутові кімнати).

Стічні води самі по собі є шкідливими для організму людини, тому небезпечним є контакт працюючих з стічними водами. Наявність в неочищених стічних водах патогенних мікроорганізмів (хвороботворних

бактерій, вірусів, найпростіших) може привести до зараження персоналу та розповсюдження деяких інфекційних захворювань.

Робота насосів в машинному залі супроводжується виникненням постійного шуму (рівень звука шуму змінюється не більше ніж на 5 дБА).

В якості підйомно-транспортного обладнання застосовується електричний мостовий однобалочний кран вантажністю 1,0 т, висотою підйому 3,0...9,0 м і прольотом 8,1 м, який встановлюється в машинному залі для переміщення складальних одиниць насосів при монтажі або ремонті.

Підвищена небезпека, що виникає під час експлуатації підйомно-транспортного обладнання, обумовлена наступними чинниками: можливість випадкового наїзду крана або вантажу, який він переміщує, на об'єкти обладнання, що розташовані в приміщенні, де працює кран; випадкове падіння вантажу; травмування працівників негородженими частинами механізмів, що рухаються; ураження електричним струмом внаслідок пошкодження ізоляції електричного обладнання крану. Ці фактори становлять значний ризик та потребують уважного контролю та вжиття заходів щодо безпеки.

Вологість повітря є фактором, що має суттєвий вплив на терморегуляцію організму. Підвищена вологість повітря є несприятливим фактором не тільки в умовах спеки, коли вона може призвести до теплового удару та теплового виснаження, але й при зниженій температурі, коли виникає різке зростання тепловіддачі організму, що створює ризик переохолодження. Оцінка факторів виробничого та трудового процесу оператора насосної станції наведена в Додатку Г.

4.3 Заходи з поліпшення умов праці

З метою покращення умов праці обслуговуючого персоналу на насосній станції вживаються інженерні та організаційні заходи з техніки безпеки. До інженерних заходів відносяться наступні.

Безпечна експлуатація підйомно-транспортного обладнання досягається шляхом встановлення обмежувачів підйому вантажу та ходу візка з вантажем уздовж крану; обладнання підкранових шляхів кінцевими вимикачами; застосування звукового сигналу для попередження людей про рух крану; використання блокувань, що при раптовому зникненні напруги відключають електрообладнання. Всі рухомі частини вантажопідйомного крана, що представляють небезпеку при експлуатації, огорожуються.

В приміщенні машинного зала суворо дотримуються спеціальних заходів, що запобігають можливості пожежі. Прилади для вмикання вентиляції, освітлювання, насосів та іншого обладнання розташовуються перед входом в приміщення.

4.4 Виробнича санітарія

4.4.1 Об'ємно-планувальні рішення будівлі насосної станції

Правильне планування виробничих приміщень, доцільне розташування будівлі та транспортних шляхів сприяє створенню оптимальних умов для виробничого процесу, а також створює можливості для розширення насосної станції при рості водовідведення і, як наслідок, зростанні кількості перекачування надлишкового та ущільненого активного мулу. План та розрізи мулонасосної станції надані в графічній частині роботи (лист 8).

Будівля є частково заглибленою, тобто підлога машинного залу розташовується нижче поверхні землі на рівні 3,95 м. Заглиблена частина будівлі виконується з монолітного залізобетону з метою забезпечення її водонепроникності та сполучається з наземною частиною за допомогою сходів завширшки 0,85 м при куті нахилу 45° . Для організації переходів над трубами слід передбачати драбини завширшки 0,5 м та з кутом нахилу 60° .

При розміщенні насосних агрегатів враховано, що мінімальні відстані між ними залежно від виду використаного обладнання становлять 1 м; між насосами або електродвигунами та стіною в заглиблених приміщеннях

мінімальна відстань становить 0,7 м; між нерухомими частинами обладнання, що виступають – 0,7 м; перед розподільним електричним щитом – 2 м.

В машинному залі обладнаний монтажний майданчик, розміри якого дорівнюють розмірам найбільшого агрегату з урахуванням проходів шириною 1 м. Висота машинного залу має дозволяти, щоб між низом вантажу, який переміщується підйомними механізмами, і верхом встановленого обладнання відстань складала не менше 0,5 м.

4.4.2 Опалення та вентиляція

За тепловою характеристикою основне виробниче приміщення насосної станції (машинний зал) відноситься до приміщень з незначними надмірами явної теплоти (не більше $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$) [25]. Оскільки основні роботи механізовані та автоматизовані, виконуються персоналом в положенні сидячи або стоячи та не потребують систематичного фізичного напруження або підняття та пересування важких предметів, вони відносяться до категорії легких (категорія 1). Енерговитрати складають менше 72 Вт. Для виконання цієї категорії робіт оптимальними параметрами мікроклімату є: температура повітря $20 \dots 23^\circ \text{C}$, відносна вологість повітря 40...60%, швидкість руху повітря 0,2 м/с. Зазначене поєднання параметрів забезпечує збереження теплового та функціонального стану організму людини.

В залежності від обраного способу подачі свіжого повітря до приміщень та видалення з них забрудненого облаштовуються певні види природної та механічної систем вентиляції. В приміщенні насосів передбачена приточно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням при 6-тикратному обміні повітря на годину [24]. Система вентиляції складається з 4 вентиляторів продуктивністю кожного $3500 \text{ м}^3/\text{год}$ та повітропроводів. Вона забезпечує підтримання постійного повітрообміну в об'ємі витяжного повітря $12960 \text{ м}^3/\text{год}$ при об'ємі машинного відділення 2160 м^3 . В період перебування персоналу в приміщеннях вентиляція працює безперервно.

4.4.3 Освітлення

Незадовільне освітлення в виробничих приміщеннях сприяє загальній перевтомі організму, а також значно підвищує ризик травматизму в недостатньо освітлених небезпечних зонах. В приміщеннях насосної станції застосовується в денний час суміщене освітлення, при якому працює водночас природне та штучне світло.

В машинному залі природне освітлення здійснюється боковим світлом – крізь вікна, розташовані в наземній частині приміщень. Оскільки зорова робота пов'язана з загальним наглядом за ходом виробничого процесу під час постійного перебування працівників в приміщенні, то розряд зорових робіт визначається як VIII б [26], для якого коефіцієнт природної освітленості при боковому освітленні $K_{ПО} = 0,2\%$, мінімальна освітленість при штучному освітленні 50 лк. В вечірній та нічний час застосовується штучне освітлення. Також передбачене аварійне освітлення не менше 5 лк; освітленість основних проходів та сходів, що використовуються для евакуації людей, має становити не менше 0,5 лк.

4.4.4 Санітарно-побутові та допоміжні приміщення

В наземній частині будівлі насосної станції передбачені приміщення для експлуатаційного персоналу, а також майстерня для виконання дрібного ремонту обладнання. Згідно [27] передбачені побутові приміщення: гардеробна - 1; душова - 1; санвузол - 1.

4.4.5 Виробничий шум, виробнича вібрація

Вплив шуму на організм людини є негативним явищем. Тривалий вплив шуму призводить до зниження чутливості слуху, змін кров'яного тиску, розсіювання уваги, погіршення зору, а також викликає зміни в центрах дихання та порушення координації рухів. Крім того, спостерігається значне

збільшення енерговитрат при однаковому фізичному навантаженні. Інтенсивний шум може викликати порушення функціонування серцево-судинної системи та інших систем організму. У шумних виробничих приміщеннях особливо часті випадки травматизму. За умов впливу звукового тиску 200 Па та інтенсивності звука 10 Вт/м² спостерігаються больові відчуття. Допустимий рівень шуму в виробничих приміщеннях – 65 дБА [28].

Функціонування насосних систем також супроводжується виникненням загальної вібрації, вплив якої, при високому рівні віброшвидкості, може призводити до стійких порушень фізіологічних функцій організму, зокрема центральної нервової системи. Максимально допустимий рівень загальної вібрації не повинен перевищувати 92 дБ [29].

Зменшення впливу шуму та вібрації на персонал може бути досягнуте шляхом встановлення насосів з електродвигунами на індивідуальних фундаментах із застосуванням амортизаторів. Для уникнення контакту оператора з насосами використовується дистанційне керування та автоматичний контроль за роботою обладнання. За необхідності ведення робіт персоналом в машинному залі передбачаються індивідуальні засоби захисту від шуму та вібрації.

4.5 Електробезпека

Електричний струм представляє значну небезпеку, тому що тіло людини є провідником електричного струму. При протіканні через організм людини струм може спричиняти вражаючі дії різного характеру: термічні опіки, світлове ураження очей, дисфункція нервової системи тощо. Смертельним для людини є струм вище 0,1 А при частоті 50 Гц.

Підвищена небезпека при взаємодії з ручними електричними приладами обумовлена, з одного боку, тривалим контактом працівників з корпусами пристроїв, а з іншого – схильністю їх до швидкого зносу.

Найчастіше нещасні випадки під час роботи з ручними електричними

приладами трапляються з наступних причин: доступність струмопровідних частин, закриття яких не передбачене конструкцією; використання невідповідного проводу, який швидко зношується; відсутність заземлення. Для боротьби з подібними нещасними випадками слід використовувати пристрої нових безпечних конструкцій, а також організувати постійний контроль за ними в процесі експлуатації.

На мулонасосній станції застосовується електрообладнання з напругою до 1000 В і силою струму 200...500 А. Відповідно [31] приміщення машинного залу за небезпекою ураження людей електричним струмом відноситься до приміщень підвищеної небезпеки, які характеризуються хоча б однією з наступних умов: сирість; струмопровідні підлоги; можливість одночасного доторкання працівника до струмопровідних частин, що з'єднані з землею, та до корпусів електрообладнання, які у випадку пошкодження ізоляції можуть опинитися під напругою.

Електродвигуни насосів, встановлених в машинному залі, є основним обладнанням, яке споживає електроенергію (п.3.5).

З метою запобігання ураження працівників електричним струмом під час експлуатації електроустановок передбачається використання заземлення, захисного відключення, ізоляції струмоведучих частин та застосування огорожувальних пристроїв. Суворо заборонено знімати захисні кожухи та інші запобіжні пристрої під час роботи насосних агрегатів, використовувати факели для освітлення, виконувати ремонт агрегатів під час їх роботи [24].

Особливо небезпечними є приміщення електророзподільних устаткувань (ЕРУ), тому входні двері цих приміщень постійно закриті на замок і опломбовані. Під час ремонту будь-яких агрегатів важливо не нехтувати знеструмленням устаткування, вживати необхідні заходи проти їх мимовільного пуску і вивішувати застережливі плакати. В залежності від напруги електроустановки відстань від людей та інструментів і приладів, що ними використовуються, до струмоведучих частин – 2...3,5 м, від механізмів в робочому положенні – 2,5...4,5 м.

4.6 Пожежна безпека

Згідно класифікації виробництва за вибуховою та пожежною небезпекою мулова насосна станція відноситься до категорії Д [32]. Ступінь вогнестійкості будівлі – III, межа вогнестійкості конструкцій – 3 години [33].

Профілактичні протипожежні заходи: обладнання будівлі двома евакуаційними виходами (відстань від найвіддаленішого робочого місця до евакуаційного виходу не більше 8 м); обладнання будівлі двома пожежними драбинами завширшки 0,8 м; обладнання приміщень засобами сповіщення (пожежна сигналізація). Ширина сходів між наземною та заглибленою частинами будівлі, – 0,85 м; ширина проходів – 1,0 м, коридорів – 1,4 м.

Будівля мулової насосної станції за необхідністю влаштування захисту від блискавки відноситься до III категорії. Передбачені стрижневі відводи. Мають проводитися такі організаційні заходи, як інструктаж всього персоналу з протипожежної безпеки та навчання прийомам правильного поводження з первинними засобами пожежогасіння.

Згідно з [34] передбачене обладнання пожежного водопостачання: господарсько-протипожежний водопровід високого тиску, що може забезпечити гасіння пожежі протягом 3 годин з витратою води 5 л/с. Внутрішні пожежні крани в коридорах службових приміщень мають бути встановлені в спеціальних шафах на висоті 1,35 м від підлоги та повинні бути обладнані пожежним рукавом завдовжки 20 м. Для гасіння пожеж, що виникають, передбачаються ручні вуглекислотні вогнегасники ОУ-2, ОУ-5 в машинному залі та в приміщенні пульту керування, а також хімічні пінні вогнегасники ОХП-8 в побутових приміщеннях та майстерні [35].

Таким чином, завдяки вживанню заходів, направлених на усунення шкідливих та небезпечних факторів, з якими пов'язана робота на муловій насосній станції, а також застосування обслуговуючим персоналом індивідуальних засобів захисту досягаються безпечні умови праці, виключається можливість травматизму та ураження електричним струмом.

РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБҐРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД

5.1 Планування капітальних, поточних витрат та тарифу для реконструкції очисних споруд

Капітальні вкладення розраховані з дотриманням технічних рішень по реконструкції споруд біологічної очистки помноженням об'ємних показників відповідних елементів на їх питомі вартості. Вартість установки і монтажу нового обладнання становить 30% його вартості, а вартість монтажу комунікацій – 15% від вартості комунікацій. Накладні витрати спеціалізованій організації, яка здійснює монтаж, дорівнюють 25% вартості встановленого обладнання.

Результат розрахунку додаткових капітальних витрат представлений в Додатку Д, табл.Д.1.

Річні поточні витрати при реконструкції визначаються за формулою:

$$B = \sum_{i=1}^n C_i = C_m + C_e + C_{\text{утр}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{ін}} - C_{\text{зв}}, \quad (5.1)$$

де $\sum_{i=1}^n C_i$ - річна сума витрат по статтях калькуляції, грн.;

C_m – витрати на сировину і матеріали;

C_e – витрати на електроенергію на виробничі потреби;

$C_{\text{утр}}$ – витрати на утримання і експлуатацію обладнання;

$C_{\text{заг}}$ – загальновиробничі витрати;

$C_{\text{ін}}$ – інші виробничі витрати;

$C_{\text{зв}}$ – зворотні витрати.

Розрахунок річних поточних витрат по статтях калькуляції представлений в Додатку Д.

До сумарної вартості матеріалу входять: відпускна вартість матеріалу, вартість завантажувально-розвантажувальних робіт, транспортні витрати з урахуванням перевезення матеріалів автотранспортом, вартість тари.

Для процесу хімічного видалення фосфору передбачено використання готового 10%-вого розчину реагенту гідроксихлориду алюмінію, питома норма витрати якого становить $m_{\text{пит}} = 0,00022 \text{ т/м}^3$.

Насосні агрегати, перелік яких представлений в табл.2.5, є основним технологічним обладнанням, яке споживає електроенергію. Витрати електроенергії прямо пропорційні кількості поданої стічної води на очисні споруди і визначаються за питомими витратами. Кількість електроенергії, що витрачається додатково на дрібні механізми та інші потреби, додається до загальної величини та дорівнює 30%.

Для розрахунку вартості основних виробничих фондів вартості окремих споруд і блоків підсумовуються за табл. Д.1. Величина амортизаційних відрахувань визначається для споруд в розмірі 5% від їх вартості, для комунікацій, мереж та інших видів обладнання – в розмірі 15% від їх вартості.

До загальновиробничих витрат відносяться витрати на обслуговування виробничого процесу та витрати, які виникають під час періодичної та епізодичної перевірки якості очищеної води. Загальновиробничі витрати прийняті в розмірі 30% від суми витрат на експлуатацію обладнання, інші виробничі витрати – в розмірі 1% від витрат на утримання обладнання.

В статтю калькуляції по зворотнім витратам включається вартість продукції, яка повертається у виробництво. Зворотною продукцією в даному варіанті реконструкції є очищена стічна вода, яка повертається на основні очисні споруди в якості технічної промивної води.

Для визначення собівартості очистки 1 м^3 води всі виконані розрахунки за статтями калькуляції зведені в табл.Д.4.

5.2 Розрахунок основних показників ефективності реконструкції

Коефіцієнт економічної ефективності капітальних витрат на природоохоронні заходи визначається за формулою:

$$E_a = (C_{\text{п}} - Z_{\text{в.зб.}}) / K, \quad (5.2)$$

де $C_{\text{п}}$ – річні поточні витрати на природоохоронні заходи при реконструкції, грн./рік; за табл.Д.4 $C_{\text{п}} = 17027518$ грн./рік;

$Z_{\text{в.зб.}}$ – річна сума відверненого збитку, грн./рік;

K – сума капітальних витрат при реконструкції, грн.; за табл.Д.1

$K = 17813600$ грн.

Річна сума відверненого збитку визначається за формулою:

$$Z_{\text{в.зб.}} = \Pi_{\text{н.ск}} + Z_{\text{над}} + E_{\text{в}}, \quad (5.3)$$

де $\Pi_{\text{н.ск}}$ – розмір платежів за скид неочищених стоків, грн./рік;

$Z_{\text{над}}$ – сума відверненого збитку за наднормативні скиди, грн./рік;

$E_{\text{в}}$ – економія використання свіжої води на технологічні потреби, грн./рік.

Розмір платежів за скид неочищених стоків визначається за формулою:

$$\Pi_{\text{н.ск}} = \sum_{i=1}^m (C_i \cdot Q_{\text{неоч}} \cdot N_i) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 / 10^6, \quad (5.4)$$

де C_i – концентрація i -тої забруднюючої речовини, г/м³;

$Q_{\text{неоч}}$ – річний об'єм неочищених стічних вод, який міг би скидатися у водойму, м³/рік; за матеріальним балансом $Q_{\text{неоч}} = 18250000$ м³/рік;

N_i – норматив платежів за скид 1 т i -тої забруднюючої речовини, грн./т;

приймається для різних забруднюючих речовин за [36];

m – кількість забруднюючих речовин;

k_1 – коефіцієнт, який враховує місцеве розташування промислового

підприємства; для підприємства населеного пункту з чисельністю жителів більше 100 тис.чол. приймається $k_1 = 1,2$;

k_2 – коефіцієнт, який враховує народногосподарське призначення населеного пункту; для багатофункціонального центру з перевагою промислових і транспортних функцій приймається $k_2 = 1,25$;

k_3 – регіональний коефіцієнт; приймається $k_3 = 1,28$;

k_4 – коефіцієнт перерахунку; для скидів в межах ліміту $k_4 = 2,373$.

Концентрації основних забруднюючих речовин прийняті за характеристикою стічних вод до та після очистки (табл.Д.1).

Розрахунок економії від відвернених платежів за скид неочищених стоків наданий в Додатку Е, табл.Е.1.

Збиток від наднормативних скидів стоків визначається за формулою:

$$Z_{\text{над}} = \sum_{i=1}^m (C_{i\text{ф.}} - C_{\text{д}}) \cdot Q_{\text{ск}} \cdot 0,003 \cdot A_i \cdot n \cdot \delta_{\text{к}} \cdot 0,001, \quad (5.5)$$

де $C_{i\text{ф.}}$ – фактична концентрація і-тої забруднюючої речовини у очищених стічних водах, $\text{г}/\text{м}^3$; приймається за характеристикою стоків;

$C_{\text{д}}$ – дозволена для скиду концентрація і-тої забруднюючої речовини, $\text{г}/\text{м}^3$; приймається рівною гранично допустимій концентрації (ГДК) речовин у воді водойми;

$Q_{\text{ск}}$ – річний об'єм стічних вод, який скидається у водойму, $\text{м}^3/\text{рік}$; за матеріальним балансом $Q_{\text{ск}} = 12042522 \text{ м}^3/\text{рік}$;

0,003 – базова ставка відшкодування збитків, в частках неоподаткованого мінімуму доходів громадян;

A_i – показник відносної шкідливості і-тої забруднюючої речовини при скиданні у водойму, умов.т;

m – кількість забруднюючих речовин;

n – розмір неоподаткованого мінімуму доходів громадян, грн.; за законодавством $n = 17$ грн.;

δ_k – безрозмірна константа відносної шкідливості забруднень поверхневих водних об'єктів господарсько-питного водокористування $\delta_k = 1,5$;
0,001 – коефіцієнт, що враховує розмірність величин.

Показник відносної шкідливості скиду визначається за формулою:

$$A_i = 1 / \text{ГДК}. \quad (5.6)$$

Розрахунок збитків від наднормативних скидів наданий в табл.Е.2.

Сума економії від зменшення використання свіжої води на технологічні потреби:

$$E_B = Q_{зв} \cdot \Pi_{в}, \quad (5.7)$$

де $\Pi_{в}$ – тариф на свіжу технічну воду для промислового підприємства, грн./м³; $\Pi_{в} = 12,45$ грн./м³.

$$E_B = 7300 \cdot 12,45 = 90885 \text{ грн./рік};$$

$$З_{в.зб.} = 5327789 + 100156 + 90885 = 5518831 \text{ грн./рік};$$

$$E_a = (17057813 - 5518831) / 178153596 = 0,648 \text{ грн./рік/грн.}$$

Загальна економічна оцінка збитку від скидання забруднюючих речовин у водойму до реконструкції визначається за формулою:

$$Y_{\text{вод}} = \gamma \cdot \delta_k \cdot f \cdot M, \quad (5.8)$$

де γ – константа, чисельне значення якої дорівнює на 2023 р з урахуванням коефіцієнту перерахунку $\gamma = 3061,59$ грн./умов.т.;

f – коефіцієнт, який враховує характер розсіювання забруднюючих речовин; для водного середовища приймається $f = 1,0$;

M – приведена маса річного скиду забруднюючих речовин у водойму, умов.т/рік, яка визначається за формулою:

$$M = \sum_{i=1}^N (A_i \cdot m_i), \quad (5.9)$$

N – загальна кількість домішок, що скидаються у водойму;

m_i – загальна маса річного скиду i -тої речовини, т/рік, яка визначається:

$$m_i = Q_{\text{ск}} \cdot C_{i\phi} / 10^6, \quad (5.10)$$

де $C_{i\phi}$ – фактична концентрація i -тої забруднюючої речовини у очищених стічних водах, г/м³.

Розрахунок відверненого збитку від скиду речовин наданий в табл.Е.3.

Термін окупності природоохоронних заходів з урахуванням додаткових капітальних вкладень:

$$T = 1 / E_a; \quad (5.11)$$

$$T = 1 / 0,648 = 1,54 \text{ років.}$$

Основні техніко-економічні показники очисної станції водовідведення наведені в табл.Е.4.

Таким чином, на основі техніко-економічних розрахунків показано, що для даних природоохоронних заходів термін окупності додаткових капітальних вкладень нижче нормативного максимального строку окупності, прийнятого в даній галузі виробництва. При цьому абсолютна економічна ефективність для очисної станції вище єдиного нормативного коефіцієнту (0,648 грн./рік/грн. > 0,12 грн./рік/грн.). Тому розроблений проект природоохоронних заходів вважається ефективним.

ВИСНОВКИ

Сучасний стан виробництва і міського господарства, особливо під час воєнних дій та в післявоєнний період пред'явить високі вимоги до споруд по відведенню, транспортуванню та очищенню стічної води, які в свою чергу призведуть до значних економічних затрат. Тому при проектуванні, будівництві та експлуатації очисних споруд найважливішими напрямками є використання нових методів розрахунку пристроїв водовідведення, а також перехід на більш перспективні технології для забезпечення ефективної експлуатації каналізаційних систем і споруд в поєднанні зі зменшенням витрат на їх відновлення та реконструкцію.

Водовідведення є однією з найважливіших галузей, що направлена на зростання рівня життя людей, благоустрою населених пунктів, розвиток промисловості та сільського господарства. Водовідведення має важливе соціальне і санітарно-гігієнічне значення, захищає людей від епідемічних захворювань, що поширюються через воду.

Запропонована технологічна схема після реконструкції дозволяє досягти:

- інтенсифікації процесу механічного очищення води у аерованих піскоуловлювачах з видаленням спливаючих забруднень;
- відмови від первинного відстоювання для реалізації процесів денітрифікації стічних вод і дефосфотації активного мулу;
- інтенсифікації процесу біологічного очищення води в аеротенках та забезпечення повного окислювання органічних забруднюючих речовин за рахунок впровадження технології нітри-денітрифікації;
- максимального використання існуючих споруд і комунікацій, що перебувають у працездатному стані;
- в цілому покращення бар'єрної функції очисних споруд у вилученні зі стічних вод більшої кількості забруднюючих речовин, що попередить їх потрапляння у водойму – приймач стічних вод.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Зелінський С. Е Аналітичний звіт «Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії». URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf>
2. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на 1 вересня 2022 року. URL: https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/10/Sep22_FINAL_Sep1_Damages-Report.pdf.
3. Карелін С. Стійкі системи водопостачання. Готовність до надзвичайних ситуацій та умов воєнного стану. Рекомендації для територіальних громад, Київ, 2022. URL: <https://decentralization.gov.ua/news/15468>
4. Шадура В.О., Кравченко Н.В. Водопостачання та водовідведення: навчальний посібник, Рівне: НУВГП, 2018. 343 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/11369/1/Водопостачання%20та%20водовідведення.pdf>
5. Кравченко В.С. Водопостачання та каналізація: підручник. Київ: Кондор, 2009. 288 с. URL: http://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Kravch_2009_288.pdf
6. ДБН В.2.5-75-2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/...DBN_V.2.5-74_2013.
7. Долина Л.Ф., Машихіна П.Б., Козачина В.А. Реконструкція систем водопостачання та водовідведення: Монографія, Дніпро: Журфонд, 2021. 220 с.
8. Долина Л.Ф. Очистка вод від залишків лікарських препаратів/
Л.Ф. Долина, О.П. Савина // Наука та прогрес транспорту. 2018. № 3 (75). с. 36 – 51.
9. Accumulation of Microplastic on Shorelines Woldwide: Sources and Sinks /Mark Anthony Browne, Phillip Crump ,Stewart J. Niven ,Emma Teuten, Andrew

- Tonkin, Tamara Galloway and Richard Thompson // Environ. Sci. Technol, 2011. V. 45., Issue 21 – p. 175 – 179.
10. Долина Л.Ф. Очистка вод від пластику/ Л.Ф. Долина, О.П. Савина, Д.А. Долина // Наука та прогрес транспорту, 2019. № 2 (80). с. 27 – 40.
11. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод / Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М., Брик М.Т.. Київ: Лібра, 2000. 552 с.
12. Шевченко В.В. Глибоке видалення біогенних елементів зі стічних вод. Матеріали XXII Міжнародної науково-практичної конференції «Екологія. Людина. Суспільство», Київ, 2021 р. URL: <https://doi.org/10.20535/EHS.2021.232980>
13. Долина Л. Ф. Сучасна технологія і споруди для очистки нафтовміщуючих стічних вод : Монографія, Д.: Континент, 2005. 296 с.
14. Європейський підхід – це залишати після себе чисту воду. URL: <https://www.epravda.com.ua/publications/2019/10/17/652615/>
15. Коюда О. П., Гармаш А.С. Шляхи вдосконалення ВКГ України на прикладі досвіду Європейського Союзу та США. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетові, 2015. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/189598922.pdf>
16. Орлов В.О. Водопостачання та водовідведення. Підручник. // Орлов В.О., Тугай Я.А., Орлова А.М. Київ, 2011. 359 с.
17. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: навч. посібник. Київ: Вища школа, 2008. 227 с.
18. Методичні вказівки до виконання курсової роботи з навчальної дисципліни «Експлуатація очисних споруд водопровідно-каналізаційних систем» / Г. І. Благодарна, Т. С. Айрапетян. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 38 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/95312943.pdf>
19. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие, - м.: Стройиздат, 1984. 116 с.
20. В.А.Ковальчук Очистка стічних вод Рівне, ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с. URL:

[https://ep3.nuwm.edu.ua/15447/1/Очистка %20сточных%20вод.pdf](https://ep3.nuwm.edu.ua/15447/1/Очистка%20сточных%20вод.pdf)

21. Долина, Л. Ф. Очистка сточных вод от биогенных элементов: монография / Л. Ф. Долина. – Д. : Континент, 2007. 198 с.
22. Технології та обладнання для очищення води. Аератор серії АКВА-ЛАЙН-М. URL: <http://www.ecopolymer.kh.ua/products/sistemy-aeratsii/sistemy-aeratsii-akva-layn/>
23. Роторні повітродувки. URL: https://potential4.com.ua/rotornie_vozduhoduivki_kubicek.html
24. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності «Водопостачання та водовідведення» / уклад.: В.І Сокольник, К.С. Пієнко. – Запоріжжя; ЗДІА, 2008. 94с.
25. ДБН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми параметрів мікроклімату. – Київ: МОЗ України, 2000. 28 с.
26. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Київ.: Мін буд України, 2006. 76 с.
27. ДБН В.2.2-28-2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 28 с.
28. ДБН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ: МОЗ України, 2000. 29 с.
29. ДБН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації – Київ: МОЗ України, 2000. 45 с.
30. Інженерні рішення з охорони праці для інженерно-будівельних спеціальностей: Навч. посібник. – Київ: Основа, 2000. 336 с.
31. ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008. Електробезпеку. Предельно допустимые значения прикосновения и токов. – Київ, 2008. 331 с.
32. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ: Мінрегіон України, 2007. 17 с.

33. ДБН В.2.5-56-2014 Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014. 28 с.
34. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с.
35. ДСТУ 7238:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. – Київ: Мінрегіон України, 2011. 17 с.
36. Економічне обґрунтування проектів водопровідно-каналізаційного господарства. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту для студентів спеціальності «Водопостачання та водовідведення» денної та заочної форми навчання / Світлична В.Б. – Запоріжжя: ЗДІА, 2007. 39 с.

ДОДАТОК А
Розрахунок складу стічних вод до та після реконструкції

| № | Найменування показника | Одиниці виміру | Концентрація у вихідних стоках | Ефективність очистки до реконструкції | | | | Ефективність очистки після реконструкції | | | | Гранично-допустимий скид |
|----|--|----------------|--------------------------------|---------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--|---------------------------------------|-----------------------|--------------------------------|--------------------------|
| | | | | Механічна очистка, % | Концентрація після механічної очистки | Біологічна очистка, % | Концентрація в очищених стоках | Механічна очистка, % | Концентрація після механічної очистки | Біологічна очистка, % | Концентрація в очищених стоках | |
| 1 | БСК ₅ | мг/л | 168,140 | 15,0 | 142,919 | 70,0 | 42,876 | 5,0 | 159,733 | 91,0 | 14,376 | 14,650 |
| 2 | Зважені речовини | мг/л | 185,330 | 40,0 | 111,198 | 37,0 | 70,055 | 10,0 | 166,797 | 91,3 | 14,511 | 14,590 |
| 3 | ХСК | мг/л | 222,600 | 5,0 | 211,470 | 46,0 | 114,194 | 5,0 | 211,470 | 74,0 | 54,982 | 55,250 |
| 4 | Мінералізація | мг/л | 657,940 | 0,0 | 657,940 | 3,3 | 636,241 | 0,0 | 657,940 | 9,8 | 593,462 | 593,700 |
| 5 | Азот амонійний (NH ₄ ⁺) | мг/л | 40,000 | 0,0 | 40,000 | 58,0 | 16,802 | 0,0 | 40,000 | 95,0 | 2,000 | 2,000 |
| 6 | Нітрити | мг/л | 0,014 | 0,0 | 0,014 | | 0,014 | 0,0 | 0,014 | | 0,750 | 0,750 |
| 7 | Нітрати | мг/л | 0,045 | 0,0 | 0,045 | | 0,045 | 0,0 | 0,045 | | 42,000 | 42,000 |
| 8 | Фосфати | мг/л | 13,600 | 0,0 | 13,600 | 24,0 | 10,336 | 0,0 | 13,600 | 74,3 | 3,495 | 3,600 |
| 9 | Феноли | мг/л | 0,033 | 0,0 | 0,033 | 0,0 | 0,033 | 0,0 | 0,033 | 97,0 | 0,001 | 0,001 |
| 10 | Нафтопродукти | мг/л | 0,651 | 10,0 | 0,586 | 53,0 | 0,275 | 20,0 | 0,521 | 83,0 | 0,089 | 0,100 |
| 11 | СПАР | мг/л | 0,689 | 15,0 | 0,586 | 60,0 | 0,234 | 15,0 | 0,586 | 70,5 | 0,173 | 0,200 |
| 12 | Залізо | мг/л | 0,663 | 5,0 | 0,630 | 43,0 | 0,359 | 5,0 | 0,630 | 61,0 | 0,246 | 0,260 |
| 13 | Мідь | мг/л | 0,034 | 5,0 | 0,032 | 15,0 | 0,027 | 5,0 | 0,032 | 25,0 | 0,024 | 0,030 |
| 14 | Хлориди | мг/л | 107,360 | 0,0 | 107,360 | 0,0 | 107,360 | 0,0 | 107,360 | 0,0 | 107,360 | 111,300 |
| 15 | Сульфати | мг/л | 103,320 | 0,0 | 103,320 | 0,0 | 103,320 | 0,0 | 103,320 | 0,0 | 103,320 | 119,200 |

ДОДАТОК Б

Розрахунок матеріальних потоків технологічної схеми очистки стічної води

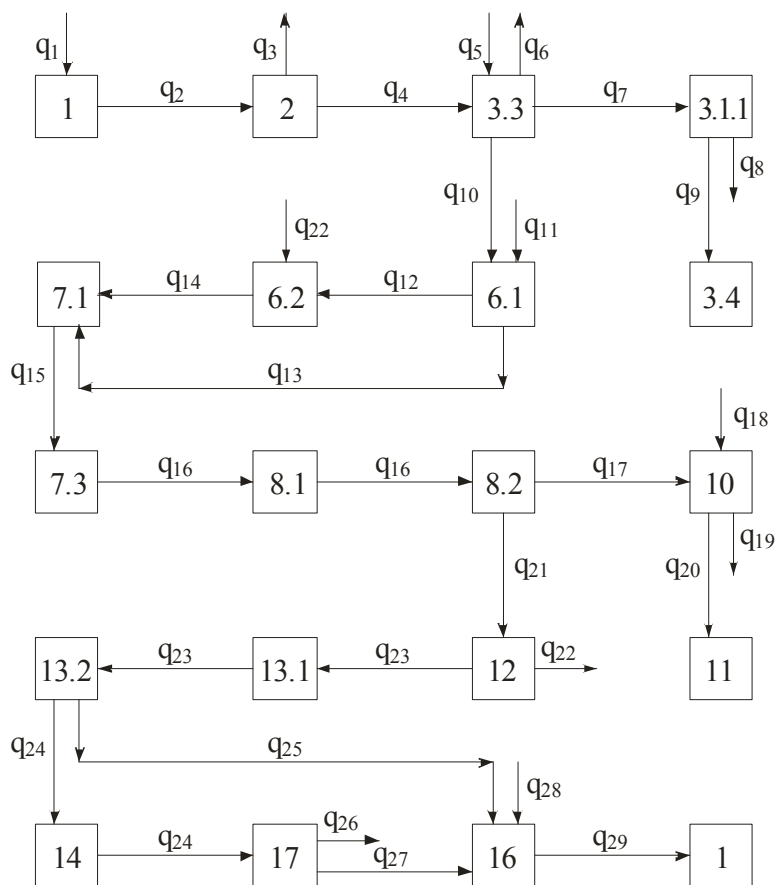


Рисунок Б.1 - Блок-схема технологічного процесу очистки

1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3.3 – піскоуловлювачі; 3.1.1 – споруди зневоднення піску; 3.4 – пісковий майданчик; 6.1 – розподільна камера первинних відстійників; 6.2 – резервуар анаеробного перемішування; 7.1 – камера перемикання аеротенків; 7.3 – аеротенки; 8.1 – розподільна камера вторинних відстійників; 8.2 – вторинні відстійники; 10 – споруди знезараження стічної води; 11 – випуск до водойми; 12 – збірний резервуар осадженого активного мулу; 13.1 – розподільна камера мулоушільнювачів; 13.2 – мулоушільнювачі; 14 – збірний резервуар ущільненого активного мулу; 16 - приймальний резервуар надмулової води; 17 – споруди механічного зневоднення осаду.

Кодування матеріальних потоків технологічної схеми надано в табл.Б.1.

Таблиця Б.1 - Матеріальні потоки технологічної схеми

| № з/п | Найменування потоку (витрата) | Код |
|-------|--|-----------------|
| 1 | Вихідні господарсько-побутові стоки | Q ₁ |
| 2 | Стічна вода, яка надходить на решітки | Q ₂ |
| 3 | Забруднення з решіток | Q ₃ |
| 4 | Стічна вода, яка надходить на піскоуловлювачі | Q ₄ |
| 5 | Подача розчину реагенту до піскоуловлювачів | Q ₅ |
| 6 | Спливаючі речовини до жирозбірника | Q ₆ |
| 7 | Піскова пульпа на зневоднення | Q ₇ |
| 8 | Піскова вода після споруд зневоднення піску | Q ₈ |
| 9 | Пісок вологістю 10% | Q ₉ |
| 10 | Частково освітлена стічна вода | Q ₁₀ |
| 11 | Подача розчину реагенту до розподільної камери | Q ₁₁ |
| 12 | Суміш стічної води і реагенту | Q ₁₂ |
| 13 | Подача частково освітленої стічної води до аеротенка | Q ₁₃ |
| 14 | Стічна вода після анаеробного перемішування | Q ₁₄ |
| 15 | Витрата стічних вод, які надходять на аеротенк | Q ₁₅ |
| 16 | Мулова суміш, що надходить на вторинні відстійники | Q ₁₆ |
| 17 | Біологічно очищена стічна вода | Q ₁₇ |
| 18 | Хлорна вода для знезараження очищених стоків | Q ₁₈ |
| 19 | Знезаражена стічна вода для виробничих потреб | Q ₁₉ |
| 20 | Знезаражена стічна вода, що надходить до скиду | Q ₂₀ |
| 21 | Осад активного мулу з вторинних відстійників | Q ₂₁ |
| 22 | Зворотний циркуляційний активний мул | Q ₂₂ |
| 23 | Надлишковий активний мул | Q ₂₃ |
| 24 | Ущільнений надлишковий активний мул | Q ₂₄ |
| 25 | Мулова вода з ущільнювачів | Q ₂₅ |
| 26 | Осад з вакуум-фільтра вологістю 80% | Q ₂₆ |
| 27 | Фільтрат з вакуум-фільтра | Q ₂₇ |
| 28 | Господарсько-побутові стоки очисної станції | Q ₂₈ |
| 29 | Суміш оборотної мулової води та стоків очисної станції | Q ₂₉ |

На основі схеми складені рівняння для визначення невідомих потоків:

$$q_2 = q_1;$$

$$q_4 = q_2 - q_3;$$

$$q_8 = q_7 - q_9; \tag{Б.1}$$

$$q_{10} = q_4 + q_5 - q_6 - q_7;$$

$$q_{12} = q_{10} + q_{11} - q_{13};$$

$$q_{14} = q_{12} + q_{22};$$

$$q_{15} = q_{13} + q_{14};$$

$$q_{16} = q_{15};$$

$$q_{17} = q_{16} - q_{21};$$

$$q_{20} = q_{17} + q_{18} - q_{19};$$

$$q_{23} = q_{21} - q_{22};$$

$$q_{25} = q_{23} - q_{24};$$

$$q_{27} = q_{24} - q_{26};$$

$$q_{29} = q_{25} + q_{27} + q_{28}.$$

Витрата стічної води, яка надходить на решітки з приймальної камери, без урахування повернення оборотної води (q_{29}) до початку очисних споруд за вихідними даними становить $q_2 = q_1 = 50000 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Добова витрата відходів, які знімаються з решіток:

$$q_3 = \frac{a \cdot N_{\text{ум}}}{365 \cdot 1000}, \quad (\text{Б.2})$$

де a – кількість відходів, що приходить на одну людину в рік; приймається $a = 8$ л [6, п.10.2.1.5];

$N_{\text{ум}}$ – умовна кількість населення:

$$N_{\text{ум}} = q_1 / n, \quad (\text{Б.3})$$

де n – норма водовідведення, л/(доб·чол); приймається за [6, п.7.1.1]

$$n = 250 \text{ л}/(\text{доб} \cdot \text{чол}) = 0,25 \text{ м}^3/(\text{доб} \cdot \text{чол}).$$

$$N_{\text{ум}} = 50000 / 0,25 = 200000 \text{ чол.};$$

$$q_3 = \frac{8 \cdot 200000}{365 \cdot 1000} = 4,38 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата стічної води, яка надходить на піскоуловлювачі:

$$q_4 = 50000 - 4,38 = 49995,62 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

За даними лабораторії очисної станції витрата реагенту для хімічного видалення залишкового фосфору з стічних вод становить $2,16 \text{ м}^3/\text{доб}$, тобто в кожній точці вводу реагенту витрата становить $q_5 = q_{11} = 1,08 \text{ м}^3/\text{доб}$; витрата стічних вод, забруднених спливаючими речовинами, які надходять до жирозбірника, становить $q_6 = 10,0 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Витрата піскової пульпи визначається за формулою:

$$q_7 = W + Q_{\text{пр}} \cdot 3600, \quad (\text{Б.4})$$

де W – об'єм видаленого піску, $\text{м}^3/\text{доб}$;

$Q_{\text{пр}}$ – витрата промивної води для аерованих піскоуловлювачів, $\text{м}^3/\text{с}$:

$$Q_{\text{пр}} = v \cdot l \cdot b, \quad (\text{Б.5})$$

де v – висхідна швидкість промивної води в лотку; приймається

$v = 0,0065 \text{ м/с}$ [6, п.10.2.2.3];

l – довжина піскового лотка, яка дорівнює різниці довжини піскоуловлювача і діаметра бункера ($d \approx B$), м; за розрахунками п.3 $l = 30,0 - 6,0 = 24,0 \text{ м}$;

b – ширина піскового лотка; приймається $b = 0,5 \text{ м}$ [19].

$$Q_{\text{пр}} = 0,0065 \cdot 24,0 \cdot 0,5 = 0,08 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Об'єм видаленого піску визначається за формулою:

$$W = p \cdot N_{\text{ум}} \cdot T / 1000, \quad (\text{Б.6})$$

де p – об'єм затриманого піску вологістю 40% і густиною $2,2 \text{ т/м}^3$ на одного жителя за добу; приймається $p = 0,03 \text{ л/доб}$ [6, табл.20];

T – період між чистками піскоуловлювачів; приймається $T = 1 \text{ доба}$ для запобігання загниванню осаду [6, п.10.2.2.3].

$$W = 0,03 \cdot 200000 \cdot 1 / 1000 = 6,00 \text{ м}^3;$$

$$q_7 = 6,0 + 0,08 \cdot 3600 = 286,80 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата піску, який виходить з споруд зневоднення:

$$q_9 = q_7 \cdot (100 - W_{\text{піс}}) / (100 - W_{\text{зн}}), \quad (\text{Б.7})$$

де $W_{\text{піс}}$ – вологість піску, який виходить з аерованого піскоуловлювача, %; приймається $W_{\text{піс}} = 40\%$ [6, п.10.2.2.1];

$W_{\text{зн}}$ – вологість зневодненого піску, %; $W_{\text{зн}} = 10\%$ [6, табл.20].

$$q_9 = 286,80 \cdot (100 - 40) / (100 - 10) = 191,20 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата піскової води після споруд зневоднення:

$$q_8 = 286,80 - 191,20 = 95,60 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата частково освітленої стічної води, яка надходить від піскоуловлювачів до перебудованої розподільної камери первинних відстійників, становить:

$$q_{10} = 49995,62 + 1,08 - 10,00 - 286,80 = 49699,90 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Для оптимізації технологічного процесу потік стічних вод в камері первинних відстійників розподіляється на два потоки, один з яких у кількості $q_{13} = 10000 \text{ м}^3/\text{доб}$ надходить в камеру перемикання аеротенків без анаеробного змішування. Витрата другого потоку (q_{12}), який подається до резервуару перемішування, становить:

$$q_{12} = 49699,90 + 1,08 - 10000 = 39700,98 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

До резервуару анаеробного перемішування також насосами подається циркуляційний зворотний активний мул в кількості $q_{22} = 36000 \text{ м}^3/\text{доб}$ (п.3.3) від вторинних відстійників. Таким чином, витрата стічної води після анаеробного перемішування становить:

$$q_{14} = 39700,98 + 36000 = 75700,98 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата стічних вод, які проходять біологічну очистку в аеротенках, з урахуванням використання циркуляційного активного мулу, становить:

$$q_{15} = 75700,98 + 10000,00 = 85700,98 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата мулової суміші, яка надходить на вторинні відстійники:

$$q_{16} = q_{15} = 85700,98 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата осаду активного мулу з вторинних відстійників розрахована в розділі 3.3 даної пояснювальної записки:

$$q_{21} = q_{ц} + q_{н}, \quad (\text{Б.8})$$

де $q_{ц}$ – витрата циркуляційного активного мулу, $\text{м}^3/\text{доб.}$;

$q_{н}$ – витрата надлишкового активного мулу, $\text{м}^3/\text{доб.}$

$$q_{21} = 37179,37 + 15577,58 = 52756,95 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата очищеної води, яка надходить на знезараження:

$$q_{17} = 85700,98 - 52756,95 = 32944,03 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Максимальна витрата хлорної води визначається за формулою:

$$q_{18} = V_{\text{хл}} \cdot q_0, \quad (\text{Б.9})$$

де q_0 – норма витрати води на 1 кг хлору; приймається $q_0 = 0,7 \text{ м}^3/\text{кг}$ [17].

Витрата активного хлору для знезараження стічних вод:

$$V_{\text{хл}} = a \cdot q_{17} / 1000, \quad (\text{Б.10})$$

де a – доза активного хлору, $\text{г}/\text{м}^3$; приймається $a = 3 \text{ г}/\text{м}^3$ [6, п.10.6.4].

$$V_{\text{хл}} = 3 \cdot 32944,03 / 1000 = 98,83 \text{ кг}/\text{доб};$$

$$q_{18} = 98,83 \cdot 0,7 = 69,18 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Частина очищеної та знезараженої води насосами повертається до очисної станції в якості виробничо-технічної води, витрата якої $q_{19} = 20,00 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Таким чином, до скиду у водойму надходить очищена та знезаражена стічна вода у кількості:

$$q_{20} = 32944,03 + 69,18 - 20,00 = 32993,21 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата надлишкового активного мулу, що подається насосами зі збірного резервуару осадженого мулу на ущільнення:

$$q_{23} = 52756,95 - 36000 = 16756,95 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата ущільненого надлишкового активного мулу:

$$q_{24} = q_{23} \cdot \frac{100 - W_{\text{від}}}{100 - W_{\text{ущ}}}, \quad (\text{Б.11})$$

де $W_{\text{від}}$ – вологість осаду, який надходить з вторинних відстійників в мулоущільнювач, %; $W_{\text{від}} = 99,3\%$ [17];

$W_{\text{ущ}}$ – вологість осаду на виході з мулоущільнювача, %; $W_{\text{ущ}} = 96\%$ [17].

$$q_{24} = 16756,95 \cdot \frac{100 - 99,3}{100 - 96} = 2932,47 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата оборотної надмулової води становить:

$$q_{25} = 16756,95 - 2932,47 = 13824,48 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

Витрата осаду, який виходить з вакуум-фільтра:

$$q_{26} = q_{24} \cdot \frac{100 - W_{\text{ущ}}}{100 - W_{\text{зн}}}, \quad (\text{Б.12})$$

де $W_{\text{зн}}$ – вологість зневодненого осаду, %; приймається $W_{\text{в.ф.}} = 80\%$ [17].

$$q_{26} = 2932,47 \cdot \frac{100 - 96}{100 - 80} = 586,49 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Витрата фільтрату з вакуум-фільтра:

$$q_{27} = 2932,47 - 586,49 = 2345,98 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Місцеві господарсько-побутові стічні води очисної станції у кількості $q_{28} = 15,72 \text{ м}^3/\text{доб}$ самопливом надходять до приймального резервуара надмулової води і разом з муловою водою від ущільнення осаду та фільтратом після зневоднення осаду насосами подаються до початку очисних споруд (до приймальної камери) для подальшої очистки, тобто витрата суміші оборотної мулової води та власних стоків очисної станції становить:

$$q_{29} = 13824,48 + 2345,98 + 15,72 = 16186,18 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Результати розрахунку та перевірка балансової схеми представлена в табл.Б.2.

Таблиця Б.2 - Розрахунок матеріальних потоків технологічної схеми

| № | Код потоку | | | Витрата, м ³ /доб | | |
|---|--|-------------------|---|--|-------------------|---|
| | Зовнішні витрати, що входять в систему | Внутрішні витрати | Зовнішні витрати, що виходять з системи | Зовнішні витрати, що входять в систему | Внутрішні витрати | Зовнішні витрати, що виходять з системи |
| | | | | | | |

| | | | | | | |
|-------|-----------------|-----------------|-----------------|----------|----------|----------|
| 1 | q ₁ | | | 50000,00 | | |
| 2 | | q ₂ | | | 50000,00 | |
| 3 | | | q ₃ | | | 4,38 |
| 4 | | q ₄ | | | 49995,62 | |
| 5 | q ₅ | | | 1,08 | | |
| 6 | | | q ₆ | | | 10,00 |
| 7 | | q ₇ | | | 286,80 | |
| 8 | | | q ₈ | | | 95,60 |
| 9 | | | q ₉ | | | 191,20 |
| 10 | | q ₁₀ | | | 49699,90 | |
| 11 | q ₁₁ | | | 1,08 | | |
| 12 | | q ₁₂ | | | 39700,98 | |
| 13 | | q ₁₃ | | | 10000,00 | |
| 14 | | q ₁₄ | | | 75700,98 | |
| 15 | | q ₁₅ | | | 85700,98 | |
| 16 | | q ₁₆ | | | 85700,98 | |
| 17 | | q ₁₇ | | | 32944,03 | |
| 18 | q ₁₈ | | | 69,18 | | |
| 19 | | | q ₁₉ | | | 20,00 |
| 20 | | | q ₂₀ | | | 32993,21 |
| 21 | | q ₂₁ | | | 52756,95 | |
| 22 | q ₂₂ | | q ₂₂ | 36000,00 | | 36000,00 |
| 23 | | q ₂₃ | | | 16756,95 | |
| 24 | | q ₂₄ | | | 2932,47 | |
| 25 | | q ₂₅ | | | 13824,48 | |
| 26 | | | q ₂₆ | | | 586,49 |
| 27 | | q ₂₇ | | | 2345,98 | |
| 28 | q ₂₈ | | | 15,72 | | |
| 29 | | | q ₂₉ | | | 16186,18 |
| Разом | | | | 86087,06 | | 86087,06 |

ДОДАТОК В

Розрахунок системи аерації для реконструкції аеротенків

Питома витрата повітря в аеротенку ($\text{м}^3/\text{м}^3$) визначається за формулою:

$$D = \frac{z \cdot (L_{\text{заг}} - L_{\text{т}})}{K_1 \cdot K_2 \cdot n_1 \cdot n_2 \cdot (C_p - C)}, \quad (\text{В.1})$$

де z – питома витрата кисню на 1 мг знятої БСК_{повн}, мг/мг; $z = 1,1$ [6, п.В.2.7];

K_1 – коефіцієнт, який враховує тип аератора, залежить від відношення площі зони аерації до площі аеротенка;

K_2 – коефіцієнт, який залежить від глибини занурення аератора;

n_1 – коефіцієнт, який враховує температуру стічних вод;

n_2 – коефіцієнт відношення швидкості переносу кисню в муловій суміші до швидкості переносу його в чистій воді; $n_2 = 0,77$ [6, дод.В, п.В.2.7];

C_p – розчинність кисню в воді, мг/л.

Коефіцієнт, який враховує температуру стічних вод:

$$n_1 = 1 + 0,02 \cdot (t_{\text{сер}} - 20), \quad (\text{В.2})$$

де $t_{\text{сер}}$ – середня температура стічної води за літній період, °С; $t_{\text{сер}} = 22$ °С.

$$n_1 = 1 + 0,02 \cdot (22 - 20) = 1,04.$$

Розчинність кисню в воді визначається за формулою:

$$C_p = C_{\text{т}} \cdot (1 + h_a / 20,6), \quad (\text{В.3})$$

де $C_{\text{т}}$ – розчинність кисню залежно від температури та тиску; $C_{\text{т}} = 8,67$ мг/л;

h_a – глибина занурення аератора, м; приймається $h_a = 4,1$ м.

$$C_p = 8,67 \cdot (1 + 4,1/20,6) = 10,52 \text{ мг/л.}$$

Площа зони аерації одного аеротенка визначається за формулою:

$$f = N_{\text{аер}} \cdot B \cdot L_{\text{аер}}, \quad (\text{B.4})$$

де $N_{\text{аер}}$ – кількість умовних частин активної аерації; $N_{\text{аер}} = 5$ од.;

$L_{\text{аер}}$ – довжина однієї умовної частини аерації, м; прийнято $L_{\text{аер}} = 36$ м.

$$f = 5 \cdot 6,0 \cdot 36,0 = 1080,0 \text{ м}^2.$$

Площа одного чотирикоридорного аеротенка становить:

$$F = n \cdot B \cdot L; \quad (\text{B.5})$$

$$F = 4 \cdot 6,0 \cdot 72,0 = 1728,0 \text{ м}^2.$$

Відношення $f/F = 1080,0/1728,0 = 0,6$; тоді інтерполяцією $K_1 = 2,07$;

$K_2 = 2,68$ [6, дод.В, п.В.2.7].

Таким чином, питома витрата повітря в аеротенку становить:

$$D = \frac{1,1 \cdot (228,42 - 15,0)}{2,07 \cdot 2,68 \cdot 1,04 \cdot 0,77 \cdot (10,52 - 2)} = 6,2 \text{ м}^3/\text{м}^3.$$

Інтенсивність аерації визначається за формулою:

$$I = D \cdot H/T; \quad (\text{B.6})$$

$$I = 6,2 \cdot 4,4/3,1 = 8,69 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год}).$$

Визначена інтенсивність аерації I не перевищує максимальну $I_{\text{макс}} = 60 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ для прийнятого значення K_1 і не нижче мінімальної $I_{\text{мін}} = 3,2 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ для прийнятого значення K_2 [6, дод.В,п.В.2.7].

Витрата повітря, що подається в аеротенк, визначається за формулою:

$$V = D \cdot Q; \quad (\text{B.7})$$

$$V = 6,2 \cdot 4820,68 = 29965,4 \text{ м}^3/\text{год}.$$

Потрібний загальний напір повітродувок визначається за формулою:

$$H_{\text{заг}} = h_{\text{дов}} + h_{\text{м}} + h_{\text{аер}} + H, \quad (\text{B.8})$$

де $h_{\text{дов}}$ – втрати напору за довжиною повітропроводів від повітродувки до найбільш відділеної точки, м;

$h_{\text{м}}$ – втрати напору на місцеві опори в повітропроводах, м;

$h_{\text{аер}}$ – втрати напору в трубчастих аераторах, м; $h_{\text{аер}} = 0,15 \text{ м}$ [20];

H – глибина аеротенку, м; прийнята $H = 4,4 \text{ м}$.

Повітропроводи розраховуються виходячи з найбільш економічно вигідної швидкості руху повітря: в розподільному та загальному повітропроводі $v = 10 \dots 20 \text{ м/с}$, в стояках $v = 4 \dots 10 \text{ м/с}$ [20]. Для розрахунку використані таблиці втрат напору в вентиляційних трубопроводах для температури повітря 20°C і тиску $0,1 \text{ МПа}$.

На зміну температури введена поправка, яка визначається з виразу:

$$\alpha_t = (\rho_t / \rho_{20})^{0,852}, \quad (\text{B.9})$$

де ρ_t – щільність повітря для розрахункової температури та тиску, кг/м^3 ;

ρ_{20} – щільність повітря для температури 20°C та тиску $0,1 \text{ МПа}$, кг/м^3 .

Для розрахункової температури $T = 30^\circ \text{C}$ по [20] $\alpha_t = 0,98$. На зміну тиску p також введена поправка, яка для $p = 0,15 \text{ МПа}$ дорівнює $\alpha_p = 1,41$.

З урахуванням поправок втрати напору по довжині повітропроводу визначаються за формулою, мм:

$$h_{\text{дов}} = i \cdot l_{\text{тр}} \cdot \alpha_t \cdot \alpha_p, \quad (\text{B.10})$$

де i – втрати напору на одиницю довжини повітропроводу для температури повітря 20°C та тиску $0,1 \text{ МПа}$, мм, визначається за табл.[20];

$l_{\text{тр}}$ – довжина ділянки повітропроводу, м.

Втрати напору на місцеві опори визначаються за формулою, мм:

$$h_{\text{м}} = \xi \cdot v^2 \cdot \rho \cdot \alpha_t \cdot \alpha_p / 2g, \quad (\text{B.11})$$

де ξ – коефіцієнт, що залежить від виду місцевого опору;

v – швидкість руху повітря, м/с;

ρ – щільність повітря для розрахункової температури, кг/м^3 :

$$\rho = \frac{1,293 \cdot p \cdot 273}{0,1 \cdot (273 + T)}; \quad (\text{B.12})$$

$$\rho = \frac{1,293 \cdot 0,15 \cdot 273}{0,1 \cdot (273 + 30)} = 1,75 \text{ кг/м}^3.$$

Розрахунок повітропроводів виконаний за схемою системи аерації, що наведена в графічній частині роботи (лист 7). Результат розрахунку представлений в табл.В.1.

Таблиця В.1 – Розрахунок повітропроводів системи аерації

| Номер ділянки | Довжина ділянки $l_{гр}, м$ | Витрата повітря $Q,$ $м^3/с$ | Діаметр труби $d,$ $мм$ | Швидкість $v, м/с$ | Питома втрата напору $i, мм/м$ | $i \cdot l_{гр}, мм$ | Втрати по довжині $h_{дов}, мм$ | Вид місцевого опору | Коефіцієнт місцевого опору | Втрати напору на місцеві опори $h_{м},$ $мм$ |
|---------------|--------------------------------|---------------------------------|----------------------------|--------------------|-----------------------------------|----------------------|------------------------------------|------------------------|-------------------------------|--|
| 0 - 1 | 67,35 | 8,32 | 1000 | 12,0 | 0,10 | 6,74 | 9,31 | перехід | 0,08 | 1,42 |
| 1 - 2 | 33,20 | 4,16 | 500 | 16,0 | 0,37 | 12,28 | 16,97 | трійник, коліно | 1,80 | 56,79 |
| 2 - 3 | 7,30 | 4,16 | 500 | 16,0 | 0,37 | 2,70 | 3,73 | два коліна | 0,60 | 18,93 |
| 3 - 4 | 3,85 | 4,16 | 500 | 16,0 | 0,37 | 1,42 | 1,97 | затвор, витратомір | 0,20 | 6,31 |
| 4 - 5 | 14,85 | 4,16 | 500 | 16,0 | 0,37 | 5,49 | 7,59 | трійник | 0,10 | 3,16 |
| 5 - 6 | 1,80 | 2,08 | 500 | 11,0 | 0,25 | 0,45 | 0,62 | перехід | 0,08 | 1,19 |
| 6 - 7 | 23,95 | 1,56 | 300 | 15,0 | 0,80 | 19,16 | 26,48 | трійник | 1,50 | 41,60 |
| 7 - 8 | 4,65 | 0,52 | 250 | 10,0 | 0,55 | 2,56 | 3,53 | коліно | 0,30 | 3,70 |
| 8 - 9 | 2,60 | 0,52 | 250 | 10,0 | 0,55 | 1,43 | 1,98 | два коліна, затвор | 0,70 | 8,63 |
| 9 - 10 | 5,65 | 0,52 | 250 | 10,0 | 0,55 | 3,11 | 4,29 | трійник | 3,00 | 36,97 |
| Разом | 165,2 | | | | | | 76,47 | | | 178,7 |

Таким чином, потрібний загальний напір повітродувки становить:

$$H_{заг} = 0,076 + 0,179 + 0,15 + 4,40 = 4,81 \text{ м.}$$

Повний тиск повітря визначається за формулою:

$$p_n = 0,1 + 0,01 \cdot H_{заг} ; \quad (B.13)$$

$$p_n = 0,1 + 0,01 \cdot 4,81 = 0,148 \text{ МПа.}$$

За розрахованими параметрами прийняті 2 робочі та одна резервна повітродувки типу Рутс KUBICEK VHS [23] продуктивністю 16000 м³/год.

ДОДАТОК Г

Фактори виробничого середовища та трудового процесу

Таблиця Г.1 – Оцінка факторів виробничого процесу оператора мулонасосної

| № | Фактори виробничого середовища та трудового процесу | Нормативне значення | Фактичне значення | III клас: шкідливі та небезпечні умови, характер праці | | | Тривалість дії фактору за зміну, % |
|----|---|---------------------|-------------------|--|------------|-------------|------------------------------------|
| | | | | I ступінь | II ступінь | III ступінь | |
| 1 | Шкідливі хімічні речовини, мг/м ³ | - | - | - | - | - | - |
| 2 | Пил фіброгенної дії, мг/м ³ | - | - | - | - | - | - |
| 3 | Вібрація, дБ | 92 | 96,5 | - | 4,5 | - | 75 |
| 4 | Шум, дБ | 65 | 80 | - | - | 15дБА | 75 |
| 5 | Інфразвук, дБ | - | - | - | - | - | - |
| 6 | Ультразвук, дБ | - | - | - | - | - | - |
| 7 | Випромінювання, кВ/м | - | - | - | - | - | - |
| 8 | Температура повітря, °С | 20-23 | 26 | 3 | - | - | 90 |
| 9 | Швидкість руху повітря, м/с | 0,2 | 0,15 | - | - | - | - |
| 10 | Відносна вологість повітря, % | 40-60 | 55 | - | - | - | - |
| 11 | Інфрачервоне випромінювання, Вт/м ² | - | - | - | - | - | - |
| 12 | Температура зовнішнього повітря влітку, °С | 25 | 32 | До 32 | - | - | 25 |
| 13 | Температура зовнішнього повітря взимку, °С | -5 | -10 | До -14 | - | - | 25 |
| 14 | Важкість та напруженість праці (категорія) | Легка | | | | | |

ДОДАТОК Д
Розрахунок капітальних, поточних витрат та тарифу
при реконструкції очисних споруд

Таблиця Д.1 - Капітальні вкладення в реконструкцію очисних споруд

| № з/п | Показник | Сума, тис.грн. | |
|-------|--|----------------|----------|
| | | Споруди | Облад. |
| 1 | Занурювальні мішалки в резервуар перемішування | 226,32 | 984,00 |
| 2 | Система аерації в піскоуловлювачі | 168,80 | 511,53 |
| 3 | Занурювальні мішалки в аеротенки | 1018,44 | 4428,00 |
| 4 | Система аерації в аеротенки | 607,70 | 1841,50 |
| 5 | Комунікації | 2454,73 | 933,60 |
| 6 | Монтаж нового обладнання | | 2329,51 |
| 7 | Монтаж комунікацій | | 368,21 |
| 8 | Накладні витрати спеціалізованим організаціям | | 1941,26 |
| | Разом | 4475,99 | 13337,61 |
| | Всього капітальних затрат | 17813,60 | |

Вартість матеріалів, які витрачаються за рік:

$$C_m = Q \cdot m_{\text{пит}} \cdot Ц, \quad (\text{Д.1})$$

де Q – річна виробнича потужність, $\text{м}^3/\text{рік}$;

$m_{\text{пит}}$ – питома норма витрати матеріалу, $\text{т}/\text{м}^3$;

$Ц$ – вартість 1 т матеріалу, грн./т.

Річна виробнича потужність визначається за формулою:

$$Q = N \cdot T, \quad (\text{Д.2})$$

де N – основна продуктивність очисної станції, $\text{м}^3/\text{доб}$; за матбалансом в графічній частині (лист 3), $N = 50000 \text{ м}^3/\text{доб} = 2083 \text{ м}^3/\text{год}$;

T – річний фонд фактичного часу роботи станції, діб; $T = 365$ діб.

$$Q = 50000 \cdot 365 = 18250000 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Витрата реагентів визначається за формулою, т/рік:

$$R = r \cdot Q, \quad (\text{Д.3})$$

де r – витрата реагенту на очистку 1 м^3 стічної води, т.

$$R = 0,00022 \cdot 18250000 = 4,02 \text{ т/рік};$$

$$C_m = 18250000 \cdot 0,00022 \cdot 36000 = 144540 \text{ грн./рік}.$$

Для мулової насосної станції річні витрати електроенергії визначаються:

$$E_p = Q_{\text{сер.доб.}} \cdot n \cdot \rho, \quad (\text{Д.4})$$

де $Q_{\text{сер.доб.}}$ – добова витрата стічної води на відповідних ділянках, яка визначається за матеріальним балансом, $\text{м}^3/\text{доб}$;

n – кількість днів роботи насосів за рік, діб;

ρ – питома витрата електроенергії, $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^3$.

Питома витрата електроенергії визначається за формулою:

$$\rho = 0,00273 \cdot H / \eta_1, \quad (\text{Д.5})$$

де $0,00273$ – коефіцієнт питомої витрати електроенергії на подачу 1 м^3 стоків;

H – висота підйому стічної води, м;

η_1 – коефіцієнт корисної дії; встановлений за характеристикою насосів.

Витрати на електроенергію за рік визначаються за формулою:

$$C_e = E_{\text{р.зар}} \cdot C_e, \quad (\text{Д.6})$$

де $E_{p.заг}$ – річна витрата електроенергії, кВт·год;

C_e – вартість 1 кВт·год, грн.; приймається $C_e = 6,936$ грн/кВт·год.

Таблиця Д.2 – Розрахунок витрат на електроенергію

| Призначення насосів для перекачування. | Число робочих насосів | Режим роботи насосів | Число днів роботи | Питома витрата, кВт·год/м ³ | Витрата води, м ³ /доб | Річна витрата енергії, кВт·год за рік | Вартість електроенергії, грн/кВт·год | Річна вартість електроенергії, грн/рік |
|---|-----------------------|----------------------|-------------------|---|-----------------------------------|--|--|---|
| Зворотній мул | 2 | Період. | 350 | 0,049 | 36000 | 621188 | 6,936 | 4308563 |
| Надлишковий мул | 1 | | 270 | 0,046 | 16757 | 206571 | 6,936 | 1432776 |
| Мулова вода | 2 | | 357 | 0,092 | 16186 | 532589 | 6,936 | 3694037 |
| Осад на зневодн. | 1 | | 297 | 0,177 | 2932,5 | 154561 | 6,936 | 1072034 |
| Разом | | | | | | | 1514909 | 6,936 |
| Додаткові витрати | | | | | | 454473 | 6,936 | 3152223 |
| Всього C_e | | | | | | 1969382 | 6,936 | 13659634 |

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$C_{\text{утр}} = C_a + C_{\text{екс об}} + C_{\text{рем}} \quad (\text{Д.7})$$

де C_a – амортизаційні відрахування, % від вартості основних фондів, грн./рік;

$C_{\text{екс об}}$ – витрати на утримання та експлуатацію виробничого обладнання, що приймаються в розмірі 10...30% від амортизаційних відрахувань;

$C_{\text{рем}}$ – витрати на ремонт, що приймаються в розмірі 6...10% від суми амортизаційних відрахувань, грн./рік.

$$C_{\text{рем}} = 1774067 \cdot 0,1 = 177407 \text{ грн./рік};$$

$$C_{\text{екс об}} = 1774067 \cdot 0,3 = 532220 \text{ грн./рік};$$

$$C_{\text{утр}} = 1774067 + 177407 + 532220 = 2483694 \text{ грн./рік}.$$

Таблиця Д.3 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

| № з/п | Основні фонди | Первинна (балансова) вартість основних фондів, грн. | Амортизаційні відрахування | |
|-------|---------------|---|----------------------------|------------|
| | | | Норма, % | Сума, грн. |
| 1 | Споруди | 2021260 | 5 | 101063 |
| 2 | Обладнання | 8698630 | 15 | 1304795 |
| 3 | Комунікації | 2454730 | 15 | 368210 |
| | Разом C_a | 13174620 | | 1774067 |

$$C_{\text{заг}} = 0,3 \cdot C_{\text{утр}} ; \quad (\text{Д.8})$$

$$C_{\text{заг}} = 0,3 \cdot 2483694 = 745108 \text{ грн./рік.}$$

$$C_{\text{ін}} = 0,01 \cdot C_{\text{утр}} ; \quad (\text{Д.9})$$

$$C_{\text{ін}} = 0,01 \cdot 2483694 = 24837 \text{ грн./рік.}$$

Вартість зворотної продукції визначається за формулою:

$$C_{\text{зв}} = Q_{\text{зв}} \cdot \Pi_{\text{зв}} , \quad (\text{Д.10})$$

де $Q_{\text{зв}}$ – кількість очищеної води, що повертається у виробництво, $\text{м}^3/\text{рік}$;

за матеріальним балансом $Q_{\text{зв}} = 20 \text{ м}^3/\text{доб} = 7300 \text{ м}^3/\text{рік}$;

$\Pi_{\text{зв}}$ – ціна зворотної продукції, грн./м^3 ; $\Pi_{\text{зв}} = 4,15 \text{ грн./м}^3$.

$$C_{\text{зв}} = 7300 \cdot 4,15 = 30295 \text{ грн./рік.}$$

Для визначення собівартості очистки 1 м^3 води всі виконані розрахунки за статтями калькуляції зведені в табл.Д.4.

Таблиця Д.4 – Калькуляція збільшення собівартості після реконструкції

| № з/п | Статті витрат | Сума витрат, грн. | |
|-------|--|------------------------------|--------------------------------|
| | | на річний обсяг стічної води | на одиницю (1 м ³) |
| 1 | Матеріали | 144540 | 0,008 |
| 2 | Електроенергія | 13659634 | 0,748 |
| 3 | Утримання та експлуатація обладнання | 2483694 | 0,136 |
| 4 | Загальновиробничі витрати | 745108 | 0,041 |
| 5 | Інші виробничі витрати | 24837 | 0,001 |
| 6 | Всього витрат на експлуатацію без урахування надходжень від зворотніх витрат | 17057813 | 0,935 |
| 7 | Зворотні витрати | 30295 | |
| 8 | Річні експлуатаційні витрати | 17027518 | 0,933 |

Збільшення собівартості очистки стоків після реконструкції очисних споруд визначається за формулою:

$$C_{1\text{м}^3} = V/P, \quad (\text{Д.11})$$

де P – річний обсяг очистки, м³/рік; за формулою 4.3 $P = 18250000$ м³/рік.

$$C_{1\text{м}^3} = 17027518/1825000 = 0,933 \text{ грн./м}^3.$$

Таблиця Е.3 - Розрахунок загальної економічної оцінки збитку від скиду

| Найменування забруднень | $C_{i\text{ф}_2}$ г/м ³ | $Q_{\text{ск}_2}$ м ³ /рік | m_i т/рік | A_i умов.т | M_i умов.т/рік | $Y_{\text{вод}_2}$ грн./рік |
|-------------------------|---------------------------------------|--|----------------|-----------------|---------------------|--------------------------------|
| Азот амонійний | 16,80 | 12042522 | 202,34 | 0,50 | 101,17 | 464608 |
| БСК ₅ | 42,88 | 12042522 | 516,33 | 0,07 | 35,24 | 161856 |
| Залізо | 0,36 | 12042522 | 4,32 | 3,85 | 16,63 | 76365 |
| Зважені речовини | 70,05 | 12042522 | 843,64 | 1,33 | 1124,85 | 5165733 |
| Мідь | 0,03 | 12042522 | 0,33 | 33,33 | 11,02 | 50612 |
| Нафтопродукти | 0,28 | 12042522 | 3,32 | 10,00 | 33,16 | 152292 |
| Нітрати | 42,00 | 12042522 | 505,79 | 0,02 | 12,04 | 55304 |
| Нітрити | 0,75 | 12042522 | 9,03 | 0,30 | 2,74 | 12569 |
| СПАР | 0,23 | 12042522 | 2,82 | 5,00 | 14,11 | 64777 |
| Сульфати | 103,32 | 12042522 | 1244,23 | 0,01 | 10,44 | 47936 |
| Фосфати | 10,34 | 12042522 | 124,47 | 0,28 | 34,58 | 158784 |
| Хлориди | 107,36 | 12042522 | 1292,89 | 0,01 | 11,62 | 53346 |
| ХСК | 114,19 | 12042522 | 1375,18 | 0,03 | 45,84 | 210512 |
| Разом $Y_{\text{вод}}$ | | | | | | 6674695 |

Таблиця Е.4 - Основні техніко-економічні показники очисної станції

| Основні показники | Од.виміру | Значення |
|--|---------------------|-----------|
| Річна виробнича потужність | тис.м ³ | 18250,000 |
| Капітальні вкладення на реконструкцію | тис. грн. | 17813,596 |
| Річні експлуатаційні витрати | тис. грн./рік | 17027,518 |
| Збільшення собівартості очистки 1м ³ стічної води після реконструкції | грн./м ³ | 0,933 |
| Ефективність природоохоронних заходів | грн./рік/грн. | 0,648 |
| Термін окупності природоохоронних заходів | років | 1,54 |

**Декларація
академічної доброчесності
здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ**

Я, Васюта О. Ю., магістрант(ка) 2 курсу, дочної форми
здобуття освіти, спеціальності 192 Будівництво та
цивільна інженерія
освітньої програми Водопостачання та водовідведення,
адреса електронної пошти vadensle@gmail.com,

- підтверджую, що виконана мною кваліфікаційна робота на тему:

Реконструкція системи водовідведення міста

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений(на);

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

- згоден(на) на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою інтернет-системи, а також на архівування моєї роботи в базі даних цієї системи.

Васюта
підпис

Васюта
підпис

Васюта О. Ю.

П.І.П. здобувача

Фарбовольська О.Т.

П.І.П. керівника

ВІДГУК
керівника кваліфікаційної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти, виконаної на тему
«РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ МІСТА»
здобувачкою групи 8.1922-ВВ-3

Васютою Оленою Юхимівною

Представлена кваліфікаційна робота магістра присвячена вдосконаленню системи водовідведення шляхом реконструкції очисної станції та її основних елементів, а саме основних споруд біологічного очищення – аеротенків. Відновлення та розширення наявних будівельних об'єктів вимагають великого обсягу інженерної підготовки територій, зокрема, відновлення систем водовідведення. Це можливо лише при системному підході до проблеми комплексного використання води з урахуванням інтересів всіх її споживачів та за умови підвищення інтенсивності чинних систем та будівництва нових очисних споруд. Розумне поєднання принципів реконструкції споруд, розробка нових методів глибокого очищення стічних вод, використання нових матеріалів і реагентів, а також правильна економічна оцінка всього комплексу робіт дозволять розв'язувати проблему реконструкції інженерних систем і споруд водовідведення та скидання неочищених стічних вод у водойми України, що відповідає першочерговим інженерним завданням сьогодення.

Кваліфікаційна робота повною мірою відповідає поставленим завданням.

Авторка представила ефективне застосування методики розрахунку очисних споруд, зокрема аеротенків.

Здобувачка проявила здатність виконувати критичний аналіз літературних джерел за темою кваліфікаційної роботи, представляти результати розроблених рішень з реконструкції, брати участь у наукових конференціях, що свідчить про використання здобувачем набутих знань у сфері наукових досліджень та набутих навичок і вмінь для самостійного виконання наукової роботи на всіх її етапах.

Інформація, представлена у ключових розділах, систематично викладена з врахуванням належної аргументації. Усі структурні компоненти кваліфікаційної роботи логічно пов'язані, а висновки відповідають поставленим завданням.

У процесі виконання роботи Васюта О.Ю. виявила здатність до самостійного розв'язання поставлених завдань.

Якість підготовки здобувача вищої освіти Васюти О.Ю. відповідає вимогам освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення» другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 Архітектура та будівництво, що дає можливість присвоєння їй кваліфікації магістра з будівництва та цивільної інженерії.


Елементи плагіату (компіляції) у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кваліфікаційна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її авторці, **Васюті Олені Юхимівні** може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS 95

(відмінно)

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат технічних наук, доцент  О.Г. Добровольська

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему «Реконструкція системи водовідведення міста»
здобувачем групи 8.1922-вв-з
Васютою Оленою Юхимівною

Актуальність дослідження. Актуальність розроблених заходів стосовно реконструкції системи водовідведення є очевидною в контексті відбудови критичної інфраструктури в умовах сучасних викликів. Переосмислення та розширення чинних будівельних об'єктів вимагають великого обсягу інженерних робіт на територіях, перш за все, з відновлення систем водопостачання та водовідведення. Це можливо лише в разі системного підходу до розв'язання питань комплексного використання води з урахуванням інтересів усіх її споживачів, а також за умови підвищення ефективності чинних та будівництва нових систем водопостачання та водовідведення. Розумне поєднання принципів реконструкції споруд, розробка нових методів глибокого очищення стічних вод та впровадження нових матеріалів і реагентів, а також правильна економічна оцінка комплексу робіт в цілому дозволить розв'язувати актуальну проблему реконструкції інженерних систем та споруд водовідведення та викиду неочищених стічних вод у водойми України.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота відзначається високим рівнем виконання, з детальним вивченням обраної проблеми та урахуванням її різних аспектів. У роботі застосовані загальнонаукові методи дослідження, а також вона містить елементи наукової новизни. Висновки ретельно обґрунтовані та логічно послідовні, відображають основні результати даної кваліфікаційної роботи в належний спосіб.

Використання наукових методів дослідження. Під час виконання роботи були проаналізовані наукові статті фахівців, які були опубліковані у наукових журналах, збірках тез доповідей науково-практичних конференцій та інтернет-ресурсах наукових бібліотек.

Вміння студента чітко, грамотно та аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. Кваліфікаційна робота впорядкована, поставлені завдання розв'язані в повному обсязі, розділи взаємопов'язані, грамотно застосовані інформаційно-комп'ютерні технології. Представлений матеріал відрізняється ретельною деталізацією та відповідає науковому стилю, а його оформлення відповідає стандартам технічної грамотності.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Студентка магістратури Васюта Олена Юхимівна активно брала участь у проведенні досліджень та виконала теоретичні та аналітичні аналізи отриманих результатів у своїй кваліфікаційній роботі. Розроблені нею науково-практичні рішення мають відповідне обґрунтування, тема роботи повністю розкрита, а наведені аргументи відповідають ефективності використаних методик досліджень.

Якість виконання. Організація кваліфікаційної роботи є систематичною, де всі розділи логічно взаємопов'язані та підтверджені обґрунтованим

матеріалом. Кожен розділ чітко визначає свої завдання та сприяє досягненню загальної мети дослідження. Висновки мають послідовний та обґрунтований характер, а також належним чином відображають основні результати, отримані протягом виконання кваліфікаційної роботи.

Не виявлені (виявлені) в роботі елементів плагіату та компіляції. Елементи плагіату та компіляції у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Можливості впровадження результатів роботи. Результати даної роботи мають практичне значення, та запропоновані заходи можуть бути використані фахівцями комунальних підприємств під час проектування, експлуатації та реконструкції очисних споруд. Тези доповіді, що відображають основну тему роботи, були представлені на науково-технічних конференціях для студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів.

Недоліки роботи. Бажано було б детальніше розрахувати економічну ефективність розроблених заходів. Зауваження суттєво не впливає на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.

Оцінки кваліфікаційної роботи та можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації. Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Васюти Олени Юхимівни на тему: «Реконструкція системи водовідведення міста» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Водопостачання та водовідведення».

Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні та заслуговує оцінки «відмінно».

Кваліфікаційна робота виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору освіти Васюті Олені Юхимівні, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кількість балів за шкалою ECTS 95 (відмінно) A

Рецензент кваліфікаційної роботи
професор кафедри промислового
та цивільного будівництва, докт. техн. наук

В. А. Банах