

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

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

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА**


магістра

на тему: **«ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО  
ОЧИЩЕННЯ СТІЧНОЇ ВОДИ»**


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

**МАКСИМЧУК АНАСТАСІЯ ОЛЕКСАНДРІВНА**

*1 відступ (інтервал 1,0)*

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук  В.О. Савін

*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**

Максимчук Анастасії Олександрівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи) Оптимізація роботи споруд біологічного очищення стічної води

2. Строк подання роботи: \_\_\_\_\_ 05.12.2023 \_\_\_\_\_

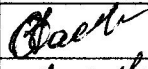
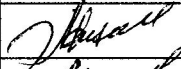
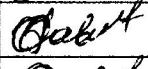
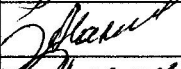
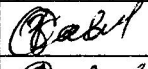
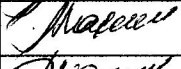
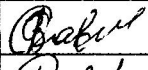
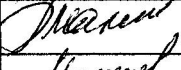
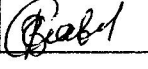
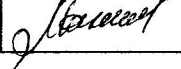
3. Вихідні дані до роботи: Система біологічного очищення продуктивністю 11000 0м<sup>3</sup>/добу), мета роботи, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): Розділ 1. Аналіз інноваційних технологічних розробок для очисних побутових стічних вод. Розділ 2. Оптимізація роботи споруд біологічного очищення стічної води. Розділ 3. Оптимізація роботи очисних споруд. Розділ 4. Охорона праці . Розділ 5. Техніко-економічне обґрунтування реконструкції очисних споруд. Висновки.

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

1. Генплан очисних споруд. 2. Балансова схема очисних споруд. 3. План розташування аераторів. 4. Удосконалення аераційної системи. 5. Вузол кріплення аератору АКВА-ЛАЙН-М. 6. Аератор AP-300M. Системи кріплення. 7. Вторинний радіальний відстійник 8. Аналіз технологічних параметрів аераційної системи до та після реконструкції.

6. Консультанти розділів роботи

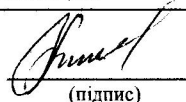
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Савін В.О., к.т.н., доцент		
2	Савін В.О., к.т.н., доцент		
3	Савін В.О., к.т.н., доцент		
4	Савін В.О., к.т.н., доцент		
5	Савін В.О., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Примітка
<b>№</b>	<b>Вид роботи</b>		
1	Розділ 1. Аналіз інноваційних технологічних розробок для очисних побутових стічних вод. Лист 1	10.10.23	
2	2. Оптимізація роботи споруд біологічного очищення стічної води. Листи 2,3.	15.10.23	
3	3. Оптимізація роботи очисних споруд. Листи 3,4.	8.11.23	
4	4. Охорона праці. Листи 5,6.	18.11.23	
5	5. Техніко-економічне обґрунтування реконструкції очисних споруд. Листи 7,8.	26.11.23	
6	Презентація.	11.12.23	

Студент



А. С. Максимчук

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи



В. О. Савін

(підпис)

(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер



(підпис)

(ініціали та прізвище)

І.В. Гребенюк

## РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Оптимізація роботи споруд біологічного очищення стічної води»: 76 с., 5 рис., 6 табл., 37 джерел, 1 додаток.

АЕРАЦІЙНА СИСТЕМА, АЕРАТОРИ, ОЧИСНІ СПОРУДИ,  
УДОСКОНАЛЕННЯ, ПЛАН РОЗТАШУВАННЯ

Об'єкт дослідження – технологічна схема очищення стічних вод продуктивністю 110 тис. м<sup>3</sup>/добу.

Предмет дослідження – аераційна система аеротенку очисних споруд населеного пункту.

Мета роботи – удосконалення роботи очисних споруд біологічного очищення продуктивністю 110 тис. м<sup>3</sup>/добу шляхом реконструкції системи аерації.

Методи дослідження – спостереження (фактична інтенсивність та характер аерації), порівняння (аналіз існуючої системи аерації та запропонованої), моделювання (модернізованої аераційної системи), аналіз і синтез (можливих результатів після реконструкції).

Розробка модернізації аераційної системи комбінованого типу: в зонах нітрифікації – трубчаті аератори, в зонах денітрифікації – мембранні аератори, модернізація системи надходження повітря в коридори аеротенка. Наразі в аеротенку №1 виконана подача повітря відразу на два коридори, що незручно при регулюванні подачі повітря на кожен коридор окремо. Під час заміни аераційної системи в аеротенку, будуть змонтовані додаткові опускні трубопроводи повітря в кожен коридор окремо.

## SUMMARY

Master's qualifying paper «Optimization of the operation of biological wastewater treatment facilities»: 78 pages, 5 figures, 6 tables, 35 references, 1 supplements.

AERATION SYSTEM, AERATORS, WASTEWATER TREATMENT, IMPROVEMENTS, LOCATION PLAN

The object of the study is a technological scheme of wastewater treatment with a capacity of 110,000 m<sup>3</sup>/day.

The subject of the research is the aeration system of the aeration tank of the treatment facilities of the settlement.

The purpose of the work is to improve the operation of biological purification treatment facilities with a capacity of 110,000 m<sup>3</sup>/day by reconstructing the aeration system.

Research methods are: an observation (actual intensity and nature of aeration), a comparison (analysis of the existing and proposed aeration system), to modeling (modernized aeration system), an analysis and synthesis (possible results after reconstruction).

Development modernization of the combined type aeration system: tubular aerators in the nitrification zones, membrane aerators in the denitrification zones, modernization of the air supply system in the corridors of the aeration tank. At present, air supply to air tank No. 1 is carried out to two corridors at once, which is inconvenient when adjusting the air supply to each corridor separately. During of the replacement of the aeration system in the air tank, additional downpipes of air will be mounted in each corridor separately.

## ЗМІСТ

### Завдання на кваліфікаційну роботу

Реферат.....	4
Summary.....	5
Вступ.....	8
<b>РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРОБОК ДЛЯ ОЧИСНИХ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХВОД.....</b>	<b>9</b>
1.1 Загальна характеристика стічних вод .....	10
1.2 Інтенсифікація роботи споруд механічного очищення .....	13
1.2.1 Модернізація роботи решіток .....	13
1.2.2 Інтенсифікація пісковловлювачів .....	17
1.2.3 Реконструкція і інтенсифікація відстійників .....	20
1.3 Вдосконалення роботи споруд біологічного очищення.....	24
1.3.1 Інтенсифікація роботи аеротенків.....	24
<b>РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНОЇ ВОДИ.....</b>	<b>29</b>
2.1 Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста .....	29
2.2 Характеристика та розрахунок споруд .....	31
2.2.1 Розрахунок решіток .....	31
2.2.2 Розрахунок піскожировловлювачів.....	33
2.2.3 Резервуари денітрифікації і дефосфатації .....	36
2.2.4 Розрахунок аеротенків.....	37
2.2.5 Повітродувна станція .....	40
2.2.6 Вторинні раріальні відстійники .....	43
2.2.7 Насосна станція зворотнього мулу .....	44
2.2.8 Мулоущільнювачі і насосна станція ущільненого мулу.....	45
<b>РОЗДІЛ 3.ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД.....</b>	<b>47</b>
3.1 Постановка проблеми .....	47

3.2. Оптимізація роботи аеротенку №1 очисних споруд населеного пункту.....	49
РОЗДІЛ 4. ОХОРОНА ПРАЦІ .....	55
4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів для блоку біологічного очищення .....	55
4.2 Загальні вимоги до біологічних очисних споруд .....	56
4.3 Вимоги до обслуговування споруд біологічного очищення .....	57
4.4 Засоби індивідуального захисту для роботи.....	59
4.5 Пожежна безпека .....	60
4.6 Вимоги при роботі з електроустаткуванням.....	63
РОЗДІЛ 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД .....	66
5.1 Вихідні положення.....	66
5.2 Економічна доцільність реконструкції.....	68
ВИСНОВКИ.....	71
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ ІНФОРМАЦІЇ .....	72

## ВСТУП

**Актуальність.** Безперервна робота водопровідно-каналізаційних господарств – головна умова забезпечення життєдіяльності населених пунктів. Особливо гостро це питання стоїть у сьогоденні умовах воєнного стану. Руйнування інфраструктур населених пунктів, виникнення умисних екологічних катастроф викликають неконтрольовані забруднення поверхневих водойм. Але навіть в умовах сьогодення якість водовідведення має бути на належному рівні.

**Мета роботи** – удосконалення роботи очисних споруд біологічного очищення продуктивністю 110 тис. м<sup>3</sup>/добу шляхом реконструкції системи аерації.

**Об'єкт дослідження** – споруди біологічного очищення стічної води продуктивністю 110 тис. м<sup>3</sup>/добу.

**Предмет дослідження** – технологічні параметри роботи аераційної системи.

В даній роботі розглянуто основні методи інтенсифікації споруд очищення стічних вод загалом, але продовжено фокусування погляду на інтенсифікації споруд біологічного очищення, а саме – аеротенків. Основними методами їх інтенсифікації, за різними джерелами, є підвищення концентрації активного мулу, окиснювальної спроможності аеротенку, застосування двоступінчатого очищення, комбінованих або також багатофункціональних аеротенків, зміна гідродинамічного режиму роботи аеротенку, нетрадиційні методи (ультразвук, хімічний мутагенез, ін).

В роботі описано інтенсифікацію багатофункціонального аеротенка (нітрифікатора-денітрифікатора) шляхом вдосконалення плану розташування та вибору аераторів на його дні.

**Практичне значення одержаних результатів роботи** – удосконалення аераційної системи дасть можливість уникнути утворення застійних зон, втрати повітря через підриви і, як наслідок, порушення процесу біологічного



очищення та забезпечити стабільність виконання технологічного процесу очищення каналізаційних стічних вод населеного пункту.

Результати дослідження можуть бути корисні в якості прикладу для очисних споруд інших населених пунктів, так і для тих споруд, де вони плануються для проведення, адже на обраних очисних спорудах 2 аеротенки і обидва вже потребують реконструкції.

**Апробація роботи.** Головні положення доповідались на XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» [37], що проходила 17-22 квітня 2023 року; III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проходила 17-20 жовтня 2023 року, м. Запоріжжя [30].

# 1. АНАЛІЗ ІННОВАЦІЙНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РОЗРОБОК ДЛЯ ОЧИСНИХ ПОБУТОВИХ СТІЧНИХ ВОД

## 1.1 Загальна характеристика стічних вод

Згідно з Водним кодексом України, стічні води — води, що утворилися в процесі господарсько-побутової і виробничої діяльності (крім шахтної, кар'єрної і дренажної води), а також відведені з забудованої території, на якій вони утворилися внаслідок випадання атмосферних опадів [1].

1.1.1 Господарсько-побутові стічні води. Такі стоки формуються при використанні водопровідної води у побуті та відводяться від приладів житлових домівок, підприємств громадського харчування, громадських установ (дитсадків, лікарень ін). Вони містять фекалій, господарські відходи: залишки продуктів харчування, мило і пральні засоби, пісок, ганчір'я, папір тощо.

У людини добовий діурез складає 800-1800 мл. За своїм хімічним складом сеча - одна із найбільш забруднених складових господарсько-побутового стоку. У її складі знайдено 229 хімічних сполук, з яких 103 азотовмістні речовини, 30 електролітів, 22 вітаміни, 38 гормонів, 10 білків, а також вуглеводи, органічні кислоти, ліпіди та ін. [2]. Добова кількість природніх твердих виділень людини складає 100-300 г. Згідно норм водовідведення житлової забудови з ваннами та місцевими водонагрівачами на одного жителя складають 150-230 л/добу, а з централізованим водопостачанням гарячої води 230-285 л/добу [3]. В середньому, на приготування їжі припадає 15-20 % стічних вод від родини, водні процедури – 20-25 %, змивання бачку унітазу – до 35 %, прання одягу – до 20 %. Стічні води від санвузлів і кухонь займають до 75 % загальної кількості забруднень господарсько-побутових стічних вод.

У склад даних стічних вод завжди входить велика кількість мікроорганізмів, які містяться в організмі та на тілі людини, а також

змиваються з одягу, продуктів харчування, домашніх тварин, тощо. Серед цих мікроорганізмів зазвичай є патогенні.

Господарсько-побутові стічні води мають відносну постійність складу, це пояснюється подібністю фізіології людей, їх побутовою діяльністю.

1.1.2 Виробничі стічні води. Це дуже різноманітні за складом і кількістю стоки, які, у свою чергу, залежать від виду виробництва і технології, що використовується. Виробничі стічні води поділяють на три види:

- виробничі стічні води, що не містять токсичних речовин, але містять органічні речовини і (наприклад, стічні води харчових підприємств). Такі стічні води дозволяється скидати в міську каналізацію;

- виробничі стічні води, що мають у складі органічні речовини, токсичні домішки. Останні не дають проходити біохімічному окисленню органічних речовин (наприклад, стічні води шкірзаводів). Такі стічні води проходять локальну очистку для видалення токсичних домішок, і лише після цього їх дозволено скидати у міську каналізацію;

- виробничі стічні води, які не мають у своєму складі органічних речовин. Даний вид стічних вод у міську каналізацію не приймається [2].

Класифікація виробничих стічних вод за видами, виходячи з джерел їхнього утворення:

- реакційні води – це стічні води, характерні для реакцій, які протікають із утворенням води. Забруднені продуктами реакцій та вихідним продуктами. Очистка цих вод, зазвичай, є серйозною проблемою.

- води, що входять до складу сировини та вихідних продуктів. Це можуть бути, як вільні, так і зв'язані води.

- промивна вода – вода, яку використовують при промиванні виробничої сировини і продуктів, що беруть участь чи утворюються у технологічних процесах.

- маточні водні розчини – ті, що формуються після проведення процесів одержання або переробки продуктів у водних середовищах (наприклад, при полімеризації стиролу у водному середовищі, кристалізації розчинів та ін).

- абсорбційні рідини та водні екстракти – ті, що утворюються за використання води, як абсорбента та екстрагента. Мають у своєму складі великі кількості хімічних речовин. Значна кількість абсорбційних рідин утворюються під час мокрого очищення металургійних газів.

- охолоджувальні води – їх використовуються для охолодження технологічного устаткування, продуктів, тощо. Вода, яка використовується в системах оборотного водопостачання та не контактує з технологічними продуктами.

- інші види стічних вод – формуються від мийки устаткування, тари та приміщень, від вакуум-насосів, конденсаторів змішування, конденсації водяної пари, тощо. Атмосферні опади з територій промислових підприємств також можуть бути забруднені хімічними речовинами.

Всі домішки дисперсного середовища (води) діляться на чотири групи :

I – нерозчинні у воді речовини з величиною часток 10-5–10-4 нм і більше;

II – речовини, які утворюють водні колоїдні розчини;

III – розчинені гази та молекулярно-розчинені органічні речовини;

IV – речовини, що дисоціюють у воді на іони.

Фазово-дисперсна характеристика домішок стічних вод дозволяє запропонувати для кожної групи виробничих стічних вод певний набір методів їх очищення [4].

Скид виробничих стічних вод у міську каналізацію регламентується правилами прийому виробничих стічних вод в системи каналізації населених пунктів.

При цьому, надходження у міську каналізацію виробничих стічних вод може бути безперервним або залповим, рівномірним чи нерівномірним, цілорічним чи сезонним.

1.1.3 Атмосферні стічні води. Даний вид стоків утворюється на території об'єкту, що каналізується, при випаданні дощу, таненні снігу і при митті вулиць. У сучасних містах вони вміщують окрім сміття і піску, що змивається з бруківок, також і органічні речовини, через що за своїм складом

вони часто можуть бути віднесені до слабкозабруднених побутових стічних вод.

В залежності від системи каналізації виробничі і атмосферні, або господарсько-побутові, господарсько-побутові і виробничі стічні води надходять у міську каналізаційну мережу, утворюючи міські стічні води. 40-60 % з них – це виробничі стічні води. Не існує міських стічних вод абсолютно однакових за складом, адже в кожному населеному пункті розміщуються підприємства різноманітних галузей промисловості [2].

## 1.2. Інтенсифікація роботи споруд механічного очищення

### 1.2.1. Модернізація роботи решіток

Решітки грубої та тонкої очистки використовуються для затримання та вилучення зі стічних вод механічних засмічень. Застосування решіток дозволяє знизити навантаження на наступні рівні очищення, підвищити якість очищення та ефективність роботи очисних споруд [5].

На всіх очисних станціях встановлюють решітки незалежно від способу подачі на них стічних вод - самопливом або під напором. Якщо подача стічних вод проводиться під напором, решітки встановлюються лише в будівлі насосної станції, якщо при цьому довжина напірного трубопроводу не перевищує 500 м. Ширину прозорів ґрат обирають в залежності від величини покидьків, але не більше 16 мм (більше 16 мм - лише для решіток, що встановлюються на насосних станціях). Швидкість руху стічної води в прозорах решіток при максимальному притоці приймають рівною 0,8-1,0 м/с, мінімальна швидкість має бути не менше 0,4 м/с.

Відомо, що методика розрахунку решіток зводиться до визначення загального числа прозорів і загальної ширини решіток з врахуванням товщини стрижнів, а потім до визначення кількості робочих і резервних

решіток. При цьому матеріал для виготовлення решіток приймають з урахуванням величини рН стічної води [3].

Грати класифікують на нерухомі, рухомі і суміщені з дробарками (решітки-дробарки).

При кількості затриманого сміття більше  $0,1 \text{ м}^3/\text{добу}$  і механізованому очищенні грат слід встановлювати дробарки для подрібнення покидьків. Подрібнену масу подають по мулопроводу від первинних відстійників в метантенки або в канал перед гратами.

Щоб не допустити продавлювання затриманого сміття через грати швидкість потоку стічної води через неї слід призначати в межах  $0,7 \dots 1 \text{ м/с}$ . Швидкість в розширеній частині каналу перед гратами не повинна бути менше  $0,4 \text{ м/с}$  (для попередження утворення вихрового потоку канал перед гратами плавно розширюють, змінюючи напрямок стінок на кут  $\varphi = 20^\circ$ ) при мінімальному припливі стічних вод щоб уникнути випадання осаду перед гратами. Площа прозорів робочої частини решітки визначають розрахунком, але вона повинна бути не менше подвоєної площі живого перерізу підвідного каналу при ручній і не менш  $1,2$  живого перерізу при механічному очищенні.

На станціях для попереднього механічного очищення побутових і виробничих стічних вод широко застосовують решітки-дробилки (коммінатори), які представляють собою комбіновані механізми, що виконують функції решітки та дробарки. Затримання і дроблення забруднень проводиться безпосередньо в каналі без підйому їх з води, що покращує санітарні умови станції і є перевагою коммінаторів. Для коммінаторів не потрібно спеціальних приміщень, що дозволяє знизити капітальні витрати на будівництво очисних споруд [6].

Решітки бувають різних видів, і зокрема український виробник, про який у роботі буде згадано ще пізніше (член Асоціацій підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України, член Міжнародної асоціації з охорони водних ресурсів) НВФ «Екополімер» може запропонувати наступні:

- рейкова решітка – набране зі стрижнів фільтруюче полотно, вставлене у прямокутну раму. В залежності від відстані між стрижнями вони поділяються на решітки грубого та тонкого очищення. Передбачена їх робота в автоматичному режимі без участі обслуговуючого персоналу. Грубі відходи стічних вод затримуються фільтруючим екраном, що у ручному чи автоматичному режимі прочищається граблинами. Затримані покидьки видаляються в контейнер для сміття чи на гвинтовий конвеєр для подальшої обробки: промивання і пресування;

- решітка з перфорованим екраном – це нескінченне рухоме фільтруюче полотно. Складається з набору перфорованих пластин, що встановлені на раму. У фільтруючому полотні решітки затримується забруднення, при протіканні стічних вод крізь них. У міру забруднення нескінченне фільтруюче полотно, витягується зі стічних вод. У верхній точці установки перфоровані пластини примусово очищаються струменем води під тиском та/або за допомогою валика-щітки. Жолобом вивантаження відходи надходять у наступний пристрій обробки відходів, наприклад, миючий прес;

- шнекові решітки. Використовуються для механічного очищення стічних вод малої продуктивності. Покидьки зі стічних вод затримуються фільтруючим кошиком, обробляються на вбудованому гвинтовому конвеєрі й пресі. При цьому, вологість ущільненого та промитого сміття досягає 60% (ступінь віджиму до 35%).

Є такі варіанти встановлення шнекових решіток:

- у каналі;
- у баку з нержавіючої сталі.

- барабанні решітки. Являють собою кошик, що обертається, перфорований або такий, що складається зі стрижнів, через який відбувається фільтрування стічних вод. Забруднення, затримані фільтруючим кошиком, обробляються на вмонтованому в решітку гвинтовому конвеєрі й миючому пресі;

Вологість промитого та ущільненого сміття досягає 60% (ступінь віджиму до 35%).

Використовуються різні варіанти встановлення барабанних решіток:

- у каналі;
- у баку з нержавіючої сталі;

- східчасті решітки. Складаються з двох пакетів пластин (рухомих та стаціонарних) з нержавіючої сталі східчастої форми, встановлених, як і в попередньому випадку, у прямокутну раму. Забруднення зі стоків затримуються фільтруючим полотном, що складається з рухомого та стаціонарного пакета ламелей. За рахунок ротаційного руху рухомого пакета ламелей (приводиться в рух приводом), за кожен оберт відбувається східчасте переміщення вгору затриманих забруднень зі стоків, що постійно надходять. Після решітки забруднення переходять у наступний пристрій для обробки, наприклад, в миючий прес;

- вертикальні решітки. Їх використовують при механічному очищенні стічних вод з підземних насосних станцій. Характерно, що вони встановлюються на трубопровід. Стоки фільтруються через решітку назовні у приймальний колодязь, а затримані на фільтруючому барабані забруднення транспортуються шнеком у контейнер, встановлений на поверхні. У ґратах передбачено аварійний перелив, при вимкненні електроживлення, або іншій аварії, за неможливості призупинити роботу насосної станції;

- барабанне сито тонкого очищення. Воно складається з горизонтально розташованого барабана, бічна фільтруюча поверхня якого являє собою сітку перфоровану бляху з отворами діаметром 2-3 мм або з осередками 0,2-1 мм. Стічні води надходять всередину барабана через розташований у його центрі жолоб і фільтруються назовні через бічну поверхню барабана. Фільтрат же відводиться вниз через злив, а затримані завдяки обертанню барабана забруднення горизонтально подаються на зону вивантаження, за якою слідує блок зневоднення і збору забруднень у контейнер. Поверхня барабана періодично очищується водою під напором за допомогою колодок з



форсунками. Очищений фільтрат може накопичуватися в резервуарі для наступного використання в якості технічної і оборотної води, або зливатися у відкриті водойми, або прямувати на наступне очищення (наприклад, на мембранній установці).

Варто зазначити, всі вищенаведені види решіток працюють в автоматичному режимі без участі обслуговуючого персоналу, але при необхідності можуть працювати і в ручному режимі [5].

### 1.2.2. Інтенсифікація пісковловлювачів

За технологічним процесом пісковловлювачі встановлюють перед первинними відстійниками, або якщо наявні дробарки - перед ними. На всіх очисних станціях використовуються ці споруди.

Робота пісколовки заснована на використанні гравітаційних сил. Їх розраховують таким чином, щоб в них випадали в осад пісок та інші важкі мінеральні частинки розміром понад 0,2 мм, а не легкий осад органічного походження. Зазвичай в пісколовках затримується пісок з гідравлічною крупністю 11,2 мм/с і більше (пісок з діаметром зерен 0,15 мм і більше), що становить близько 65% усієї кількості, що міститься в стічних водах.

Існують пісколовки горизонтальні з круговим рухом води, з горизонтальним прямолінійним рухом, тангенціальні круглі з подачею води по дотичній, з аерацією [6]:

- горизонтальні пісковловлювачі з прямолінійним і круговим рухом води. Для таких споруд необхідно забезпечити рівномірний та швидкий розподіл потоку за живим перерізом. За несприятливих умов (різкий перехід від лотка до пісковловлювача), коли співвідношення площ перетину вхідних отворів і живого перерізу пісковловлювача складають 3 і більше, вдаються до влаштування додаткових пристроїв у вигляді вільно опущених поворотних стрижнів, щита-відбивача на вході в пісковловлювач, інших прийомів, що не

приводять до засмічення пристроїв забрудненнями. Для регулювання швидкості руху води в пісковловлювачах рекомендується будувати водозливи з широким порогом.

Інтенсифікація роботи таких пісковловлювачів досягається шляхом організації відмивання піску в підвідних лотках, аерацією стічних вод при одночасному підвищенні рівня води (при необхідності) або інтенсивним перемішуванням.

У пісковловлювачах з круговим рухом води гасіння енергії потоку відбувається при різких поворотах потоку. Складнішою проблемою залишається протікання частини рідини через пісковий приямок і випадання в ньому органічних домішок.

Гідромеханічне видалення піску з горизонтальних пісковловлювачів вимагає перевірки рівномірності виходу рідини з отворів розподільної системи і достатньої для псевдозрідження шару піску швидкості висхідного потоку води (0,0065 м/с). Наладку цієї системи доцільно проводити на чистій воді і відмитій порції піску з піскових майданчиків (або привезеного піску). Можливість винесення піску при гідромеханічному видаленні перевіряють безперервним відбором проб на виході з пісковловлювача. Слід звернути увагу персоналу на те, що доцільніше видаляти пісок при низьких швидкостях руху води і малому наповненні лотків;

- аеровані пісковловлювачі. В таких спорудах має бути досягнута відповідність часу часу осадження піщинок і відмивання піску при необхідному гідравлічному режимі. Час відмивання визначають в аерованих циліндрах.

Проводять перевірку відповідності проектних параметрів і необхідних. Для перевірки гідравлічного режиму спостерігають за швидкістю руху стічної води на низхідній до піскового приямку ділянці похилого днища. Руху стічних вод при дні поблизу приямка має мати швидкість не вище 0,2 м/с; епюра розподілу швидкості за висотою в цьому створі повинна наближатися до трикутної, без різких відхилень і всплесків.

Через нерівномірність аерації за довжиною пісковловлювача і посилення подовжнього турбулентного перенесення мас води можливе винесення піску. Така проблема ліквідується регулюванням витрати повітря по стояках (монтажем гумових діафрагм всередині фланцевих з'єднань). А при зведенні напівзанурених поперечних перегородок (секціонування) можливо знизити повздовжнє турбулентне перенесення вод.

На аерованих пісковловлювачах інтенсифікація має проводитися за лімітованим чинником – щодо створення оптимальних умов осадження піщинок або відмивання піску. При несумісності цих умов переходять до зонального розподілу повітря – більш інтенсивної подачі на перших ділянках секціонованого пісковловлювача і меншій інтенсивності аерації до мінімально допустимої швидкості руху води біля дна (0,15 м/с) на решті ділянок пісковловлювача. Через відмивання піску характерно, що зольність його в аерованих пісковловлювачах вище, ніж в неаерованих (90% та 60% відповідно). Крім того, в аерованих пісковловлювачах можливе затримання піску крупністю 0,15 мм (гідралічна крупність 13,2 мм/с). При видаленні піску такої фракції необхідне дотримання оптимальних умов відмивання і осадження найдрібніших частинок;

- тангенціальні пісковловлювачі. Їх робота цілком є залежною від досконалості гідралічного режиму. Витрати стічних вод коливального, різкого характеру негативно впливають на тривалість відстоювання рідини, швидкість обертального руху води. Експлуатаційна служба має за завдання створити оптимальні параметри – відцентрових сил, градієнта швидкості, тривалості осадження, взаємозв'язок між якими не розкритий у математичній формі. Явища, що відбуваються в тангенціальних пісковловлювачах, поки що не мають розробленого моделювання на достовірній основі. Недостатньо розкритий взаємозв'язку чинників, що були згадані вище, вимагає попереднього налагодження пісковловлювачів на освітленій воді, яка б не містила зв'язаного піску, шляхом введення відмитих і відсортованих проб

піскових композицій, близьких за складом до характерних для міських каналізацій [7].

### 1.2.3. Реконструкція і інтенсифікація відстійників

Відомо, що за останній час розроблено й досліджено різноманітні методи інтенсифікації процесу первинного відстоювання стічних вод. Найрезультативнішим є введення в стічні води перед спорудами первинних відстійників мінеральних коагулянтів (вапна, сірчаноокислого алюмінію сірчаноокислого чи хлорного заліза та ін.), а також флокулянтів синтетичного походження, обладнання відстійників тонкошаровими блоками. Найрозповсюдненішими на міських очисних станціях зараз є методи інтенсифікації первинних відстійників за опосередкування аерації стічних вод з використанням біофлокулюючих властивостей надлишкового активного мулу та біоплівки. Більш детально розглянемо такі методи:

- преаерація, це найбільш простий методом інтенсифікації даних споруд, проводиться в каналах, що підводять стічні води до первинних відстійників, або у спеціальних преаераторах, які розміщують перед відстійниками [8,9]. Тривалість аерації має складати 10-20 хв, а витрата повітря – приблизно 0,5 м<sup>3</sup> на 1 м<sup>3</sup> аерованих стічних вод. В результаті преаерації відбувається флокуляція та коагуляція дрібних частинок нерозчинених домішок у стічній воді, щільність яких мало відрізняється від щільності самої води. Як наслідок, ці частинки швидше осідають при подальшому відстоюванні, змінюючи свою гідравлічну крупність. Також можна спостерігати деяке зниження БСК стічних вод, покращується відділення нафтопродуктів, жирів, масел, попереджуються анаеробні процеси у відстійниках, покращує наступне біологічне очищення стічних вод в аеротенках або біофільтрах. Преаератори слід застосовувати на станціях очищення стічних вод з аеротенками.

Преаератори окремо вбудовують або прибудовують до первинних відстійників. При великій кількості зважених речовин їх застосування дозволяє знизити будівельний обсяг споруд. Конструктивно це прямокутні резервуари з висотою  $H_{set}$ , що дорівнює глибині проточної частини відстійника, й з шириною  $B$ , що дорівнює  $1-1,5 H_{set}$ . Однак, як показує вітчизняний досвід, аерація без додавання активного мулу не є достатньо ефективною; вона збільшує ефект первинного освітлення стічних вод за завислими речовинами і  $BCK_{повн}$  лише на 5–8 %. Більш високий ефект видалення зважених речовин і зниження БСК стічних вод дає попередня аерація з додаванням надлишкового мулу з вторинних відстійників;

- освітлювач з природною аерацією. Відома також конструкція, що поєднує у собі вертикальний відстійник та природну аерацію. С. М. Шифрін запропонував освітлювач з природною аерацією на базі вертикального відстійника з вбудованою камерою флокуляції. Природна аерація відбувається за рахунок того, що струмина стічних вод, що падає в центральну трубу з підвідного лотка підсмоктує атмосферне повітря. Для можливості протікання цього явища різниця рівнів води в лотку, який підводиться та в освітлювачі має складати 0,6 м, а швидкість руху стічних вод у центральній трубі – 0,5–0,7 м/с.

Надлишковий активний мул у стічні води перед освітлювачем не вводять.

Концентрація завислих речовини в освітлювачах з природною аерацією знижується до 70 %, а  $BCK_{повн}$  – до 15 %. Розроблені типові проекти освітлювачів діаметром 6 м і 9 м [9]. Але, так як відомо, що ефективність прояснення стічної води у звичайному вертикальному відстійнику без природної аерації зазвичай на 10–20% нижче, ніж в горизонтальному і радіальному, тому їх загалом застосовують, як первинні відстійники на загальнозаводських очисних спорудах [11]. Можна сказати, що інтенсифікація вертикальних відстійників за допомогою природної аерації вирівнює ефективність таких відстійників у порівнянні з іншими;

- біофлокуляція – метод інтенсифікації процесу відстоювання, що полягає в додаванні до стічної води активного мулу (біоплівки) і аерації отриманої суміші. При цьому ефективність прояснення покращується на 60–80 %, а БСК зменшується на 4–50 %. Біофлокуляція здійснюється в таких спорудах, як преаератори й біофлокулятори. При біокоагуляції відбувається біохімічне окислювання деякої частини легкоокислюваних розчинених речовин, окрім фізико–хімічних процесів (флокуляції, коагуляції, сорбції).

Попередня аерація стічної води у окремих спорудах чи каналах має один суттєвий недолік – укрупнені під час преаерації частинки зависі руйнуються під час руху стічних вод до відстійника. Тому доцільним є конструктивне поєднання процесів преаерації та відстоювання в одній споруді, яку називають біофлокулятором.

Біофлокулятор – це споруда первинного відстоювання (горизонтального, вертикального, радіального відстійника) з вбудованою камерою біофлокуляції. Для цього в них обладнують аератори, через що у зоні відстоювання утворюється зважений шар, який сприяє проясненню профільтрованої через нього стічної води. Біофлокулятори можна зустріти на очисних станціях як з біофільтрами, так і з аеротенками. У біофлокулятор подають 1/2 надлишкового активного мулу або всю надлишкову біоплівку, яка попередньо регенерує впродовж 24 годин у резервуарі (влаштований за типом аеротенку).

- флотаційна біокоагуляція – спосіб інтенсифікації відстійників шляхом флотаційного освітлення стічних вод у поєднанні з біокоагуляцією біоплівкою чи активним мулом, який має хорошу здатність до флотації. Розроблено цей метод під керівництвом проф. О. П. Сіньова в Українському інституті інженерів водного господарства (зараз Український державний університет водного господарства та природокористування).

Використання флотаційних біокоагуляторів дає можливість: на 30-40 хв. скоротити тривалість первинного відстоювання стічних вод, істотно знизити БСК стічних вод і тим самим зменшити витрати повітря на аерацію та

відповідно необхідні обсяги аеротенків; виключити ущільнювачі надлишкового активного мулу з технологічної схеми; зменшити обсяги шламів і осадів, які підлягають обробці на метантенках та інших спорудах, через зниження їх вологості.

Флотатори різних типів можуть бути використані, як флотаційні біокоагулятори. Можлива інтенсифікація діючих первинних відстійників перетворенням у флотаційні біокоагулятори, шляхом обладнання їх пристроями для розподілу очищених стічних вод і робочої рідини, відводу очищеної води й видалення флотаційного шламу. У переобладнаному відстійнику слід зберегти пристрої для видалення випадючого осаду через те, що при роботі флотаційного біокоагулятора і його аварійних зупинках відбувається випадіння цього осаду.

Ефективно використовують флотаційні біокоагулятори для попереднього очищення стічних вод від жиру й інших домішок, що важко осідають. При використанні 100% надлишкового активного мулу, який утворюється в аеротенках при очищенні стічних вод м'ясокомбінату, ефект видалення жиру у флотаційних біокоагуляторах становить 70–90 %, що значно знижує навантаження на аеротенки за органічними забрудненнями і знижує майже до нуля концентрації жиру в біологічно очищених стічних водах [10,9].



### 1.3. Вдосконалення роботи споруд біологічного очищення

#### 1.3.1 Інтенсифікація роботи аеротенків

Загалом методи інтенсифікації роботи аеротенків можна узагальнити на схемі, представлений на рис. 2.1.

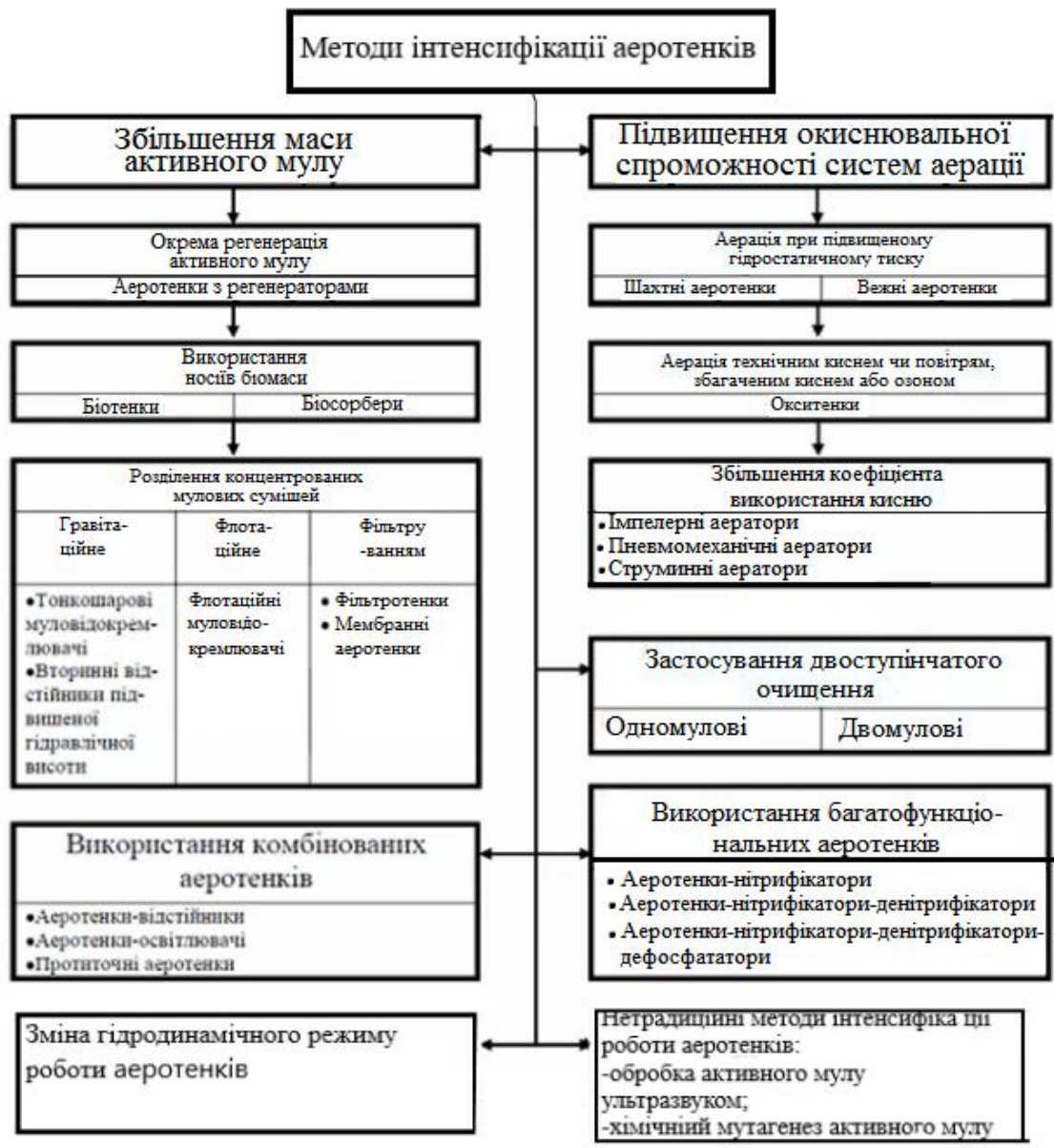


Рисунок 1.1 – Методи інтенсифікації аеротенків

Серед представлених на рис. 1.1. розглянемо деякі основні методи інтенсифікації аеротенків:



- підвищення концентрації активного мулу в аеротенках. Це основний із можливих шляхів інтенсифікації їх роботи. Доцільність збільшення маси активного мулу для інтенсифікації біологічної очистки стічних вод очевидна із формули, наведеної у ДБН В.2.5.-75:2013:

$$t_{\text{atm}} = \frac{L_{\text{en}} - L_{\text{ex}}}{a_i(1-S)\rho}, \text{ год} \quad (1.1)$$

де  $L_{\text{en}}$  і  $L_{\text{ex}}$ . – БСК<sub>повн.</sub> стічних вод, відповідно, неочищених і очищених стічних вод, мг/л;  $a$  - доза мулу, мг/дм<sup>3</sup>;  $S$  – зольність мулу, частка одиниці;  $\rho$  - питома швидкість окислення забруднень, мг/(г.год) [3].

З наведеного рівняння бачимо: зі збільшенням дози мулу зменшується тривалість аерації стічних вод, зростає продуктивність існуючих аеротенків.

Вважається, що з підвищенням дози активного мулу в зоні аерації від 1–2 мг/дм<sup>3</sup> до 2,5 мг/дм<sup>3</sup> відбувається пропорційне зростання окислювальної потужності аеротенків від 0,5–1 до 12 кг БСК<sub>повн.</sub>/ (м<sup>3</sup>. добу) [12].

Проте підвищення концентрації активного мулу в аеротенках збільшує винос його із вторинних відстійників, що пов'язано з погіршенням гравітаційного розділення мулових сумішей при підвищенні їх концентрації. Одночасно виникає небезпека довготривалого перебування активного мулу в анаеробних умовах у вторинних відстійниках, а в деяких випадках, його загнивання [13].

При нормальній роботі вторинних відстійників оптимальне значення дози мулу складає: 3 мг/дм<sup>3</sup> – для аеротенків-змішувачів без регенераторів, 2–3,5 мг/дм<sup>3</sup> – для аеротенків-змішувачів із регенераторами, 3–5 мг/дм<sup>3</sup> – для аеротенків-витиснювачів без регенераторів і 3,5–4,5 мг/дм<sup>3</sup> для аеротенків-витиснювачів із регенераторами [14].

Застосуванні природних біоценозів гідробіонтів для звільнення забрудненої води від небажаних домішок – суть біологічного очищення стічних вод. До складу біоценозів гідробіонтів входять мікроорганізми та інші представники тваринного й рослинного світу, які проживають в , біоплівці, активному мулі та в очищуваній воді [15].

Дієвим шляхом збільшення маси активного мулу в аеротенках із відносним контролюванням його локалізації є заповнення всього або частини їх об'єму інертними матеріалами з розвиненою поверхнею, яка обростає біологічною плівкою (біотенки). Таке закріплення мікроорганізмів дозволяє збільшити кількість мулу в аеротенку без суттєвого підвищення концентрації мулової суміші, що надходить до вторинних відстійників.

В якості площі для закріплення і розвитку мікроорганізмів в аеротенках розміщують блоки з плоских або хвилястих пластмасових і азбестоцементних листів, пластмасової решітки, щитів у вигляді металічного або дерев'яного каркасу із закріпленими синтетичними на ньому тканинами листами поролону. Скловолокном та іншими матеріалами. Можливе заповнення об'єму аеротенка завантаженнями з пінополіуретану, полістиролу, пластмасових елементів, кілець Рашига тощо. Важливо запобігати можливості утворення застійних зон, де може відбуватися випадання активного мулу в осад [16];

- підвищення окиснювальної спроможності аеротенка. Окситенки – споруди з застосуванням  $O_2$  замість повітря для підвищення концентрації активного мулу. Завдяки високому вмісту розчиненого  $O_2$  і ретельному перемішуванню в циркуляційній зоні одночасно протікає два процеси: 1 – біологічне окиснення; 2 – поділ мулової суміші на стічну воду і активний мул. У зоні зваженого мулу відбувається також 2 процеси: 1 – освітлення очищеної води; 2 – до окиснення органічних речовин, що залишилися [17].

Окситенки дають змогу підтримувати в муловій суміші концентрацію розчиненого кисню 5–10 мг/л, замість зазвичай прийнятої для аеротенків концентрації 2 мг/л. Доза активного мулу зростає до 5-10 г/л, підвищує в 5-10 разів окислювальну спроможність споруди і її здатність працювати умовах різкої зміни навантажень на активний мул. Коефіцієнт використання кисню (КВК) сягає при цьому 90-95%.

У залежності від виду очищуваних стічних вод період аерації в окситенках знижується з 6–12 до 1-3 годин, що дозволяє в 4-8 разів зменшити об'єм

споруди. Технічний кисень інтенсифікує дифузійні процеси розчинення кисню, дозволяє збільшити швидкість біохімічного окислення органічних забруднень за  $BCK_{повн}$  у 1,5-3,8 рази. Приріст активного мулу в окситенках на 25–35% нижчий, ніж в аеротенках, мул значно краще відділяється від очищеної води й ущільнюється (муловий індекс складає 40–70  $cm^3/g$ ), що дозволяють зменшити об'єм вторинних відстійників та мулозгущувачів.

Дуже інтенсивно протікають процеси нітрифікації амонійного азоту при застосуванні кисню [14]. Окситенки доцільно застосовувати там, де є власний кисень або його можливо одержати від сусідніх заводів [17].

Щодо аеротенків з використанням повітря для аерації, то відомо, що системи крупнобальбашкової аерації, які використовуються сьогодні на більшості аеротенків, не дивлячись на їх простоту виготовлення та відносну надійність експлуатації, не забезпечують високого ступеню використання кисню повітря, який подається на аерацію, а це, в свою чергу, призводить до зайвих витрат електроенергії, якої на аерацію всередньому йде 60-75% всього споживання очисними спорудами [18]. Збільшуючи інтенсивність диспергування газового потоку, тобто зменшуючи розміри газових пухирців і збільшуючи газоміст потоку стічної води в спорудженні, можна значно збільшити питому поверхню контакту фаз і тим самим підвищити надходження кисню в стічну воду [19].

Науковцями Міць М.Г., Білошенком К.С., к.фіз.-мат.н., доцентом Божковим А.І., зведені результати вимірюного КВК, які отримані для дрібно- та крупнобульбашкових аераторів в залежності від глибини їх занурення (таблиця 2.1), при цьому витрати повітря, були однакові.

З таблиці 2.1 бачимо, що вплив глибини занурення аераторів з дрібнобульбашковою аерацією на значення КВК практично не впливає, а для крупнобульбашкової аерації значно зростає при глибшому зануренні.

Проте, абсолютне значення КВК у всякому випадку більше для дрібнобульбашкової аерації, тобто для пухирців меншого діаметру. Також згадувані автори проводили експеримент з встановлюванням сіток на глибині

2,5 та 5 метрів, щосуттєво підвищувало КВК. Але було встановлено, що коли пропускна здатність сітки не дозволяла всьому повітрю проходити крізь неї і під сіткою утворювалась суцільна повітряна фаза, – КВК значно зростає [18].

Таблиця 2.1 – Глибина занурення (метри)/ КВК (%)

Тип аератора, діаметр бульбашок, мм	0,1 м	2,5 м	5,0 м
1. Дрібнобульбашковий 0,5-1,0	9,8	9,9	10,0
2. Дрібнобульбашковий 1,0-3,0	7,6	7,8	8,0
3. Крупнобульбашкова 5,0-8,0	1,5	2,5	2,9
4. Крупнобульбашкова 9,0-11,0	1,0	2,0	2,6
5. Крупнобульбашк. з накладною сіткою 9,0-11,0	1,0	2,5	3,0
6. Крупнобульбашкова з накладною сіткою, з утворенням суцільної повітряної фази	1,0	2,8	3,3

Варто зазначити відомий момент: зі збільшенням температури стічної води зменшується розчинність кисню, тому для підтримки необхідної концентрації його у воді потрібно робити більш інтенсивну аерацію [19];

- обробка активного мулу ультразвуковим хвилями. Останні в залежності від потужності та тривалості впливу можуть викликати як стимулювання, так і пригнічення дихальної активності мулу. Поряд зі зміною загальної дихальної активності мулу змінюється ще й його ендогенна активність та відношення до субстрату, а при збільшенні споживання кисню мікроорганізмами прискорюються внутрішньоклітинні процеси окислення, а також окислення субстратів стічних вод.

Відомо, що при безпосередньому впливі ультразвуку високої частоти на мулові суспензії спостерігається збільшення дегідрогеназної активності на 70-100%, питомої швидкості споживання кисню – на 25-50%, а процес біологічного окислення субстрату прискорюється на 50–80%. За однакового ступеня очищення стічних вод окислювальна потужність активного мулу в 1,5–2,5 рази перевищує окислювальну потужність традиційних аеротенків за умов одночасного зниження енерговитрат на аерацію мулової суміші [20].

## РОЗДІЛ 2. ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ СТІЧНОЇ ВОДИ

### 2.1 Опис технологічної схеми очищення стічних вод міста

Обрані для кваліфікаційної роботи очисні споруди (табл. 2.1) можна побачити на генеральному плані очисних споруд населеного пункту, представлений у графічній частині, лист 1. А у таблиці 2.2. представлені вимоги до якості очищення стічних вод на даних споруда згідно ГДС

Таблиця 2.1 – Склад очисних споруд населеного пункту

№ поз.	Найменування	Кількість,шт.
1	Приймальна камера	1
2	Розподільна камера	2
3	Будівля решіток	1
4	Аеровані піскожировловлювачі	6
5	Станція дозування реагенту	1
6	Піскова карта	6
7	Насосна станція дренажних вод	1
8	Анаеробний резервуар	6
9	Аеротенк	2
10	Вторинний відстійник	4
11	Насосна станція зворотного мулу	1
12	Камера розподілу рециркуляційного мулу	1
13	Насосна станція ущільненого мулу	1
14	Мулоущільнювач	3
15	Резервуар мулонасосної	1
16	Мулонасосна	1
17	Резервуар приймання осаду	1
18	Цех механічного зневоднення осаду	1
19	Хлораторна	1
20	Повітродувна станція та диспетчерська	1
21	Вихідна камера	1

Таблиця 2.2 – Вимоги до якості очищення стічних вод очисних споруд міста згідно ГДС:

№	Показники	ГДС
1	Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>	15,0000
2	Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>	3,0000
3	Нітрити, мг/дм <sup>3</sup>	1,1000
4	Нітрати, мг/дм <sup>3</sup>	60,000
5	БСК <sub>5</sub> , мг/дм <sup>3</sup>	15,0000
6	ХСК, мг/дм <sup>3</sup>	80,0000
7	Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>	5,0000
8	Залізо, мг/дм <sup>3</sup>	0,4000
9	Мідь, мг/дм <sup>3</sup>	0,0270
10	Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>	135,0800
11	Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>	93,0000
12	Феноли, мг/дм <sup>3</sup>	0,0017
13	ПАР, мг/дм <sup>3</sup>	0,5000
14	Нафтопродукти, мг/дм <sup>3</sup>	0,1000
15	Індекс ЛПКП	≤ 1000
16	Колі-фаги	≤ 1000
17	рН	6,5-8,5
18	Розчинений кисень, мг/дм <sup>3</sup>	≥ 4

Описувані споруди призначені для механічного і біологічного очищення суміші господарчо-побутових та виробничих стоків міста. Останні на споруди потрапляють за трьома напірними і одним самопливним колектором.

Проектна потужність очисних споруд - 280 тис. м<sup>3</sup>/добу на якість стоків. Фактична середня кількість стічних вод, що надходять на очищення на споруди 95–110 тис. м<sup>3</sup>/доб, що відповідає 3,958 - 4,583 тис. м<sup>3</sup>/год. Коефіцієнт годинної нерівномірності – 1,24–1,7 у середньому 1,47.

Від камери 1 (див. графічна, лист 1) самопливним лотком стоки надходять на дві розподільні чаші (2), тут починається механічне очищення стоків. По шести каналах стоки подаються в будівлю ґрат (3), де відбувається уловлювання і збирання великих забруднень. Пройшовши попереднє

очищення, стоки надходять на аеровані песшкожировловлювачі (4), де відбувається відділення піску і жиру від органічних забруднень. Камера, на виході з піскожировловлювачів порівну розподіляє стоки між каскадами біологічного очищення.

Споруди біологічної очистки умовно поділяються на два каскади. Перший каскад складається з анаеробних басейнів денітрифікації (8) та чотирьох коридорів аеротенка (9). Другий каскад з восьми коридорів аеротенка, що залишилися. Далі за технологічною схемою йдуть споруди для вторинного відстоювання: чотири радіальні твідстійники (10). Тут відбувається поділ активного мулу та очищених стоків. Освітлена вода у період знезараження знезаражується хлором у будівлі хлораторної (19) і самопливним колектором. довжина якого понад чотири кілометри, скидається до водойми (річка), а активний мул подається повторно використання в камеру насосної станції зворотнього мулу (11). Надлишковий активний мул виводиться із системи: попереднє зневоднення на трьох мулоущільнювачах (14), потім насосним обладнанням (13,16) перекачується для подальшого осушення на мулові ставки.

Зі свого робочого місця (9) оператор диспетчерської служби відстежує весь технологічний процес, задасть його режими, змінює параметри роботи обладнання. Інформація про поломки та всі аварійні ситуації виводиться на монітор, що дає можливість оператору вжити термінових заходів щодо ліквідації аварії.

## 2.2 Характеристика та розрахунок споруд

### 2.2.1 Розрахунок решіток

З кожної розподільної чаші по 3-м каналам стоки направляються на решітки. Перетин каналів, що підводять до решіток – 1500×2000 мм. На шести каналах встановлені шандорні затвори і системи решіток:

крупнопрозорі з прозорами 50 мм для затримки великих засмічень і решітки тонкого очищення з прозорами 5 мм (виробництва компанії MEVA, Швеція).

Пропускна здатність крупнопрозорої решітки:

$$Q_{\phi} = V_{\text{пр}} \cdot h_{\phi} \cdot V, \text{ м}^3/\text{доб} \quad (2.1)$$

$$Q_{\phi} = 1,25 \cdot 0,90 \cdot 1,0 = 1,13 \text{ м}^3/\text{с} = 4070 \text{ м}^3/\text{год.}, \text{ де}$$

$V_{\text{пр}}$  - ширина прозорів решітки =  $50 \times 25 = 1250$  мм;

$h_{\phi}$  - висота наповнення каналу;

$V$  - швидкість потоку в прозорах решітки 1 м / сек;

Пропускна здатність дрібнопрозорої решітки:

$$Q_{\phi} = V_{\text{пр}} \cdot h_{\phi} \cdot V \cdot n = (5 \cdot 200) \cdot 0,90 \cdot 1,0 = 0,90 \text{ м}^3/\text{с} = 3240 \text{ м}^3/\text{год} \text{ або } 77760 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

Зазвичай у роботі 3 решітки. Затримані засмічення із дрібнопрозорих автоматичних решіток видаляються вручну. Зняті з решіток засмічення надходять на гвинтовий конвеєр, що транспортує їх до гвинтового преса. До установки прийнято три гвинтових конвеєри U-320 із пропускною здатністю кожного 5 м<sup>3</sup>/год. і два гвинтових преси (на кожній черзі по одному) SWP 30-90 продуктивністю 3 м<sup>3</sup>/год. Устаткування вироблено компанією MEVA.

Враховуючи продуктивність преса, маємо 72 м<sup>3</sup>/доб - продуктивність одного. Враховуючи, що решітки, преси, конвеєри працюють не безперервно, а по мірі накопичення відходів фактичний об'єм відходів інший. Згідно реєстру корінців на вивіз сміття на полігон (перевізником відходів, з яким у комунального підприємства укладено договір) максимально вивозиться 5,3 т сміття на тиждень, тобто 0,76 т/доб, якщо  $\rho = 0,690 \text{ т}/\text{м}^3 - 0,52 \text{ м}^3/\text{доб}$  [3]. Віджата пресом вода з твердих відходів відводиться далі на очищення з загальним руслом стоків до приймального резервуару піскових карт.

Спресовані відходи збираються в контейнери, обробляються хлорним вапном і вивозяться на міський полігон побутових відходів. Робота дрібнопрозорих решіток, конвеєра, преса й насосів технічної води повністю автоматизована.



### 2.2.2 Розрахунок піскожировловлювачів

Піскожироуловлювачі горизонтальні призначені для видалення зі стічних вод забруднень мінерального походження, головним чином, піску фракціями більше 0,15 – 0,20 мм й інших нерозчинних забруднень, які осаджуються під дією сили тяжіння.

На спорудах, що описуються існує блок споруд розмірами в плані 41,5×49,8 м, що складається з приймально-розподільної камери, 6-ти аерованих горизонтальних піскожироуловлювачів і двох збірно-розподільних камер на виході з піскожироуловлювачів. Для виділення жирових речовин і забезпечення оптимальних умов їх збору по всій довжині кожної піскожироуловлювачі за допомогою захисного екрана виділена «заспокійлива» зона.

Параметри піскожироуловлювача:

живий перетин піскожироуловлювача – 12,4 м<sup>2</sup>;

довжина – 40,0 м;

ширина зони аерації – 3,3 м;

глибина – 4,5 м.

Пропускна здатність одного піскожироуловлювача у години максимальної швидкості руху потоку  $v = 0,12$  м/с становить:

$$Q_{\phi} = S \cdot v, \text{ м}^3/\text{доб} \quad (2.2)$$

де  $S$  - площа перетину;

$$Q_{\phi} = 12,4 \cdot 0,12 = 1,48 \text{ м}^3/\text{с} = 5300 \text{ м}^3/\text{год}$$

Необхідна довжина горизонтальної пісколовки у відповідності до ДБН В.2.5-75:2013 визначається формулою [11]:

$$L_s = \frac{1000 \cdot K_s \cdot H_s \cdot v_s \cdot I}{U_0}, \text{ м} \quad (2.3)$$

де  $K$  - коефіцієнт, що приймається за таблицю 19,  $K_s = 2,75$  при  $B:H=0,73$  [11];

$H$  - розрахункова глибина піскоуловлювача, м, яка для аерованих піскоуловлювачів дорівнює половині загальної глибини = 2,25 м;

$v_s$  - швидкість руху стічних вод, м/с згідно ДБН [11];

$U_0$  - гідравлічна крупність піску, мм/с, яка приймається в залежності від необхідного діаметра часток піску, що затримуються піскоуловлювачем [11].

$$L_s = 1000 \cdot 2,75 \cdot 2,25 \cdot 0,12 / 13,2 \div 18,7 = 56,25 \div 49,5 \text{ м}$$

Виходячи з наведеного розрахунку, довжина існуючих пісколовок недостатня для осадження піску гідравлічною крупністю 13,2-18,2 мм/с, що необхідно для горизонтальних аерованих пісколовок.

Для подачі повітря у піскожироуловлювачі у будівлі решіток встановлені три ротаційні повітродувки GM 25 S, виробництва компанії Aersener Maschinenfabrik (Швеція), кожна продуктивністю 1200 м<sup>3</sup> /год.

Аерація стоків в піскожироуловлювачах виконується за допомогою мембранних дифузорів MAGNUM T®, виробництва компанії OTT Gmb & Co (Німеччина), що кріпляться на нержавіючих повітропідвідних трубах.

Параметри дифузорів:

- ефективна довжина мембрани – 2000 мм,
- загальна довжина аератора – 2200 мм,
- зовнішній діаметр – 67 мм.

Заглибні насоси AMAREX F 80-210024 UG2-190, продуктивністю 36 м<sup>3</sup>/доб, з напором 7–8 м, встановлені на скраберному містку, що рухається по всій довжині піскожировловлювача. Один міст обслуговує 2 піскожировловлювачі.

Повний час руху моста – 26 хвилин, по 13 хвилин у кожную сторону. Включення насосу відбувається при початку руху моста, наприкінці піскожироуловлювачі насос вимикається, при цьому опускаються жирозбірні скребачки і міст рухається у зворотню сторону.

Дана операція виконується автоматично кожні 3 години, тобто 8 разів на день. Продуктивність одного з 6-ти насосів буде рівною:

$$Q_{н.п.доб.} = Q_n \cdot t \cdot n, \text{ м}^3/\text{доб} \quad (2.4)$$

Де  $Q_n$  – продуктивність насоса, м<sup>3</sup>/год;

$t$  – час однієї ходки, од.;

$n$  – к-сть ходок за добу.

$$Q_{н.п.доб} = 36 \cdot 0,217 \cdot 8 = 62,5 \text{ м}^3/\text{доб}$$

Зазвичай в роботі знаходяться 3 пісколовки, інші - в резерві. Отже фактична продуктивність насосів на пісколовках 187,5 м<sup>3</sup>/доб піскопульпи.

Добову кількість піску з даної піскопульпи, визначають за формулою[21]:

$$q = \frac{q_n \cdot N_{36}^{3,p}}{1000}, \text{ м}^3 / \text{доб} \quad (2.5)$$

де  $q_n$  – кількість піску, що затримується у піскоуловлювачах [3], (таблиця 20),  $q_n = 0,03$  л/(жит.доб);

$N_{36}^{3,p}$  – приведене число жителів за завислими речовинами.

$$N_{36}^{3,p} = \frac{c^{nn} Q^{nn}}{a_c}, \text{ мешк.} \quad (2.6)$$

$$N_{36}^{3,p} = \frac{284 \cdot 110000}{65} = 480 \text{ 615 мешк.}$$

$$q = \frac{0,03 \cdot 480615}{1000} = 14,4 \text{ м}^3 / \text{доб.}$$

Для збору жирових речовин до мосту прикріплений напівзаглиблений скребок, що рухається «заспокійливою» зоною, збираючи плаваючі засмічення у спеціальні перфоровані металеві відра, встановлені у воронках камер; вода з залишками засмічень по трубопроводу відводиться у резервуари для збору жиру об'ємом 35 м<sup>3</sup> кожний. Бункери звільняються по мірі їхнього наповнення асенізаційною машиною, вивозяться на мулові ставки за узгодженням з санітарними органами. Спливаючі в пісколовці жири в затвердженому проекті обраних очисних споруд визначено у кількості 1,19 м<sup>3</sup>/добу.

Камера від піскожироуловлювачів №4-6 спроектована таким чином, щоб стоки нарівно розподілялися на два потоки - один у резервуар денітрифікації №8.4, а другий- в коридор №5 аеротенка №9.2.

З камери від піскожироуловлювачів №1-3 стоки подаються одним потоком по трубопроводу  $D = 800$  мм у розподільну камеру, де також

розподіляються на два рівних потоки - один надходить у резервуар №8.1, другий - у коридор № 5 аеротенку №9.1.

### 2.2.3 Резервуари денітрифікації і дефосфатації

Біологічне очищення на обраних спорудах починається з анаеробних басейнів, основне призначення таких споруд — селекція бактерій, що акумулюють фосфор. Крім того, в них здійснюється денітрифікація стічної рідини. Для цих цілей були переустатковані первинні відстійники [22].

Кожна технологічна лінія складається з трьох резервуарів, з'єднаних між собою послідовно: два резервуари денітрифікації і один резервуар дефосфатації.

Резервуари денітрифікації являють собою круглі ємності в плані, виконані з монолітного залізобетону, діаметр кожного 40 м, робочою глибиною 4,39 м, об'єм резервуара - 5400 м<sup>3</sup>. Для попередження осадження мулу в резервуарах на металевих фермах, закріплені нерухомо, встановлено по дві мішалки Grundfos SFG.12.230.31.5.OB з електродвигуном N=1,40 кВт., I=3,3 А діаметром 2300 мм

Інформація про технічний стан мішалок виведена на монітор головного комп'ютера.

- 1-а технологічна лінія (у послідовності руху стоків) – №8.1–№ 8.2–№ 8.3.

Стічні води після піскожироуловлювачів надходять у камеру, розташовану перед резервуаром №8.1, сконструйовану таким чином, щоб стоки розподілялися на два рівних потоки - один надходить у резервуар денітрифікації № 8.1, де змішується із зворотним мулом, який надходить з мулової камери №12. Другий потік стічної води надходить в аноксидну зону аеротенка №9.1 (коридор № 5).

- 2-а технологічна лінія (у послідовності руху стоків) – № 8.4–№ 8.5–№ 8.6.

Зі збірно-розподільної камери піскожироуловлювачів 4–6, половина потоку надходить у резервуар денітрифікації №8.4, де змішується із

зворотним мулом, який надходить з мулової камери №12, інша половина надходить в аноксидну зону аеротенка №9.2 (коридор № 5).

#### 2.2.4 Розрахунок аеротенків

На кожній з 2-х технологічних ліній розміщено аеротенк, це залізобетонний прямокутний резервуари розмірами в плані 90×90м, глибиною 4,5м. Споруда розділена на 12 коридорів (секцій) бетонними перегородками.

Подача повітря для аерації стоків передбачається від повітродувної станції.

В аеротенках №9.1, №9.2 – перша та друга технологічна лінії, передбачені наступні зони:

- секції № 1–4 – I аеробна зона,  $V=12\ 150\ \text{м}^3$ ;
- секції № 5–6 – II аноксидна зона (I- анаеробні басейни),  $V=6\ 075\ \text{м}^3$ ;
- секції № 7–12 – II аеробна зона,  $V=\text{об'ємом}\ 18\ 225\ \text{м}^3$ .

В аеротенках встановлено трубчасті аератори модифікації АКВА-ЛАЙН-М виробництва НВФ «Екополімер» наступним чином (графічна частина, лист 3.1, 3.2):

- в секції №1: 1/2 – 3 променя, 1/2 – 4 променя ;
- в секціях № 2–4, №7–12 – по 3 променя.

В аноксидній зоні обох аеротенків, коридори (секції) №5-6, аераційна система відсутня.

З метою запобігання застоювання, залягання осаду в аноксидній зоні встановлено 10 шт. дволопатевих мішалок діаметром 1600 мм KSB (Німеччина) Амаргор V 47-1600/1 4 URG з електродвигуном, потужністю  $N=1,25\ \text{кВт}$ .

Інформація про технічний стан мішалок передається на головний комп'ютер. Перерозподіл повітря по коридорах аеротенку проводиться в ручному режимі відповідно до вимірів виробничої лабораторії.

Тривалість аерації  $t_{atm}$ , год, в аеротенках, що працюють як змішувачі, визначаємо за формулою 1.1. Де питому швидкість окиснення, мг БСК<sub>повн</sub> на 1 г беззольної речовини мулу за 1 год, вирахуємо по формулі:

$$\rho = \rho_{\max} \frac{L_{ex} C_o}{L_{ex} C_o + k_i C_o + k_o L_{ex}} \times \frac{1}{1 + \varphi a_i}, \text{ мг} \quad (2.7)$$

де  $\rho_{\max}$  – максимальна швидкість окиснення, мг/(г • год) [3, табл. В4];

$C_o$  - концентрація кисню, що розчинився, мг/дм

$k_i=33$  – константа, яка залежить від властивостей органічних забруднювальних речовин і яку допускається приймати згідно з таблицею В.4 [3];

$k_o=0,625$  – константа, що характеризує вплив кисню, мгО<sub>2</sub>/дм [3, табл. В4];

$\varphi=0,07$  – коефіцієнт, що залежить від процесу інгібування продуктами розпаду активного мулу, дм<sup>3</sup>/г [3, табл. В4].

$a_i$  – доза мулу, що приймається 3,1 г/дм<sup>3</sup>

$$\rho = 85 \frac{19,95 \cdot 2}{19,95 \cdot 2 + 33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 19,95} \times \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 3,1}$$

$$= 23,69 \text{ мг}$$

$$\text{Тоді } t_{atm} = 283,2 \cdot 1,33 - 15 \cdot 1,33 / 3,1(1 - 0,3)23,69 = 6,94 \text{ год}$$

Отримана тривалість аерації відповідає нормам ДБН (у всіх випадкаї має бути не менше 2 год).

Середня доза активного мулу в зоні аерації 3,1 г/дм<sup>3</sup> та значення мулового індексу 63 см<sup>3</sup>/г. Вираховуємо ступінь рециркуляції активного мулу:

$$R_i = \frac{a_i}{\frac{1000}{J_i} - a_i} \quad (2.8)$$

де  $a_i$  – доза мулу, г/дм<sup>3</sup>;  $J$  – муловий індекс, см<sup>3</sup>/г.

$$R_i = \frac{3,1}{\frac{1000}{63} - 3,1} = 0,24$$

Ступінь рециркуляції визначається з розрахунку підтримки необхідної дози мулу у аеротенку. Для того, щоб дізнатися вік мулу  $P_i$ , спершу розрахуємо його приріст  $P_i$  [13]:

$$P_i = 0,8B + 0,3 L_a, \text{ мг/л} \quad (2.9)$$

де  $B$  – вміст зважених речовин у воді, що надходить до аеротенку, мг/л. ;  
 $0,3$  – коефіцієнт приросту активного мулу;  $L_a$  – БСК<sub>повн.</sub> стічних вод, що надходять в аеротенк.

$$P_i = 0,8 \cdot 281 + 0,3 \cdot 284,4 \cdot 1,33 = 338,3 \text{ мг/л}$$

Тоді вік мулу:

$$P = t_{\text{аер.}} \cdot \phi_{\text{ср.}} \cdot 1000 / P_i \cdot 24, \text{ діб} \quad (2.10)$$

$$P = 6,94 \cdot 3,1 \cdot 1000 / 338,3 \cdot 24 = 2,64 \text{ доби}$$

Стічні води на виході з аеротенків (коридори №11 й №12) надходять у розподільну камеру, де відбувається їхній розподіл на вторинні радіальні відстійники. Потоки регулюються за допомогою шандорних затворів, що складаються з комплекту шандорних балок.

Муловодяна суміш із аеротенків розподіляється між вторинними відстійниками в такий спосіб:

- з аеротенка №9.1 на радіальні відстійники №1,2 – з аеротенка №9.2 на радіальні відстійники №3,4

Для забезпечення повітрям на повітродувній станції встановлено 5 ротаційних повітродувок і 2 відцентрові. На обраних очисних спорудах населеного пункту витрата повітря в теплий період року ( травень – вересень) становить 40760 м<sup>3</sup>/год. В роботі постійно 3–4 повітродувки. Наведену витрату повітря визначено з потужності повітродувок.

Розрахунок питомої витрати повітря очисних споруд

Вихідні дані:

$$L_{\text{ср}} = \text{БСК}_{\text{повн. вх.}} = \text{БСК}_{5\text{вх.}} \cdot 1,33 = 283,2 \cdot 1,33 = 376,66 \text{ мгО/л}$$

$$L_{\text{сх}} = \text{БСК}_{\text{повн. вих.}} = \text{БСК}_{5\text{вих.}} \cdot 1,33 = 15,00 \cdot 1,33 = 19,95 \text{ мгО/л}$$

Довжина аеротенку – 90м.

Ширина коридору – 6,5м.

Роб. глибина – 4,5 м.

Глибина занурення аераторів  $h_a$  – 4,2 м.

Площа аерації 2-ох аеротенків,  $f_{\text{аз}} = 5557,5 \text{ м}^2$ .

Площа аеротенків,  $f_{at}=7020 \text{ м}^2$ .

Питома витрата повітря  $q_{air}, \text{ м}^3/\text{м}^3$

$$q_{air} = q_0 \frac{L_{en}-L_{ex}}{K_1 K_2 K_3 K_T (C_a C_0)}, \text{ м}^3/\text{м}^3 \quad (2.11)$$

$q_0$  – питома витрата повітря, мг на 1 мг знятої БСК<sub>полн.</sub>;  $q_0=1,1 \text{ мг/мг}$ ;

$K_1$  – коефіцієнт, що враховує тип аератора: для дрібнобульбашкової аерації в залежності від співвідношення площ аерованої зони і аеротенку ( $f_{az}/f_{at}$ )

$$f_{az}/f_{at}=5557,5/7020=0,79. K_1=2,16.$$

$K_2$  – коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аераторів  $h_a=4,2\text{м}$ .  
 $K_2=2,6$ .

$K_T$  – коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод:

$$K_T=1+0,02(T_w-20), \quad (2.12)$$

$T_w$  – середньомісячна температура стічних вод за літній період, °С.  
 $T_w=24,5^\circ\text{С}$ .

$$K_T=1+0,02(24,5-20)=1,09$$

$K_3$  – коефіцієнт якості стічних вод.  $K_3=0,9$ .

$C_a$  – розчинність кисню у воді, мг/л:

$$C_a=(1+h_a/20,6)C_T \quad (2.13)$$

$C_T$  – розчинність кисню повітря у воді в залежності від температури та тиску.  $C_T=8,25 \text{ мг/л}$ .

$$C_a=(1+4,2/20,6)8,25=9,93 \text{ мг/л}$$

$$q_{air}=1,1(376,66-19,95)/(2,16 \cdot 2,6 \cdot 1,09 \cdot 0,9(9,93-2))=8,88 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

### 2.2.5 Повітродувна станція

У повітродувній станції для подачі повітря в аеротенки встановлене обладнання:

ротаційна повітродувка GM 220 L - 1 шт., (№2).

- продуктивність 11400 м<sup>3</sup>/год.;



- характеристики електродвигуна  $N = 250$  квт,  
ротаційна повітродувка ВР-150 – 3 шт., ( №6,9,10).

- продуктивність  $10320 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;

- характеристики електродвигуна  $N = 250$  квт,  
ротаційна повітродувка ВР-155 – 1 шт., (№7).

- продуктивність  $10380 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;

- характеристики електродвигуна  $N = 200$  квт  
турбоповітродувки ТВ-175 – 1шт., ТВ - 1,6 – 1 шт., (№12,13).

- продуктивність  $10500 \text{ м}^3/\text{год.}$ ;

- характеристики електродвигуна – 250 квт.

На першу технологічну лінію повітря може подаватися повітродувками №№2,6,7.

На другу технологічну лінію повітря може подаватися повітродувками №№7,9,10,12,13.

З ППЧ працюють п'ять повітродувок: №№2,6,10,9,7, із них попарно об'єднані повітродувки №2 і №6.

Робота повітродувного обладнання можлива як у ручному, так і в автоматичному режимі. Для автоматичної роботи повітродувок робочий тиск у повітроводі встановлено не більше 0,52 бар.

Від повітродувної станції до аеротенку над поверхнею землі прокладений повітровід Д 1200 мм довжиною 105 м. Поверхня повітрово́ду захищена тепло-, шумоізолюючим шаром. Всі повітроводи від повітродувної станції до опускних трубопроводів з чорного металу, опускні трубопроводи з нержавіючої сталі.

Для затримання продуктів корозії і конденсату вздовж загального повітрово́ду Д 1200мм – 700 мм встановлені відстійники для скиду. В кінці всіх трьох повітрово́дів, які прокладені вздовж коридорів аеротенка також є можливість викиду повітря і продувки повітрово́дів – встановлені випуски Д 25 мм.

Загалом відомим фактом є той, що з усього обладнання, яке обслуговує будь-які очисні станції стічних вод, витрати електроенергії на безперервну роботу системи аерації складають від 50% до 70% їх закальної витрати. Рівномірний, достатній розподіл  $O_2$  в системах аерації - найоптимальніший і найрозсудливіший шлях економічно вигідного та ефективного очищення стічних вод [23, 24].

На описуваних очисних спорудах аеротенки забезпечуються повітрям зазвичай від 3-4 повітродувок.

Станом на липень 2023 р. аеротенки забезпечувались повітрям з 4-х повітродувних агрегатів: №9 та №10 – на аеротенк 9.1 (всього повітря - 20640  $m^3/год$ ); №2 та №7 (НПЧ 94%) на аеротенк 9.2 (всього повітря - 20120  $m^3/год$ ).

Питома витрата повітря,  $m^3/m^3$ :

$$q = Q_{\text{пов.}} / Q_{\text{вх.}} \quad (2.14)$$

де  $Q_{\text{пов.}}$  - добова витрата повітря,  $m^3/добу$ ;  $Q_{\text{вх.}}$  - об'єм добових вхідних стоків,  $m^3/добу$ .

$$q = 40760 \cdot 24 / 110000 = 8,89$$

Отриманий результат відповідає попереднім розрахункам

За даними з диспетчерської даної очисної станції, середньодобовий струм  $I_n$ , на них був наступний: №2 - 351 А, №7 - 310 А, №10 - 348 А, №9 - 350 А. Для розрахунків беремо коефіцієнт потужності  $\cos \varphi = 0,9$  (згідно паспортних даних цих агрегатів). Тоді їх фактичне електроспоживання (умови трифазної мережі) складе [25]:

$$P_s = I \cdot \sqrt{3} \cdot 0,38 \cdot \cos \varphi \cdot 24, \text{ кВт.год/добу} \quad (2.14)$$

$$P_s = (351 + 310 + 348 + 350) \cdot 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 24 = 19\,298 \text{ кВт/добу}$$

Враховуючи, що в зимовий період сила струму на повітродувних агрегатах збільшується на 5-7 А (щільність повітря зі зиженням температури збільшується, його важче переганяти), матимемо:

$$P_w = (351 + 310 + 348 + 350 + 4 \cdot 7) \cdot 1,73 \cdot 0,38 \cdot 0,9 \cdot 24 = 19\,695 \text{ кВт.год/добу}$$

Отже, за умови роботи на цьому ж обладнанні і його налаштуваннями, в різні пори року матимемо витрату електроенергії на аерацію 19 298 - 19 695 кВт.год/добу

### 2.2.6 Вторинні радіальні відстійники

На кожній технологічній лінії розміщено - по 2 радіальних відстійника.

Споруди являють собою відкриті резервуари, круглі в плані з наступними параметрами:

- діаметр – 40,0 м,
- глибина – 3,7 м,

Мулова суміш по трубопроводу  $D = 600\text{мм}$  надходить у центральний розподільний пристрій (направляючий циліндр), що кріпиться на центральній опорі, звідки через нижню частину висхідним потоком рухається в напрямку периферійного водозбірного лотка із зубчастим водозливом із нержавіючої сталі.

Мул що осаджується, постійно видаляється з відстійника за допомогою мулососа ВРУ-40, продуктивністю  $1230\text{ м}^3/\text{год}$ . Швидкість руху ферми  $1,33\text{ об/год}$ .

Робочим органом мулососа є сосуни, зєднані з мулоприймними трубами.

Потрапляння мулу в сосуни відбувається під гідростатичним тиском за рахунок різниці висот рідини у відстійнику й камері випуску мулу. Мулоприймна труба входить до складу просторової ферми як нижній пояс.

Ферма моста, розташована радіально, несе на зовнішньому кінці приводний візок, що рухається по борту відстійника. Інший кінець ферми моста зєднаний зі шпилем, укріпленим на центральній опорі мулососа. По верху ферми моста влаштований прохідний місток до центральної опори.

На мулозбірних трубах є скребки з гумовими пластинами, які повинні по всій довжині прилягати до дна відстійника. Вхідні отвори сосунів мулозбірних труб розташовані у бік обертання мулососа. Через

мулоприйомну трубу мул попадає в кільцеву камеру й відводиться з відстійника.

Мул, що забирається мулососами, надходить в мулову камеру, обладнану шибром з електроприводом, за допомогою якого регулюється кількість мулу, що видаляється з відстійника. У камері встановлений витратомір «Prosonic» для обліку кількості мулу (на кожному відстійнику). Самопливом мул надходить у резервуар насосної станції №11 циркуляційного активного мулу і далі за допомогою насосів - у мулову камеру №12 для розподілу на резервуари №1 і № 4.

Згідно даних вищевказаних витратомірів, при тому, що шибери камер зворотнього мулу відкриті на 100%, з обох відстійників за надходить до  $Q_5=56\ 000\ \text{м}^3/\text{добу}$  (графічна частина, лист 2) зворотнього активного мулу, тобто до  $2333\ \text{м}^3/\text{год}$ .

#### 2.2.7 Насосна станція зворотнього мулу

Насосна станція №11 служить для подачі активного мулу, вилученого із вторинних відстійників, на споруди біологічного очищення - у резервуари денітрифікації й дефосфотації, і виведення надлишкового активного мулу із системи в мулоущільнювачі.

У насосній станції встановлене наступне обладнання:

- 2 шт. типу GRUNDFOS SE 1.85.100.100.4 із характеристиками:  $Q=299\ \text{м}^3/\text{год}$ .,  $H=19\ \text{м}$ .,  $N=11,6\ \text{кВт}$  – для перекачування надлишкового активного мулу, кількість якого враховується витратоміром «Promag», який встановлений у насосній станції №11 на загальному трубопроводі. - насоси горизонтальні відцентрові - 6шт, типу ДО 500-630/18 ЗН із характеристиками:  $Q = 2445\ \text{м}^3/\text{год}$ ,  $H = 13\text{м}$ ,  $N = 132\ \text{кВт}$ . – 6шт., для перекачування рециркуляційного мулу; в роботі знаходяться завжди 2 насоси, 4 – в резерві.;

Для можливості гнучкого регулювання подачі кількості активного мулу чотири циркуляційні насоси обладнані приводом із програмованою змінною

частотою обертання (ППЧ), що регулює швидкість мотора за допомогою модулювання переданої енергії.

Об'єм перекачування надлишкового активного мулу регулюється в залежності від технологічної необхідності відповідними уставками дистанційно з диспетчерської. Згідно облікових журналів обраної очисної станції він становить 80–120 м<sup>3</sup>/год. Приймаємо 2400 м<sup>3</sup>/добу.

Об'єм рециркуляційного мулу, розраховують за формулою:

$$Q_6 = Q_5 - Q_9, \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.14)$$

де  $Q_5$  - об'єм загального зворотнього мулу з відстійників, м<sup>3</sup>/добу;  $Q_9$  - об'єм надлишкового активного мулу, м<sup>3</sup>/добу.

$$Q_6 = 56000 - 2400 = 53600 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Мул разом із плаваючими речовинами вторинних відстійників й мулова вода з мулоущільнювачів надходить у резервуар насосної станції №11 по трубопроводу  $D = 1500\text{мм}$ .

#### 2.2.8 Мулоущільнювачі і насосна станція ущільненого мулу

Мулоущільнювачі служать для зневоднення надлишкового активного мулу шляхом ущільнення і зниження вологості мулу до 97 – 98 %.

Споруди являють собою відкриті резервуари – 3шт., круглі в плані з наступними параметрами:

- діаметр – 20м;
- глибина – 3,9м;
- діаметр центрального розподільного пристрою – 2,0м.

Надлишковий активний мул надходить з вторинних відстійників у розподільну камеру мулоущільнювачів. Регулювання подачі мулу між спорудами виконується шибєрними заслінками. У центральний розподільний пристрій мул надходить по трубопроводу, покладеному на ферму споруди.

Мулоущільнювач, обладнаний шурувальним пристроєм, на якому закріплені обертаючі скребки, для перемішування мулу з метою поліпшення

процесу ущільнення. Мул збирається в приямок, розташований у центральній частині мулоущільнювача, звідки відкачується насосами. Для видалення мулу з бічних поверхонь приямка, передбачається установка двох скребків. Донні скребки в приямку оснащені гнучкими брудознімачами.

Надмулова вода надходить у лійку й подається в резервуар зворотного мулу насосної станції №11 .

У насосній станції № 13 при мулоущільнювачах для подачі мулу на мулонасосну встановлене наступне обладнання:

- насоси шнекові – 3шт., Hydro-Vacum S.A модель WZA 3.06.1.2200, продуктивністю  $Q = 54,5 \text{ м}^3 / \text{год.}$ , напір  $H = 60\text{м}$ , з параметрами електродвигуна  $N = 1,2 \text{ квт}$  год. - 3 шт.;

На трубопроводі подачі ущільненого мулу встановлений витратомір «УДР-011», що враховує кількість мулу, що відкачується з мулоущільнювачів. Згідно облікових журналів обраної очисної станції він становить до  $Q_{11} = 650 \text{ м}^3 / \text{год}$  (графічна частина, лист №2).

Тоді середній об'єм надмулової води отримаємо за формулою:

$$Q_{10} = Q_9 - Q_{11}, \text{ м}^3 / \text{добу} \quad (2.15)$$

$$Q_6 = 2400 - 650 = 1750 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

Можлива автоматична робота насосів ущільненого мулу, для чого необхідно задати годинну витрату мулу, що підлягає видаленню зі споруд.

На мулонасосній для перекачування мулу встановлене наступне обладнання:

- насос 2СМ 200-150-500/4, 2шт., продуктивність  $Q = 400 \text{ м}^3 / \text{год}$ , напір  $H = 80 \text{ м}$ , потужність електродвигуна  $N = 160 \text{ квт/г.}$ , п-1500 об/хв

- насос СМ 100-65-250/2, 1шт, продуктивність  $Q = 76 \text{ м}^3 / \text{год}$ , напір  $H = 80 \text{ м}$ , потужність електродвигуна  $N = 45 \text{ квт/г.}$ , п-3000 об/хв.

### 3. ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ ОЧИСНИХ СПОРУД

#### 3.1 Постановка проблеми

За результатами аналізу роботи 12-коридорного аеротенку, в плані 90х90х4,5м виявлено наступні проблеми: обмежене регулювання інтенсивності аерації (з одного опусного повітроводу на декількох коридорах); підриви аераторів у 3-х місцях: формування застійних зон; фактична кількість робочих аераторів є недостатньою для насичення повітрям мулової суміші; відсутність аераторів у зонах денітрифікації; значні витрати електроенергії, зокрема як результат збільшення інтенсивності подачі повітря для компенсації недостатньої кількості аераторів.

Дільниця лабораторного контролю стічних вод щоденно відбирає проби для аналізу якості очищення згідно графіку лабораторно-технічного контролю роботи очисних споруд населеного пункту, затвердженим начальником технологічного відділу. У таблиці 3.2 представлені середні показники якості очищення стічних вод по азотвмісним сполукам, фосфору та розчиненому кисню з щоденних аналізів 2022 року.

Графік лабораторного контролю описуваних очисних споруд передбачає не суцільний, а відбір проб по певних спорудах, достатній для загального щодобового аналізу якості очищення стічних вод.

З таблиці 3.2 бачимо, що загалом якість очищення 2022 р по вказаним параметрам відповідає вимогам ГДС (табл. 2.2). Але, якщо по процесам нітрифікації-денітрифікації все ще далеко до меж ГДС на виході, то скид фосфатів у водний об'єкт наближається до межі описаних вимог, окрім того, видно, що у 6-му коридорі, який є анаеробним процес дефосфатації, по суті, не відбувається. Також видно, що у коридорі №2 замало розчиненого кисню [3].

Таблиця 3.1 – Середні щоденні показники якості очищення стічних вод I черги, 2022 р.

Споруди	Азот амонійний, 3 мг/дм <sup>3</sup>	Нітрити, 1,10 мг/дм <sup>3</sup>	Нітрати, 60 мг/дм <sup>3</sup>	Фосфати, 5,00 мг/дм <sup>3</sup>	Розчинений кисень, не менше 4 мг/дм <sup>3</sup>
Камера гасіння	49,24	0,013	0,88	14,02	
I черга	–	–	–	–	–
Басейни: №1	15,42	0,158	0,75	15,58	–
№2	16,02	0,201	0,66	39,63	0,99
№3	14,58	0,131	0,83	32,41	–
Аеротенк №1 к.2	–	–	–	–	1,99
Коридор 4	8,48	1,49	29,36	9,82	1,97
Коридор 6	13,38	0,242	0,82	9,46	1,27
Коридор 8	–	–	–	–	3,12
Коридор 11	–	–	–	–	3,95
Коридор 12	0,92	0,055	53,30	5,02	–
Лоток №1	0,94	0,079	53,93	4,77	–
Загальний лоток	1,18	0,099	56,38	4,87	6,09

Регулювати його подачу повітря можна електрифікованими затворами на кожному з 3-х повітроводів, або локальними затворами на опусках, але невирішеною проблемою залишається підрив аераторів у 3-х місцях за весь період експлуатації системи (рис.3.1). На даному рисунку пунктирами виділено аератори, що вирвалися з системи у процесі експлуатації. №1 - листопад 2017 р., №2 - квітень 2021 р, №3 - червень 2022 р., через це дискові затвори опусків, що ведуть до них і орієнтовані на подачу повітря аж на 2 коридори одразу – прикриті максимально, сформувавши майже анаеробні зони.



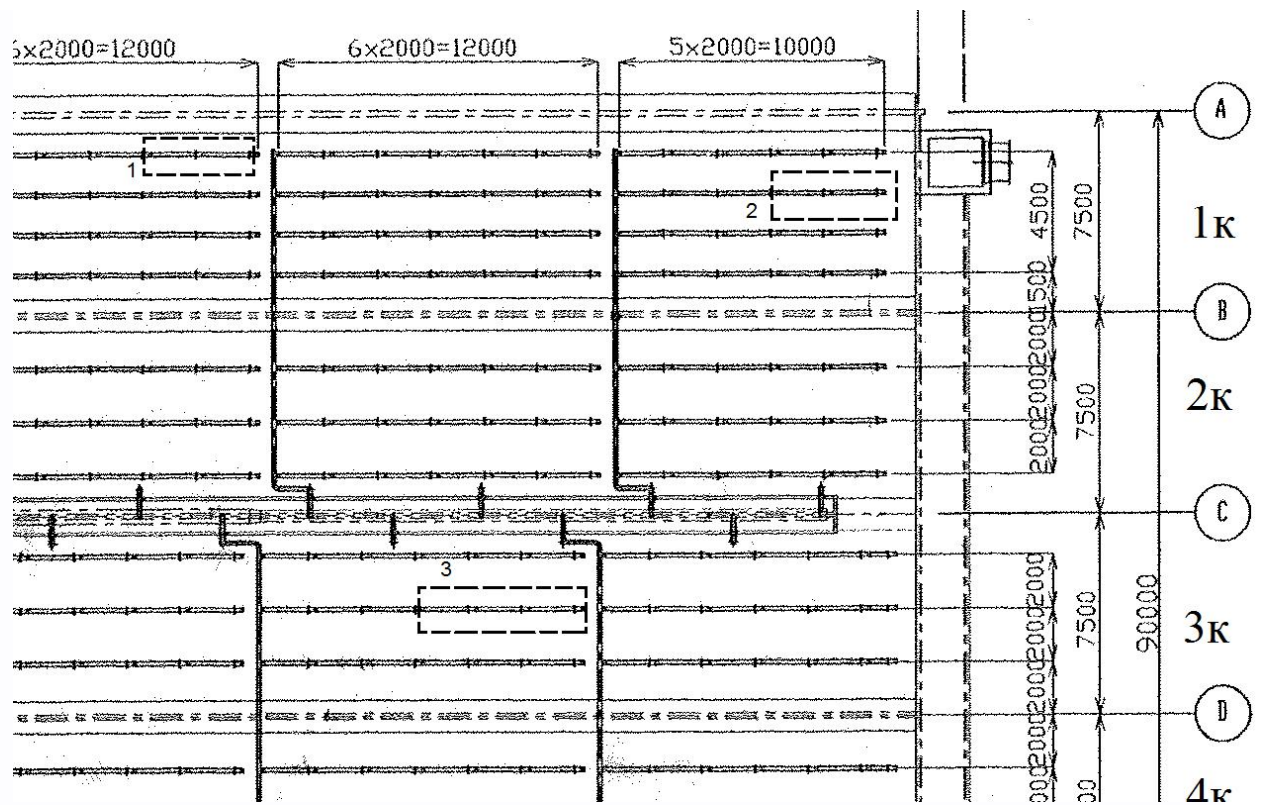


Рисунок 3.1 — Зони підривів аераторів аеротенку №1 очисних споруд населеного пункту

### 3.2. Оптимізація роботи аеротенку №1 очисних споруд населеного пункту

Метою цієї роботи є покращення якості біологічного очищення, шляхом заміни системи аерації аеротенку обраних очисних споруд населеного пункту (розглядаємо аеротенк 9.1, так як на ньому остання реконструкція проходила у 2011 р., а на 9.2 – у 2012 р.). В даних аеротенках були застосовані технології нітрифікації-денітрифікації, що забезпечують видалення як органічних забруднюючих домішок, так і зеднань біогенних елементів.

Параметри стічних вод, що подаються в аеротенк вказані у табл. 3.2.

Для вибору та розрахунку схеми систем аерації в аеротенках очисних споруд, були прийняті такі вихідні дані:

Витрата стічних вод – 110 тис.м<sup>3</sup>/сдоб.

Максимальний годинний приток – 8500 м<sup>3</sup>/год.

Коефіцієнт годинної нерівномірності – 1,47

Тип стічних вод: - виробничі, - госп. побутові.

Кількість анаеробних резервуарів – 3 секції на 1 з 2-ох черг

Розмір секції резервуару – діаметр 40 м.

Кількість коридорів аеротенків – 12 шт.

Розмір коридорів аеротенка – 12×6.5×90.0×4.5 м

Впуск стічних вод – у початок 1-го та 5-го коридорів.

Витрата активного мулу - 53600 м<sup>3</sup>/доб.

Концентрація мулу в аеротенку – 2,8 - 3,4 г/дм<sup>3</sup>.

Таблиця 3.2 – Параметри стічних вод, що подаються в блок біологічного очищення

№	Параметри	(мін.-сер.-макс.):
1	ХСК	300.0 – 322.0 – 390.0 мг/дм <sup>3</sup>
2	БСК <sub>5</sub>	279.0 – 283.2 – 284,4 мг/дм <sup>3</sup>
3	Завислі речовини	270.0 – 276.0 – 281.0 мг/дм <sup>3</sup>
4	Азот амонійний	23.69 – 31.54 – 49.73 мг/дм <sup>3</sup>
5	Нітрити	0.0 – 0.016 – 0.05 мг/дм <sup>3</sup>
6	Нітрати	0.77 – 1.09 – 1.8 мг/дм <sup>3</sup>
7	Фосфати	10.26 – 12.51 – 18.6 мг/дм <sup>3</sup>
8	Залізо загальне	0.58 – 0.79 – 0.97 мг/дм <sup>3</sup>
9	Температура стічних вод, зима	14.0 – 17.8 – 19.5 °С
10	Температура стічних вод, літо	20.1 - 23.0 - 25.0 °С
11	Витрата стічних вод	95000 – 100000 - 110000 м <sup>3</sup> /доб
12	Витрата активного мулу	53 600 м <sup>3</sup> /доб
13	Концентрація мулу в аеротенку	2.8 – 3.1 – 3.4 г/дм <sup>3</sup>

Для удосконалення роботи інженерного об'єкту біологічного очищення запропоновані наступні заходи з реконструкції системи аерації:

- збільшення кількості променів трубчатих аераторів типу АКВА-ЛАЙН-М в коридорах №№1,2,8,9 з 3–4 до 6-ти, №10 – до 5-ти та збільшення кількості опускних повітроводів з 47 до 80 шт. ;

- застосування дискових аераторів типу AP -300 М в денітрифікаційній зоні для можливості періодичного переведення всієї системи очищення в режим нітрифікації з урахуванням вимог технологічного процесу.

В даній роботі пропонується монтаж системи аерації в зоні перемішування – 5, 6 та половині 7-го коридору. Враховуючи періодичну роботу системи аерації в зонах перемішування пропонується встановити в кожен коридор аератори AP-300М. Така система аерації забезпечить насамперед ефективно перемішування мулової суміші та часткове насичення її киснем.

Щільність розташування аераторів на дні аеротенку впливає на кінетику, масообмін та гідродинаміку процесу очищення стічних вод [26]. Аератори після запропонованої реконструкції в усіх коридорах мають бути розміщені наступним чином:

трубчасті аератори модифікації АКВА-ЛАЙН-М:

- в коридорах №1, 2, ½7, 8, 9 по 6 променів;
- в коридорі №10 – 5 променів;
- в коридорах №3, 4, 11, 12 по 3 променя.

дискові аератори з гумовою мембраною модифікації AP -300М:

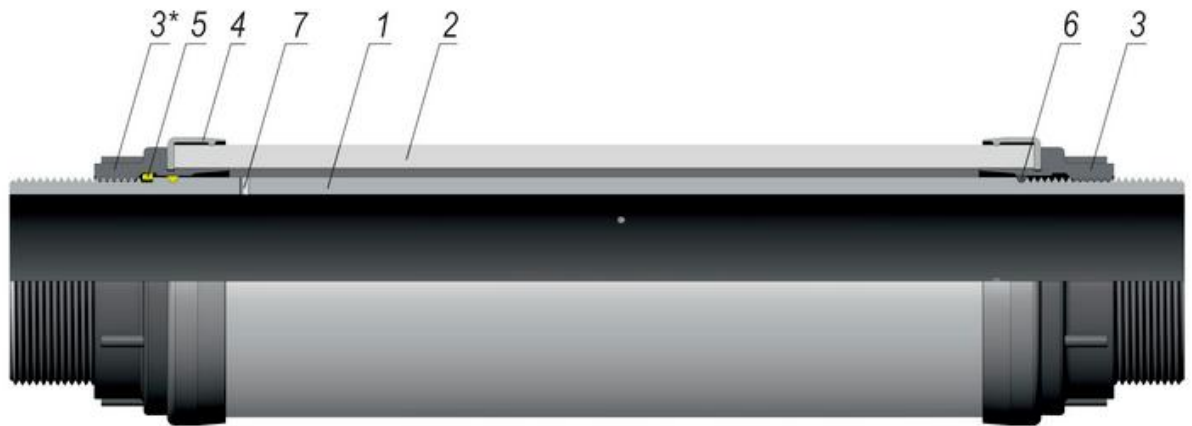
- в коридорах № 5, 6, ½ 7 по 4 променя.

В аноксидній зоні, коридори №5,6,½7, система аерації вмикатиметься в роботу періодично, за технологічною необхідністю.

Параметри аераторів трубчатих модифікації АКВА-ЛАЙН-М (рис. 3.2, лист 5 графічної частини) [27]:

- загальна довжина аератора – 1000 мм , 1500 мм і 2000 мм;
- зовнішній діаметр – 118±3 мм.

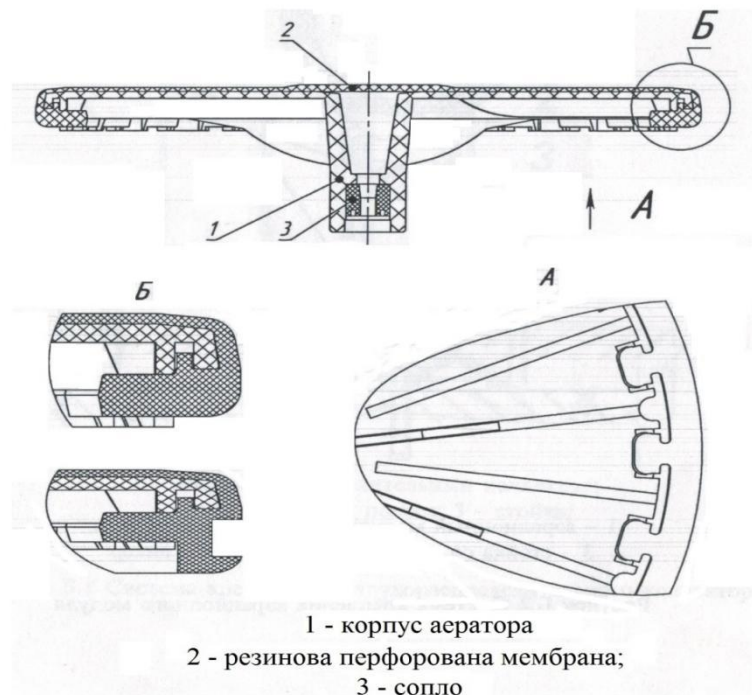
Робочий діапазон: робочий внутрішній тиск до 8 атм.; пропускна здатність до 25 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> , рекомендована пропускна здатність – от 6 до 15 м<sup>3</sup>/год на 1 м аэратора. Розмір бульбашок повітря 1-4 мм.



1 – каркас з ПЕ труби; 2 – диспергатор; 3,3\* – притискна гайка;  
4 – манжета; 5 – стопорне кільце; 6 – кільце ущільнювача;  
7 – система отворів каркасу.

Рисунок 3.2 – Схема аератора (фільтра) АТФ АЛМ АФ

Параметри дискових аераторів АР -300 М (рис. 3.3 , лист 6 графічної частини): зовнішній діаметр – 290 мм. Площа аерованої поверхні - 0,066 м<sup>2</sup> . Робочий діапазон: робочий внутрішній тиск до 8 атм., пропускна здатність 2-10 м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup> , рекомендована пропускна здатність – від 4 до 6 м<sup>3</sup>/год на 1 м аератора.



1 - корпус аератора  
2 - резинова перфорована мембрана;  
3 - сопло

Рисунок 3.3 – Схема аератора АР -300 М

Для анаеробної зони обираються аератори АР-300М, бо на відміну від трубчастих перші складаються з перфорованої гумової мембрани (саженаповнена гума суміш на основі бутил-етилепропіленових каучуків), перфорації якої закриваються при зупинці подання повітря, закриванні дискових поворотних міжфланцевих затворів ДУ-150 мм Ру-16кг/см<sup>2</sup> на опусках, внаслідок чого в систему не може потрапити вода. Конструкція гумової мембрани забезпечує ефективну аерацію впродовж 10 років [28,29].

З табл. 3.3 бачимо, що запланована загальна довжина трубчастих аераторів 3474,5 м [30]. Виходячи з їх рекомендованої пропускної здатності будемо мати до 52117,5 м<sup>3</sup>/год повітря в основній зоні аерації, чого достатньо.

Таблиця 3.3 – Порівняння існуючої та пропонованої аераційної системи

№	Аераційна с-ма аеротенку №1			Пропонована аераційна с-ма аеротенку №1				
	Коридор	К-сть променів, шт	Довжина АКВА-ЛАЙН-М, м	Об'єм зони, м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>	К-сть променів, шт	Довжина АКВА-ЛАЙН-М, м	К-сть аква-ПЛАСТ АР-300М,	Об'єм зони, м <sup>3</sup> / м <sup>2</sup>
1	1/2 3 ; 1/2 4	3	292	I аеробна зона, 12150 / 2700	6	495	–	I аеробна зона, 12150 / 2700
2		3	246		6	456	–	
3		3	246		3	223,5	–	
4		3	246		3	249	–	
5	–	–	–	II анаеробна зона, 6075 / 1350	4	–	488	II анаеробна зона 7594 / 1688
6		–	–		4	–	480	
7	1/2 3 ; 1/2 4	3	285	II аеробна зона, 18225 / 4050	1/2 6 ; 1/2 4	192	252	II аеробна зона (-1/2 7 корид.), 16706 / 3712
8		3	243		6	495	–	
9		3	246		6	501	–	
10		3	246		5	380	–	
11		3	246		3	232,5	–	
12		3	246		3	250,5	–	
Σ			2542	–	3474,5	1220	–	
	Площа, м <sup>2</sup>		940,5	–	–	1285,6	80,5	–
	% поверхні		13,9	–	–	20,0	4,8	–

Запланована загальна кількість дискових аераторів 1220 шт., з яких при максимально рекомендованій пропускній здатності матимемо 6100 м<sup>3</sup>/год повітря на допоміжну систему аерації.

Також, з метою запобігання залягання осаду в аноксидній зоні аеротенку №1 пропонується встановити додатково 3 дволопатевої мішалки (рис.3.4), що по технічним характеристикам відповідали б існуючим Amarpop V 47-1600/1 4 URG: діаметр лопатей 1600 мм KSB (Німеччина), N=1,25 кВт. (рис.2.3).

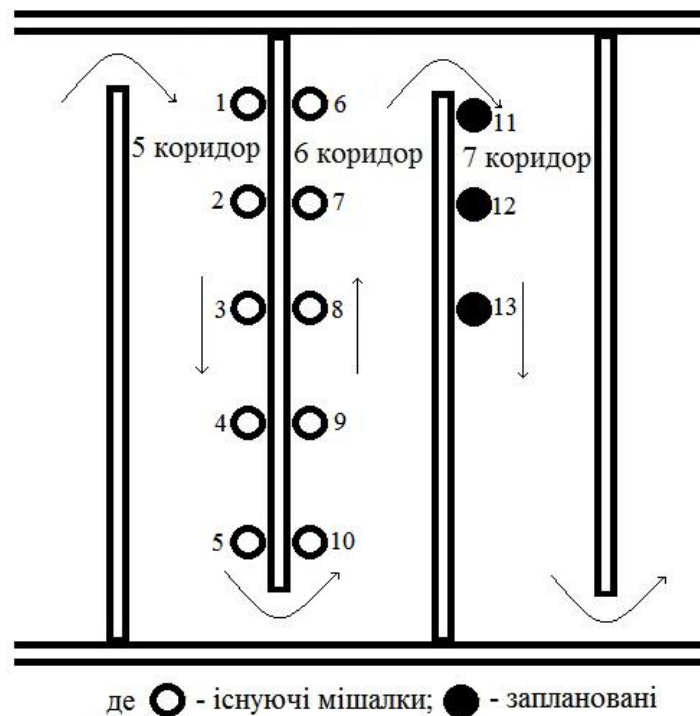


Рисунок 3.4 – Схема розміщення додаткових мішалок в анаеробній зоні аеротенку

## 4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Аналіз шкідливих та небезпечних факторів для блоку біологічного очищення.

Обслуговування споруд біологічного очищення описаних очисних споруд населеного пункту згідно штатного розкладу комунального підприємства, до якого вони відносяться забезпечують: оператор на аеротенках, оператор на відстійниках, машиніст насосних та машиніст компресорних установок. Кожна професія має перелік своїх небезпечних факторів, визначених при атестації робочого місця і, відповідно, має свою інструкцію з охорони праці.

Оператор на аеротенках. При виконанні робіт можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- температурні впливи навколишнього середовища;
- можливість впливу хлор-газу при знаходженні в зоні зараження при аварії в хлораторній на даних очисних спорудах;

При виконанні робіт оператора на відстійниках можлива присутність небезпечних і шкідливих виробничих факторів:

- рухомі та обертові частини обладнання, механізмів, машин;
- можливість впливу хлор-газу при знаходженні в зоні зараження при аварійній;
- робота на відкритих майданчиках;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може проходити крізь тіло людини;
- недостатня освітленість робочої зони;
- загазованість колодязів, камер.

Машиніст компресорних установок. При виконанні робіт можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може відбутися через тіло людини;
- шум;
- рухомі машини і механізми, незахищені рухомі елементи виробничого обладнання;
- вібрація;
- можливість впливу хлор-газу при знаходженні в зоні зараження при аварії в хлораторній на даних очисних спорудах.

Машиніст насосних установок. При виконанні робіт можливий вплив небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

- незахищені рушійні та обертові частини обладнання, механізмів, машин;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- недостатня освітленість робочого місця;
- шум;
- санітарна небезпека при зіткненні зі стічною рідиною;
- можливість впливу хлор-газу при знаходженні в зоні зараження при аварії в хлораторній на даних очисних спорудах.
- наявність у повітрі робочої зони шкідливих газів (сірководень, аміак);
- санітарна небезпека при зіткненні зі стічною рідиною.

#### 4.2 Загальні вимоги до біологічних очисних споруд

До загальних вимог забезпечення безпеки робітників, працівників сторонніх організацій, студентів, практикантів, які прибули на об'єкт і можуть знаходитися у межах блоку соруд біологічного очищення можна додати наявність на сорудах засобів колективного захисту (огороження, поручні, освітлювальне устаткування, пожежні щити, пожежні гідранти, вогнегасники, попереджувальні плакати, знаки безпеки, сховище, наявність



відсіву, заземлення, занулення, діелектричні килимки, сигналізація, вентиляція та ін.)

Мають бути спеціально відведені місця для паління з табличкою “Місця для куріння”, обладнані урною з вогнетривого матеріалу.

Всі споруди мають мати спеціально відведені для пересування доріжки. Робітники та представники сторонніх організацій мають рухатися лише по певним укладеним маршрутам.

Самі споруди, що знаходяться простонеба (анаеробні басейни, аеротенки, відстійники, мулоущільнювачі, резервуари) мають бути у належному стані: бетонні конструкції, відмостка цілими, відсутня зайва рослинність: коріння дерев, бур'янів не мають руйнувати конструкції, перешкоджати рух працівників.

#### 4.3 Вимоги до обслуговування споруд біологічного очищення

Як згадувалося в п.4.1 обслуговування споруд біологічного очищення описаних очисних споруд населеного пункту згідно штатного розкладу забезпечують: оператор на аеротенках, оператор на відстійниках, машиніст насосних та машиніст компресорних установок. Кожна з професій має свої обов'язки, вимоги обслуговування.

Робочим місцем оператора на аеротенках є безпосередньо аеротенки та анаеробні резервуари, розподільна камера рециркуляційного мулу №12, приміщення для чергового персоналу, прилегла територія відповідних споруд.

Оператор на аеротенках виконує систематичний обхід, огляд аеротенків, розподільних камер, анаеробних басейнів. Слідкує за рівномірним розподілом стічних вод, циркуляційного мулу, повітря, рівномірним перемішуванням муловодяної суміші в аеротенку. При накопиченні плаваючого сміття, не опираючись на перила, прибирає його у відра (вага

має не перевищувати 7 кг), а потім у контейнери спеціальним інструментом з ручкою достатньої довжини у засобах захисту рук.

Для оператора на відстійниках описуваних очисних споруд робочим місцем є вторинні радіальні відстійники, мулові камери, мулоущільнювачі, обладнанні скребковими механізмами і насосна станція по перекачуванню ущільненого мулу №13.

Оператор на відстійниках виконує щозмінне очищення кругового жолобу з зубчастим переливом відстійника від забруднень. Проводить щогодинний обхід, огляд споруд і устаткування, звертаючи особливу увагу на цілісність будівельних конструкцій, роботу мулососів (мулоскребів), електродвигунів, пересувних ферм, надійне кріплення кожухів, стан шиберів на розподільних камерах і мулових камерах, стан кругового жолобу з зубчастим переливом; контролює надходження стічної води і рівномірний її розподіл по відстійниках, рівномірний перелив через переливні кромки; в зимовий час очищати колії від льоду, очищати і посипати піском шляхи підходу до споруд.

Машиністи компресорних установок обслуговують компресорні установки, турбокомпресори повітряні, повітродувки (далі компресорні установки) повітродувної станції і в приміщенні грабельного відділення, на очисних спорудах.

В обов'язки машиніста входить: підтримання заданого технологічного режиму подачі повітря (контроль його параметрів: тиску, вмісту вологи), ведення технологічної документації, контроль за станом обладнання, що працює під тиском, трубопроводів повітря і іншого устаткування компресорної. Зобов'язаний забезпечити безперебійну і безаварійну роботу компресорних установок очисних споруд відповідно до встановленого технологічного режиму роботи, вимог інструкцій. Зупинка роботи компресорної установки більш, ніж на 2 години, може привести до загибелі мікроорганізмів активного мулу в спорудах біологічної очистки стічних вод аеротенків.

Робочим місцем машиніста насосних установок обраних очисних споруд є насосна станція активного рециркуляційного мулу №11, мулонасосна станція. Машиніст насосних установок насосної станції:

- регулює подачу надлишкового мулу за допомогою засувки на мулові камери;
- контролює рівень мулу в резервуарі насосної станції №11;
- здійснює огляд та контроль стану трубопроводів, приладів КВП, технологічного процесу, обладнання, вентиляції протягом зміни, режиму роботи обладнання;
- веде систематичний облік роботи насосних агрегатів, вносячи відповідні записи до журналу експлуатації;
- підтримує належний санітарний стан приміщень та території насосної станції;
- здійснює обслуговування насосних агрегатів (набивання та підтяжку сальників, додає мастило та ін.)

#### 4.4 Засоби індивідуального захисту для роботи

Відповідно до колдоговору комунального підприємства, до якого відносяться описувані очисні споруди населеного пункту, робітники забезпечуються наступними засобами індивідуального захисту [31]:

Оператор на аеротенках забезпечується спецодягом (костюм бавовняний, куртка утеплена, штани утеплені, рукавички гумові господарські, спецвзуття (черевики кирзові), плащ прорезинений), на випадок ураження хлором-газом - протигаз з коробкою марки В і іншими засобами захисту відповідно до типових норм і колдоговору.

Оператор на відстійниках забезпечується спецодягом (костюм бавовняний, куртка утеплена, штани утеплені, рукавички гумові господарські, рукавиці комбіновані) спецвзуття (черевики кирзові), плащ прорезинений), на випадок

ураження хлором-газом – протигаз з коробкою марки В і іншими засобами захисту відповідно до типових норм і колдоговора.

Машиніст компресорних установок забезпечується спецодягом (костюм бавовняний, куртка утеплена, рукавиці комбіновані, рукавички гумові господарські, навушники протишумові), спецвзуттям (черевики кирзові), на випадок ураження хлором-газом – протигаз з коробкою марки В і іншими засобами захисту відповідно до типових норм і колдоговору.

Для запобігання дії шкідливих та небезпечних факторів або зниження ступеня їх впливу машиніст насосних установок забезпечується спецодягом (костюм бавовняний або напівкомбінезон бавовняний, куртка бавовняна, куртка утеплена, рукавиці бавовняні, гумові рукавички), спецвзуттям (черевики кирзові, взуття спеціальне, чоботи гумові). При очищенні решітки вручну додатково – фартухом прогумованим, респіратором, рукавичками гумовими господарськими. Для захисту від ураження електричним струмом застосовують, діелектричні рукавички. На випадок ураження хлором-газом – протигазом з коробкою марки В. Інші засоби захисту відповідно до типових норм та колдоговорів.

#### 4.5 Пожежна безпека

Виконання вимог «Правил пожежної безпеки в Україні» обов'язково для всіх працівників підприємства та осіб сторонніх організацій що перебувають на території підприємства або залученні до виконання робіт на підприємстві або набувають знання [32].

Забезпечення пожежної безпеки є складовою виробничої діяльності посадових осіб та робітників підприємства, працівників сторонніх організацій та студентів (осіб що проходять навчання на виробництві).

Працівник зобов'язаний:

- дотримуватись вимог правил та інструкцій з пожежної безпеки; при виявленні загоряння або задимлення оцінити обстановку, повідомити

безпосередньому керівнику або іншій посадовій особі, диспетчеру, - застосувати засоби пожежогасіння;

- повідомити в пожежно-рятувальний підрозділ про пожежу та вжити заходи для ліквідації або локалізації пожежі, порятунку людей та майна; - знати правила застосування засобів пожежогасіння.

При виконанні робіт у приміщеннях з вибухо- та пожежонебезпечною небезпекою дотримуватись вимог пожежної безпеки для цих приміщень.

Куріння на території підприємства дозволено лише у спеціально відведених та позначених написом або табличкою місцях «Місце для куріння», обладнаних урною з вогнетривкого матеріалу.

Проведення вогневих робіт поза межами зварювального поста виконувати тільки з оформленням наряду допуску на тимчасові вогневі роботи після погодження їх виконання з відповідальною особою за пожежну безпеку підрозділу

Протипожежні розриви між будинками, спорудами, відкритими майданчиками, для зберігання матеріалів, обладнанням, в'їзди на територію та в будівлі утримувати вільними.

Сировину, матеріали, напівфабрикати та готову продукцію зберігати у призначених та організованих для цього місцях, враховуючи можливість їхнього спільного зберігання. На робочих місцях не допускається зберігання легкозаймистих та горючих рідин (далі ЛЗР та ГР).

Регулярно прибирати ЛЗР, ГР та відходи з робочого місця.

Промаслене ганчір'я, тирсу та пісок, що використовувались для прибирання розли тих легкозаймистих та горючих рідин, своєчасно прибирати в спеціальні ящики.

Утримувати проходи до пожежних щитів (стендів), пожежних кранів, вогнегасників вільними. Застосовувати первинні засоби пожежогасіння лише за призначенням.

При протоці ЛЗР та ГР негайно засипати місце протоки піском, а потім прибрати пісок в спеціальну тару.

Для обігріву невеликих приміщень використовувати масляні радіатори та електропанелі тільки із закритими нагрівальними елементами. Ці прилади повинні мати справний індивідуальний електрозахист і терморегулятор.

При обслуговуванні та експлуатації обладнання дотримуватись вимог пожежної без пеки, у тому числі обумовлених в експлуатаційній документації цієї (паспорті) на обладнання

Працівник, що знаходиться на підприємстві, повинен ознайомитися з основним та запасним шляхом евакуації зі свого робочого місця, зі схемою шляхів евакуації на ділянці, в цеху. Шляхи евакуації утримувати вільними від захащення обладнанням, пристосування- ми, матеріалами, відходами тощо.

Для розігріву їжі користуватися спеціальним нагрівальним обладнанням побутового призначення із закритою спіраллю у встановлений час.

Слід пам'ятати, що пуск та зупинка обладнання це найнебезпечніші режими роботи. Виконувати всі операції під час роботи уважно, відповідно до вимог експлуатаційної документації, стежити за параметрами технологічного процесу, не допускати їх виходу за межі, зазначені в технологічній документації або на контрольно-вимірювальних приладах.

Заборонено залишати без контролю включені в електромережу нагрівальні пристрої, підключати їх без з'єднання вилка-розетка.

Виконання вогневих робіт поза межами стаціонарних постів допускається після оформлення наряд-допуску на виконання тимчасових вогневих робіт, виконання організаційних та технічних заходів, узгодження виконання робіт з відповідальною за пожежну безпеку особою об'єкта, наявності засобів захисту, засобів пожежогасіння та використання ширм чи щитів (при необхідності) для обмеження зони розлітання розплавленого металу та отримання опіків.

#### 4.6 Вимоги при роботі з електроустановками

Відповідно до п. 2.1. Правил безпечної експлуатації електроустановок, (Вимоги до працівників), порядок навчання і перевірки знань працівників має бути відповідним до галузевого положення про навчання, інструктаж і перевірку знань з питань охорони праці, узгодженого з Держнаглядом охорони праці, а також до вимог до електротехнічної обслуги, які містяться в ПТЕ.

Первинний (під час прийняття на роботу) та періодичний (протягом трудової діяльності) медичний огляд працівників провадиться згідно з Положенням про медичний огляд працівників певних категорій, затвердженим наказом Міністерства охорони здоров'я України від 31.03.94 № 45, зареєстрованим в Міністерстві юстиції України 12.05.94 за № 136/345. Працівники, що обслуговують електроустановки, зобов'язані знати ці Правила відповідно до займаної посади чи роботи, яку вони виконують, і мати відповідну групу з електробезпеки.

Працівнику, який пройшов перевірку знань Правил, видається посвідчення встановленої додатком 2 до цих Правил форми, яке він зобов'язаний мати при собі під час роботи.

Посвідчення про перевірку знань працівника є документом, який засвідчує право на самостійну роботу в електроустановках на зазначеній посаді за фахом.

Посвідчення про перевірку знань видається працівникові комісією з перевірки знань підприємства, організації після перевірки знань і є дійсним тільки після внесення відповідних записів.

Під час виконання службових обов'язків працівник повинен мати з собою посвідчення про перевірку знань. За відсутності посвідчення або за наявності посвідчення а простроченими термінами перевірки знань працівник до роботи не допускається.

Посвідчення про перевірку знань вилучається у працівника комісією з перевірки знань в разі незадовільних знань, керівником структурного підрозділу — в разі вигасання терміну дії медичного огляду.

Забороняється допускати до роботи в електроустановках осіб, які не пройшли навчання і перевірку знань цих Правил [33].

Правила безпеки при користуванні електроприладами:

- перед вмиканням електроприладу необхідно візуально перевірити електрошнур на наявність механічних пошкоджень.

- електроприлад повинен бути надійно заземлений згідно з правилами установки приладу.

- забороняється працювати з електроприладом вологими руками.

- не можна залишати електроприлад без нагляду на довгий час, після закінчення роботи перевірити, чи все вимкнено.

- при виявленні або виникненні несправності в електроприладі викликати електрика.

- категорично заборонено виконувати будь-які ремонтні роботи самостійно.

- забороняється тягнути за електричний шнур руками, тому що він може обірватися і вразити електричним струмом.

- неторкатися мокрими руками та не витирати вологою ганчіркою електричні кабелі, штепсельні розетки, вимикачі, інші електроприлади, ввімкнені в електромережу.

- не можна підвішувати речі на кабелі.

- не користуватися саморобними електричними приладами.

Під час обходу забороняється підходити до оголених дротів та чіпати їх руками; розводити багаття під лініями електропередач, поблизу підстанцій.



Якщо вже так сталося, що електричне обладнання загорілося, то перш за все потрібно вимкнути живлення. Якщо знеструмити електромережу неможливо, то слід пам'ятати: не можна застосовувати для гасіння воду та пінні вогнегасники, можна лише порошкові.

У разі виникнення в квартирі полум'я, потрібно негайно повідомити про це керівну особу та викликати пожежників за телефонним номером 101, покинути приміщення.

Рятування життя людини, ураженої струмом, у багатьох випадках залежить від швидкості та правильності дій осіб, що надають допомогу. Потрібно якнайшвидше звільнити потерпілого від дії електричного струму. Якщо неможливо відключити електричне обладнання від мережі, потрібно звільнити потерпілого від струмоведучих частин, не торкаючись його.

Заходи долікарської допомоги після звільнення потерпілого від струму залежать від того, в якому він стані. Допомогу потрібно надавати негайно, якщо можливо — на місці події, одночасно викликавши медичну допомогу. Якщо потерпілий не знепритомнів, потрібно забезпечити йому на деякий час спокій, не дозволяючи рухатися до прибуття лікаря. Якщо потерпілий дихає нечасто і судорожно, але прослуховується пульс, потрібно негайно зробити йому штучне дихання. У разі зупинки дихання, розширенні зіниць і посинінні шкіри потрібно робити штучне дихання і непрямий масаж серця [34].

## 5. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ РЕКОНСТРУКЦІЇ ОЧИСНИХ СПОРУД

### 5.1 Вихідні положення

Аераційна система в аеротенку №1 була встановлена у 2011р. виробництва НВФ «Екополімер». Період експлуатації станом на січень 2023р. становить 11 років. Згідно паспорту, виробник гарантує ефективну роботу фільтрів (аераторів) системи протягом не більше 5 років. Наразі в системі спостерігаються локальні підриви, формування застійних зон: листопад 2017 та квітень 2021 р. - у секції №1, в червні 2022 р. - секції №3. Аераційна система відпрацювала гарантійний строк експлуатації більше ніж в 2 рази, тому можливість підривів аераторів надалі буде спостерігатися ще більше і частіше, що унеможливить витримування заданого технологічного процесу очищення стічних вод.

Пропонується закупівля аераційної системи комбінованого типу: в зонах нітрифікації – трубчастих аераторів, в зонах денітрифікації – дискових мембранних аераторів.

Крім того, планується змінити подачу повітря в коридори аеротенка. Наразі в аеротенку №1 виконана подача повітря відразу на два коридори, що незручно при регулюванні подачі повітря на кожен коридор окремо. Під час заміни аераційної системи в аеротенку, будуть змонтовані додаткові опускні трубопроводи повітря в кожен коридор окремо.

Нова аераційна система дасть можливість уникнути утворення застійних зон, втрати повітря через підриви і, як наслідок, порушення процесу біологічної очистки та забезпечити стабільність виконання технологічного процесу очищення каналізаційних стічних вод населеного пункту.

Обґрунтування проектної потужності об'єкта, передбачуваного асортименту продукції, запланованої до випуску, а також міркування щодо її збуту: не передбачається зміна проектної потужності об'єкта .

Обґрунтування чисельності нових або додаткових робочих місць виробничого персоналу: у процесі реконструкції не створюються нові або додаткові робочі місця.

Дані про наявність сировинної бази, про забезпечення основними матеріалами, енергоресурсами, напівфабрикатами, трудовими ресурсами з обґрунтуванням можливості їх використання або одержання: підприємству необхідно закупити описану аераційну систему для реалізації описуваного проекту. При цьому, підприємство забезпечене енергоресурсами, трудовими ресурсами, допоміжними матеріалами, що є необхідними для реалізації даного проекту.

Оцінка впливів на навколишнє середовище (ОВНС): не очікується вплив на навколишнє середовище. Завдяки проведенню заходу передбачається попередження екологічного навантаження на водойму.

Дані інженерних вишукувань: реалізація проекту має відбуватися на існуючому об'єкті.

Основні рішення та показники з енергоефективності, порівняння варіантів, облік і використання вторинних та поновлюваних ресурсів, з охорони праці: пропонується аераційна система має бути встановлена на існуючому, діючому аеротенку, тому для реалізації заходу споруду необхідно буде спорозжити аеротенк. Не передбачається підготування, захит об'єкта від небезпечних техногенних чи природних факторів.

Основні технологічні, будівельні та архітектурно-планувальні рішення: монтаж аераційної системи в анаеробній зоні аеротенка, заміна існуючих аераторів в аеробних зонах аеротенка, а також монтаж додаткових опускних повітряних у кожну секцію (коридор) окремо.

Основні положення з організації будівництва: в усіх секціях аеротенка передбачається встановлення аераторів і трубопроводів повітря від існуючих повітряпроводів.

Основні рішення з санітарно-побутового обслуговування працюючих: оскільки реалізація проекту має відбуватися на існуючому об'єкті, то на

ньому вже вирішені всі питання санітарно-побутового обслуговування працюючих.

Основні рішення з вибухопожежної безпеки виробництва: встановлення нової системи аерації буде встановлюватись/реалізовуватись на діючих спорудах, що знаходяться на існуючій території очисних споруд, на ній вирішені питання з вибухопожежної безпеки виробництва.

Основні рішення щодо реалізації інженерно-технічних заходів цивільної оборони: на існуючому об'єкті очисних споруд вирішені питання щодо реалізації інженерно-технічних заходів цивільної оборони (цивільного захисту).

Ідентифікація та декларація об'єктів підвищеної небезпеки: обладнання аераційної системи буде виконано в діючому аеротенку, який знаходиться на існуючій території очисних споруд: доступність території об'єкта для маломобільних груп населення (крім об'єктів виробничого призначення)

Територія об'єкта недоступна для маломобільних груп населення, знаходиться під охороною.

Обґрунтування ефективності інвестицій: заміна аераційної системи на більш модернізовану забезпечить інтенсифікацію роботи споруд біологічного очищення, підвищить якість та ефективність проходження технологічного процесу, через покращення інтенсивності окиснювальних процесів у муловодяній суміші, це дасть можливість більш раціонально використовувати обладнання повітродувної станції, а отже знизити затрати електроенергії.

Проектні терміни будівництва: термін реалізації заходу – 1 рік

Техніко-економічні показники: вартість робіт зі встановлення аераційної системи 15785 тис. грн. (з ПДВ) або 13154 тис. грн. без ПДВ, додаток 1.

## 5.2 Економічна доцільність реконструкції

Обґрунтування терміну окупності та економічного ефекту відвпровадження заходу: заміна аераційної системи – екологічний захід, що має за мету підвищення надійності роботи блоку споруд біологічного очищення. Обґрунтування вартості запланованого заходу з модернізації споруд та обладнання очисних споруд населеного пункту: додається комерційна пропозиція в додатку 1 на придбання аераційної системи: сумарна довжина трубчастих аераторів модифікації Аква Лайн-М - 3474,5 м (з них 2м – 1596 шт., 1,5 м – 85 шт., 1 м – 155 шт.), кількість мембранних аераторів Аква Пласт –1220 шт. та додатково до неї:

1. Затвор дисковий поворотний міжфланцевий ДУ–150 мм Ру-16кг/см<sup>2</sup> – 82 шт. Та комплект метизів до них;
2. Фланець сталевий d=150 мм з відводом під трубу нерж. d=125 мм на 8 отворів під бовт М16х100. – 47 шт.;
3. Перехід нержавіючий концентричний d=150-125 мм, 47 шт.
4. Відвід під 90° d=125 мм з нержавіючої труби – 170 шт.

Описувані очисні споруди виконують очищення виробничо-побутових міських стічних вод на підставі виданого Державним агентством водних ресурсів України дозволу на спеціальне водокористування. Не виконуючи очищення належної якості буде порушено вимоги умов ст. 70 про “Скидання стічних вод у водні об’єкти”, ст 98. “Заборона введення в дію підприємств, споруд та інших об’єктів, що впливають на стан вод”, ст 99. “Заборона скидання у водні об’єкти відходів і сміття” Водного кодексу України . Та повинні будуть відшкодувати збитки згідно ст.111 цього кодексу про “Відшкодування збитків, завданих внаслідок порушень водного законодавства” [1].

Підприємства, зобов'язані відшкодувати збитки, завдані ними внаслідок порушень водного законодавства, в розмірах і порядку, встановлених законодавством України [1].

При невжитті заходів, щодо попередження та ліквідації екологічних наслідків аварій та іншого шкідливого впливу на навколишнє природне середовище; допущенні наднормативних, аварійних і залпових викидів і скидів забруднюючих речовин та інших шкідливих впливів на навколишнє природне середовище особи, підприємства, установи і організації України несуть дисциплінарну, адміністративну, цивільну і кримінальну відповідальність згідно ст.68 Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища» [35, 36].

## ВИСНОВКИ

Загалом на аеротенку №1 описуваних очисних споруд населеного пункту пропонується внести такі зміни:

- переглянути план розміщення трубчастих аераторів: збільшити їх довжину на 932,5 м, чим збільшити площу займаної на дні поверхні – на 6,1%;
- збільшити анаеробну зону на 1/2 коридора (20% від площі попередньої площі) для покращення проходження процесів денітрифікації, інтенсифікації дефосфотації, збільшення функціональної ролі аеротенка;
- прокласти дискові аератори на дно всієї анаеробної зони (для забезпечення ефективного процесу нітрифікації за умов технологічної необхідності);
- додати 3 мішалки у нову анаеробну зону для попередження осаджень мулу у новій анаеробній зоні;
- змонтувати додаткові опускні трубопроводи повітря в кожен коридор окремо (загалом зараз аеротенк працює на 37-ми окремих опусках замість 80-ти запропонованих, що більш ніж вдвічі дає ризик формування застійних зон при можливому вириванні аераторів під час експлуатації).

Описані дії дадуть змогу інтенсифікувати споруди біологічного очищення, покращити якість виконуваних ними функцій у технологічному процесі з меншим навантаженням на повітродувні агрегати.

## СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Водний кодекс України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-%D0%B2%D1%80#Text> (дата звернення: 20.08.2023)
2. Ковальчук В.А. Очистка стічних вод: навч. посібн. Рівне: Рівненська друкарня. 2002 р. 616 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/15447/1/%D0%9E%D1%87%D0%B8%D1%81%D1%82%D0%BA%D0%B0%20%D1%81%D1%82%D1%96%D1%87%D0%BD%D0%B8%D1%85%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4.pdf>
3. ДБН В.2.5-75:2013 Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування.[Чинний від 2014-01-01]Вид. Офіц.Київ: Мінрегіон України, 2013. 134 с.
4. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки промислових стічних вод». Харків: ХНУМГ, 2017. 73 с.
5. НВФ «Екополімер». Решітки грубої та тонкої очистки. URL: <http://www.ecopolymer.kh.ua/products/reshetki-transportery/reshetki-gruboy-i-tonkoj-ochistki/> (дата звернення: 27.08.2023)
6. Павлінова І.І., Баженов В.В., Губий В.Р. Водопостачання і водовідведення: підручник для бакалаврів. 4-е вид., перераб. і дій. М: Видавництво Юрайт, 2015. 472 с. URL: [https://m.stud.com.ua/27773/tovaroznavstvo/sporudi\\_mehanichnogo\\_ochischenny\\_a\\_stichnih#909](https://m.stud.com.ua/27773/tovaroznavstvo/sporudi_mehanichnogo_ochischenny_a_stichnih#909) (дата звернення: 28.08.2023)
7. Сорокіна К.Б. Конспект лекцій з дисципліни «Спецкурс за тематикою магістерської роботи». Харків: ХНАМГ, 2008. 143 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11315964.pdf>
8. Шадура В.О., Кравченко Н. В. Водопостачання та водовідведення: навчальний посібник. Рівне: НУВПГ, 2018. 343 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/11369/1/%D0%92%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%BF%D0%BE%D1%81%D1%82%D0%B0%D1%87%D0%B0%D0%BD%D0%B>



D%D1%8F%20%D1%82%D0%B0%20%D0%B2%D0%BE%D0%B4%D0%BE%D0%B2%D1%96%D0%B4%D0%B2%D0%B5%D0%B4%D0%B5%D0%BD%D0%BD%D1%8F.pdf

9. Айрапетян Т. С. Конспект лекцій з дисципліни «Очистка побутових стічних вод» та «Споруди та обладнання водовідведення». Харків: ХНУМГ, 2014. 121 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/33754521.pdf>

10. Запольський А.К., Мішкова-Клименко Н.А., Астрелін І.М. Фізико-хімічні основи технології очищення стічних вод: підручник для внз. / К.: Лібра, 2000. 551 с.

11. Водопостачання та водовідведення промислових підприємств : навч. посіб. з дисциплін «Водопостачання пром. підприємств», "Системи водовідведення пром. підприємств» для студентів ЗДІА спец. 192 «Буд-во та цив. інженерія" /Д. В. Прутцьков, В. І. Сокольник, О. Г. Добровольська [та ін.] / ЗДІА. Запоріжжя: ЗДІА, 2018. 194 с. URL: <http://ebooks.znu.edu.ua/files/ZII/metodychky/2018/f359207.pdf>.

12. Цюх Д. В. Розробка альтернативної схеми очищення стічних вод для м. Ромни Сумської області: робота на здобуття кваліфікаційного ступеня магістра: спец. 183 – технології захисту навколишнього середовища / наук. кер. Р. А. Васькін. Суми: Сумський державний університет, 2021. 75 с. URL: [https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82209/1/Cuh\\_mag\\_rob.pdf;jsessionid=253F7EBB93E5547E51714394D2E1C3EA](https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream-download/123456789/82209/1/Cuh_mag_rob.pdf;jsessionid=253F7EBB93E5547E51714394D2E1C3EA) (дата звернення: 28.08.2023)

13. Святенко А.І., Корнійко Л.М., Артеменко О.І. Проблеми розробки раціональних технологічних режимів процесу біологічного очищення міських стічних. Екологічна безпека. Вісник КрНУ імені Михайла Остроградського. Випуск 2. Частина 2. 2007 р. С. 110-113. URL: [http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2007-2-2\(43\)/110.pdf](http://visnikkrnu.kdu.edu.ua/statti/2007-2-2(43)/110.pdf)

14. Ковальчук В.А. Очищення стічних вод. Рівне: ВАТ «Рівненська друкарня», 2002. 622 с. URL: <https://studfile.net/preview/5726760/page:36/>

15. Запольський, А.К. Водопостачання, водовідведення та якість води: Підручник / С.В. Яковлев, Я.А. Карелин, А.И. Жуков, С.К. Колобанов. К.: Вища школа, 2005. 671 с.

16. Ковальчук В. А., Ковальчук О. В. Методичні вказівки до виконання розрахунково-графічної роботи та практичних занять з дисципліни «Інтенсифікація і реконструкція систем водовідведення» для студентів спеціальності 8.092601 Водопостачання та водовідведення" усіх форм навчання. Рівне: НУВГП, 2010. 24 с. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/667/1/056-262.pdf>

17. Гуцал І.О. Конспект лекцій з дисципліни «Технологія очистки водно-дисперсних систем». Модуль 2: «Технологія очищення стічних вод». Харків: ХНАМГ, 2009. 93 с.

18. Міць М.Г., Білошенко К.С., Божков А.І. Інтенсифікація аерації під час біологічної очистки стічних вод. Науково-практичний журнал «Інтегровані технології та енергозбереження». Харків: ХНУ ім. В.Н. Каразіна. 2020. № 4. С. 75–82. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/6af63f36-5e76-4200-8ad9-9b7291a0bda8/content> (дата звернення: 28.09.2023)

19. Гуляєв В.М., Волошин М.Д. Екологічна біотехнологія: Навч. посіб. для студ. вищ. навч. закл., що навч. за спец. напрямку «Хім. технологія та інженерія». Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2002. 126 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/8/2-8-b.pdf>

20. Дичко А.О., Мінаєва Ю.Ю. Інтенсифікація процесу біологічного очищення стічних вод із застосуванням ультразвуку. URL: [http://www.rusnauka.com/4.\\_SVMN\\_2007/MusicaAndLife/19939.doc.htm](http://www.rusnauka.com/4._SVMN_2007/MusicaAndLife/19939.doc.htm)

21. Бекетова О.М. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту «Комплекс споруд з очистки стічних вод міста» / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Т. С. Айрапетян. Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2019. 55 с. URL: [http://eprints.kname.edu.ua/54085/1/2019\\_%20112%D0%9C%20%D0%9A%D1](http://eprints.kname.edu.ua/54085/1/2019_%20112%D0%9C%20%D0%9A%D1)

%83%D1%80%D1%81%D0%BE%D0%B2%D0%BE%D0%B9\_%D0%9E%D0%A1%D0%92.pdf

22. Волошин М.Д., Щербак О.Л., Черненко Я.М., Корнієнко І.М.. Удосконалення технології біологічної очистки стічних вод. Дніпродзержинськ: ДДТУ, 2009. 230 с. URL: <https://www.dstu.dp.ua/Portal/Data/5/7/2-7-b3.pdf>

23. Steven A. Modeling Wastewater Aeration Systems to Discover Energy Savings Opportunities Process / Steven A. Bolles // Energy Services, LLC. – 2011

24. Environmental Dynamics International. Optimization of Diffuser Systems Environmental Dynamics International // Technical Bulletin 153. 2012

25. Таблиця переведення ампер в вати. URL: <https://elektrovoz.com.ua/ua/blog/tablitsja-perevedennja-amperi-v-vati.html>

26. Сівак В. М., Щодро О. Є, Пилипей М.І. Вплив розташування аераторів на масообмін і гідродинаміку аеротенків // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. Київ: Вид-во КНУБА, 2016. 351–359 с. URL: <https://repository.knuba.edu.ua/bitstream/handle/987654321/1831/201627-351-359.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. (дата звернення: 01.09.2023)

27. НВФ «Екополімер». Аератор трубчастий аквалайн. URL: <http://www.ecopolymer.kh.ua/products/sistemy-aeratsii/sistemy-aeratsii-akva-layn/> (дата звернення: 01.09.2023)

28. НВФ «Екополімер». Аераційні системи Екополімер. Сучасні технології і обладнання очистки води. URL: [http://www.ecopolymer.com/assets/documents/3/aeratory\\_ekopolimer.pdf](http://www.ecopolymer.com/assets/documents/3/aeratory_ekopolimer.pdf)

29. Аератор (фільтр) АФТ модифікації АКВА-ЛАЙН-М (АФТ АЛМ-АФ). Паспорт 2924-14067723-003-2003 ПС. НВФ «Екополімер» 2012 р. 14 с.

30. Добровольська О. Г., Максимчук А. О. Удосконалення роботи інженерних очисних об'єктів системи водовідведення. Матеріали III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-

економічного розвитку регіонів України» 17-20 жовтня 2023 року. Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2023. С. 184-186.

31. Закон України «Про колективні угоди та договори». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2937-20#Text>

32. Правила пожежної безпеки в Україні. Затв. Мін-вом внутріш. справ України 30.12.2014. Чинний від 10.04.2015. Київ : Техніка, 2003. 157 с.

33. Основні вимоги безпеки під час обслуговування електроустановок. URL: <https://kiev.dsp.gov.ua/novyny/osnovni-vymogy-bezpeky-pid-chas-obslugovuvannya-elektroustanovok/> (дата звернення: 02.09.2023)

34. Правила безпеки при користуванні електроприладами. URL: <https://smr.gov.ua/uk/dovidka/pro-tse-varto-znati-vsime-pam-yatki-gorodyanam/7519-pravila-bezpeki-pri-koristuvanni-elektropriladami.html> (дата звернення: 02.09.2023)

35. Агаджанов Г. К. Економіка водопровідно-каналізаційних підприємств: навч. посіб. 2-е вид., перероб. та доп. Харків: ХНАМГ, 2010. 392 с. URL: <https://core.ac.uk/download/pdf/11325175.pdf>

36. Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища». URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/1264-12#Text> (дата звернення: 23.09.2023)

37. Добровольська О. Г., Максимчук А. О. Про вдосконалення роботи біологічних очисних споруд. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» Запоріжжя: Запорізький національний університет, 2023. Т. 5 С. 168-170. URL: [https://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc//2023/tom\\_5\\_2023\\_r\\_k\\_.pdf](https://sites.znu.edu.ua/stud-sci-soc//2023/tom_5_2023_r_k_.pdf)



Україна  
Науково-виробнича фірма  
з обмеженою відповідальністю «Екополімер»  
61072, м. Харків, вул. Тобольська, 42-а  
Тел.: (057) 717-6788; Т/ф.: (057) 717-6417  
E-mail: [otmpri@ecopolymer.com](mailto:otmpri@ecopolymer.com)  
<http://www.ecopolymer.kh.ua>

№ [REDACTED] 02.23

М. [REDACTED]

Шановний [REDACTED]

Дякуємо за Ваш запит. Наше підприємство готово поставити аераційну систему для аеротенку [REDACTED] очисних споруд [REDACTED] та додатково до аераційної системи поставити :

- затвор дисковий поворотний міжфланцевий ДУ-150 мм Ру-16кг/см - 82 шт. та комплект метизів до них ;
- фланець із нержавіючою сталі с1= 150 мм -47 шт.;
- перехід нержавіючий концентричний с1=150 - 125 мм, 47 шт.;
- відвід під кутом 90° с1=125 мм з нержавіючої сталі - 170 шт.

Вартість поставки складає 15 785 600 (п'ятнадцять мільйонів сімсот вісімдесят п'ять тисяч шістьсот) грн.в тому числі ПДВ.

Вартість постачання дана на умовах-склад виробника.

План розкладки системи аерації додається до цього листа.

З повагою,  
Директор виконавчий



[REDACTED]



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

Я, Максимчук Анастасія Вікторівна, магістрант(ка) 2 курсу, заочної форми здобуття освіти, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

освітньої програми Водопостачання та водовідведення,  
адреса електронної пошти maximchuk.nastia@gmail.com,

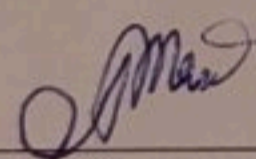
- підтверджую, що виконана мною кваліфікаційна робота на тему:

"Оптимізація роботи споруд біологічного очищення  
стічної води"

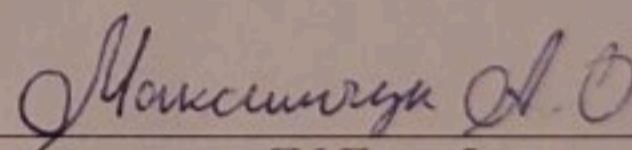
відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений(на);

- 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.

  
\_\_\_\_\_

підпис

  
\_\_\_\_\_

П.І.П. здобувача

\_\_\_\_\_

підпис

\_\_\_\_\_

П.І.П. керівника



**ВІДГУК**  
керівника кваліфікаційної роботи  
другого (магістерського) рівня вищої освіти, виконаної на тему  
**«ОПТИМІЗАЦІЯ РОБОТИ СПОРУД БІОЛОГІЧНОГО ОЧИЩЕННЯ**  
**СТІЧНОЇ ВОДИ»**  
здобувачкою групи 8.1922-ВВ-3

**Максимчук Анастасією Олександрівною**

Представлена кваліфікаційна робота магістра присвячена вдосконаленню системи роботи споруд біологічного очищення води шляхом оптимізації роботи системи аерації. Безперебійне функціонування систем водопостачання та водовідведення є критичним аспектом для забезпечення життєдіяльності населених пунктів. Це особливо актуально в умовах воєнного конфлікту, де руйнування інфраструктури та виникнення навмисних екологічних катастроф можуть спричинити неконтрольовані забруднення поверхневих водойм. Навіть у сучасних умовах надзвичайних обставин, важливо забезпечувати належний рівень якості водовідведення.

Кваліфікаційна робота виконана відповідно до поставленого завдання.

Авторка представила ефективне застосування методики розрахунку очисних споруд та аналізу технологічних показників їх роботи, зокрема аеротенків.

Студентка продемонструвала здатність критичного аналізу літературних джерел у контексті теми своєї кваліфікаційної роботи. Вона успішно представила результати своєї роботи з оптимізації технології біологічного очищення стічних вод, активно брала участь у наукових конференціях та ефективно презентувала свої дослідження. Це свідчить про вміння студентки використовувати отримані знання у сфері наукових досліджень та розвинуті навички для самостійного виконання наукової роботи на всіх її етапах.

Інформація, яка наведена у важливих розділах, викладена систематично з належною аргументацією. Всі структурні компоненти кваліфікаційної роботи логічно пов'язані, і висновки відповідають поставленим завданням.

У процесі виконання роботи Максимчук А.О. виявила здатність до самостійного розв'язання поставлених завдань.

Якість підготовки здобувача вищої освіти Максимчук А.О. 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 (копіювання) 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, **Максимчук Анастасії Олександрівні** може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

**Кількість балів за шкалою ECTS 95**

(відмінно)

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат технічних наук, доцент  В.О. Савін



## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу  
другого (магістерського) рівня вищої освіти,  
виконаної на тему «Оптимізація роботи споруд біологічного очищення  
стічної води»  
здобувачем групи 8.1922-вв-з  
Максимчук Анастасією Олександрівною

Актуальність дослідження. Актуальність розроблених заходів стосовно оптимізації роботи біологічних очисних споруд є очевидною в контексті відбудови критичної інфраструктури в умовах сучасних викликів. Безперерйне функціонування водопровідно-каналізаційних систем є важливою умовою для забезпечення нормального функціонування населених пунктів. Особливо актуальною стає ця проблема в умовах воєнного конфлікту. Руїнування інфраструктури населених пунктів та можливі екологічні катастрофи призводять до неконтрольованого забруднення поверхневих водойм. Навіть в умовах сучасних викликів, забезпечення високої якості системи водовідведення залишається надзвичайно важливим завданням.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота відрізняється високим рівнем виконання, з докладним вивченням обраної проблеми та урахуванням її різних аспектів. В роботі використані загальнонаукові методи дослідження, і вона містить елементи наукової новизни. Висновки ретельно обґрунтовані та логічно послідовні, належним чином відображають основні результати даної кваліфікаційної роботи.

Використання наукових методів дослідження. Під час виконання дослідження були проаналізовані наукові публікації відомих фахівців, які були опубліковані в 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 має структурований підхід, в якому поставлені завдання розв'язані в повному обсязі, розділи взаємопов'язані, застосовані інформаційно-комп'ютерні технології. Представлений матеріал відрізняється ретельною деталізацією та відповідає вимогам наукового стилю, а його оформлення відповідає стандартам технічної грамотності.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Студентка магістратури Максимчук Анастасія Олександрівна активно залучилася до проведення наукових досліджень та провела теоретичний та аналітичний аналіз отриманих результатів своєї кваліфікаційної роботи. Розроблені нею науково-практичні рішення мають належне обґрунтування, тема роботи вичерпно розкрита, а наведені аргументи відповідають ефективності використаних методик досліджень.

Якість виконання. Виконання кваліфікаційної роботи відзначається систематичністю, де всі розділи логічно взаємопов'язані та підтверджені обґрунтованим матеріалом. Кожен розділ чітко формулює свої завдання та

сприяє досягненню загальної мети дослідження. Висновки мають послідовний та обґрунтований характер, а також адекватно відображають основні результати, отримані протягом виконання кваліфікаційної роботи.

Не виявленя (виявлення) 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, запропоновані заходи можуть бути використані фахівцями комунальних підприємств під час проєктування, експлуатації та реконструкції біологічних 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 провести більш детальний розрахунок економічної ефективності запропонованих заходів. Зауваження не має суттєвого впливу на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.

Оцінки кваліфікаційної роботи та можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації. Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Максимчук Анастасії Олександрівні на тему: «Оптимізація роботи споруд біологічного очищення стічної води» 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 Максимчук Анастасії Олександрівні, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

**Кількість балів за шкалою ECTS** 95 (відмінно) А

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

В. А. Банах