

**НАЦІОНАЛЬНИЙ ТЕХНІЧНИЙ УНІВЕРСИТЕТ УКРАЇНИ**

**«КИЇВСЬКИЙ ПОЛІТЕХНІЧНИЙ ІНСТИТУТ імені  
ІГОРЯ СІКОРСЬКОГО»**

**Інженерно-хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**

До захисту допущено:

Завідувач кафедри

\_\_\_\_\_ Микола ГОМЕЛЯ

«\_\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

## **Дипломний проєкт**

**на здобуття ступеня бакалавра**

**за освітньо-професійною програмою «Екологічна безпека» спеціальності  
101 «Екологія»**

**на тему: «Реконструкція очисних споруд каналізації м. Луцьк»**

**Виконала:**

Студентка IV курсу, групи ЛЕ-12  
Дудка Дарина Сергіївна

\_\_\_\_\_

**Керівник:**

Асист., к.т.н.

Крижановська Яна Павлівна

\_\_\_\_\_

**Консультант з розділу «Охорона праці»:**

Ст. викл., к.т.н.

Ковтун Андрій Іванович

\_\_\_\_\_

**Рецензент:**

\_\_\_\_\_

Засвідчую, що у цьому дипломному проєкті  
немає запозичень з праць інших авторів без  
відповідних посилань.

Студентка \_\_\_\_\_

Київ – 2025 року

**Пояснювальна записка**  
**до дипломного проєкту**  
**на тему: «Реконструкція очисних споруд каналізації м. Луцьк»**

Київ – 2025 року

## ВІДОМІСТЬ ДИПЛОМНОГО ПРОЄКТУ

| № з/П | Формат | Позначення          | Найменування                                                                           | Кількість листів | Примітка |
|-------|--------|---------------------|----------------------------------------------------------------------------------------|------------------|----------|
| 1     | A4     |                     | Завдання на дипломний проєкт                                                           | 2                |          |
| 2     | A4     | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Пояснювальна записка                                                                   |                  |          |
| 3     | A1     | ДП ЛЕ1205.01.025 ТХ | Таблиця характеристик стічних вод, що надходять на очищення та вимоги до очищеної води | 1                |          |
| 4     | A1     | ДП ЛЕ1205.02.025 ТС | Технологічна схема                                                                     | 1                |          |
| 5     | A1     | ДП ЛЕ1205.03.025 БС | Блок-схема матеріального балансу                                                       | 1                |          |
| 6     | A1     | ДП ЛЕ1205.04.025 МБ | Таблиця матеріального балансу                                                          | 1                |          |
| 7     | A1     | ДП ЛЕ1205.05.025 РС | План розміщення очисних споруд                                                         | 1                |          |
| 8     | A1     | ДП ЛЕ1205.06.025 ПР | Профіль руху води                                                                      | 1                |          |
| 9     | A1     | ДП ЛЕ1205.07.025 ВВ | Висновки                                                                               | 1                |          |

|           | ПІБ               | Підп. | Дата | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ          |                                                       |        |
|-----------|-------------------|-------|------|------------------------------|-------------------------------------------------------|--------|
| Розробн.  | Дудка Д.С.        |       |      | Відомість дипломного проєкту | Лист                                                  | Листів |
| Керівн.   | Крижановська Я.П. |       |      |                              | 1                                                     | 86     |
| Консульт. | Ковтун А. І.      |       |      |                              | КПІ ім. Ігоря Сікорського<br>Каф. ЕтаТРП<br>Гр. ЛЕ-12 |        |
| Н/контр.  | Крижановська Я.П. |       |      |                              |                                                       |        |
| Зав.каф.  | Гомеля М. Д.      |       |      |                              |                                                       |        |

**Національний технічний університет України**  
**«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»**  
**Інженерно–хімічний факультет**

**Кафедра екології та технології рослинних полімерів**  
Рівень вищої освіти – перший (бакалаврський)  
Спеціальність – 101 «Екологія»  
Освітньо-професійна програма «Екологічна безпека»

ЗАТВЕРДЖУЮ  
Завідувач кафедри  
\_\_\_\_\_ Микола ГОМЕЛЯ  
«\_\_» \_\_\_\_\_ 2025 р.

**ЗАВДАННЯ**  
**на дипломний проєкт студентки**  
**Дудки Дарини Сергіївни**

1. Тема проєкту «Реконструкція очисних споруд каналізації м. Луцьк», керівник проєкту Крижановська Я.П., кандидат технічних наук, асистент, затверджено наказом по університету від «20» травня 2025 р.

№1653-с.

2. Термін подання студентом проєкту \_\_\_\_\_

3. Вихідні дані до проєкту: витрата стічних вод – 120 000 м<sup>3</sup>/добу; вміст завислих речовин у стічних водах – 798 мг/дм<sup>3</sup>; БСК стічних вод – 487 мг/дм<sup>3</sup>; ХСК стічних вод – 1117 мг/дм<sup>3</sup>.

4. Зміст пояснювальної записки: вступ; техніко-економічне обґрунтування проєкту; технологічна частина; технологічні та гідравлічні розрахунки очисних споруд; будівельна частина; охорона праці; висновки; список літератури; додатки.

5. Перелік графічного матеріалу: таблиця характеристик стічних вод, що надходять на очищення та вимоги до очищених вод; технологічна схема; блок-схема матеріального балансу; таблиця матеріального балансу; план розміщення очисних споруд; профіль руху води; висновки.

6. Консультанти розділів проєкту

| Розділ        | Прізвище, ініціали та посада консультанта | Підпис, дата   |                  |
|---------------|-------------------------------------------|----------------|------------------|
|               |                                           | завдання видав | завдання прийняв |
| Охорона праці | Ковтун А. І., к.т.н., ст. викл.           |                |                  |

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

Календарний план

| № з/п | Назва етапів виконання дипломного проекту            | Термін виконання етапів проекту | Примітка |
|-------|------------------------------------------------------|---------------------------------|----------|
| 1     | Проходження переддипломної практики                  | 14.04 – 18.05                   |          |
| 2     | Вибір та обґрунтування технологічної схеми           | 19.05 – 21.05                   |          |
| 3     | Розрахунок матеріального балансу                     | 22.05 – 24.05                   |          |
| 4     | Проведення технологічних та гідравлічних розрахунків | 25.05 – 27.05                   |          |
| 5     | Оформлення розділу «Будівельна частина»              | 28.05 – 30.05                   |          |
| 6     | Виконання графічного матеріалу                       | 31.06 – 02.06                   |          |
| 7     | Оформлення пояснювальної записки                     | 03.06 – 06.06                   |          |

Студентка

Дарина ДУДКА

Керівник проекту

Яна КРИЖАНОВСЬКА

-

## АНОТАЦІЯ

Дипломний проєкт містить пояснювальну записку об'ємом 86 сторінок, 5 аркуші графічного матеріалу та 3 додатки.

Головною метою дипломного проєкту є розробка та обґрунтування технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності функціонування каналізаційно-очисних споруд, забезпечення стабільної та надійної роботи систем очищення стічних вод, а також зменшення їх негативного впливу на довкілля. Об'єктом дослідження є вибір, проєктування та виконання розрахунків для споруд очищення стічних вод.

Пояснювальна записка містить п'ять розділів, у яких розглянуто характеристику стічних вод, що надходять на очищення, вимоги до якості води після очищення перед її скиданням у природні водойми, а також запропоновано оновлену технологічну схему очищення стічних вод. Проведено розрахунок матеріального балансу для удосконаленої схеми, викладено теоретичні основи процесів та методів, застосованих у запропонованій технології. Здійснено вибір і технічне проєктування очисних споруд із відповідними розрахунками, на основі яких розроблено будівельну частину проєкту. А також, з метою забезпечення оптимальних умов праці на підприємстві, проаналізовано шкідливі й небезпечні виробничі фактори, що можуть впливати на працівників, та запропоновано відповідні заходи щодо зниження їх впливу.

Графічна частина дипломного проєкту представлена кресленнями та графічними матеріалами у форматі А1 і включає креслення технологічної схеми, план розміщення споруд, профіль руху води, таблицю матеріального балансу, блок-схему матеріального балансу, таблицю характеристик стічних вод, котрі надходять на очищення та таблицю вимог до очищеної води, а також висновки.

СТІЧНІ ВОДИ, ОЧИСНІ СПОРУДИ, БІОЛОГІЧНЕ ОЧИЩЕННЯ,  
АЕРАЦІЯ, ЗНЕВОДНЕННЯ ОСАДУ

|           |              |          |        |      |          |            |         |          |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------|------------|---------|----------|
|           |              |          |        |      | ЛЕ1205   |            |         |          |
|           |              |          |        |      |          |            |         |          |
| Зм.       | Лист         | № докum. | Підпис | Дата | Анотація | Літ.       | АркvIII | АркvIIIв |
| Розроб.   | Дудка        |          |        |      |          |            | 6       | 86       |
| Перевір.  | Крижановська |          |        |      |          |            |         |          |
| Реценз.   |              |          |        |      |          | НТУУ "КПІ" |         |          |
| Н. контр. |              |          |        |      |          |            |         |          |
| Затверд.  |              |          |        |      |          |            |         |          |

## ABSTRACT

The diploma project contains an explanatory note of 86 pages, 5 sheet of graphic material and 3 appendices.

The main goal of the diploma project is to develop and justify technical solutions aimed at increasing the efficiency of sewage treatment facilities, ensuring stable and reliable operation of wastewater treatment systems, as well as reducing their negative impact on the environment.

The object of the study is the selection, design and implementation of calculations for wastewater treatment facilities.

The explanatory note contains five sections, which consider the characteristics of wastewater entering for treatment, requirements for water quality after treatment before its discharge into natural reservoirs, and also propose an updated technological scheme for wastewater treatment. The material balance calculation for the improved scheme is carried out, the theoretical foundations of the processes and methods used in the proposed technology are outlined. The selection and technical design of the treatment facilities with the corresponding calculations are carried out, on the basis of which the construction part of the project is developed. Also, in order to ensure optimal working conditions at the enterprise, harmful and dangerous production factors that may affect employees were analyzed, and appropriate measures were proposed to reduce their impact.

The graphic part of the diploma project is presented with drawings and graphic materials in A1 format and includes a technological scheme drawing, a plan for the location of facilities, a water flow profile, a material balance table, a material balance block diagram, a table of characteristics of wastewater entering the treatment and a table of requirements for treated water, as well as conclusions.

WASTEWATER, TREATMENT FACILITIES, BIOLOGICAL TREATMENT, AERATION, SLUDGE DEWATERING

|           |              |          |        |      |          |            |       |         |
|-----------|--------------|----------|--------|------|----------|------------|-------|---------|
|           |              |          |        |      | ЛЕ1205   |            |       |         |
| Зм.       | Лист         | № докум. | Підпис | Дата | Анотація | Літ.       | Арквш | Арквшів |
| Розроб.   | Дудка        |          |        |      |          |            |       |         |
| Перевір.  | Крижановська |          |        |      |          |            | 7     | 86      |
| Реценз.   |              |          |        |      |          | НТУУ "КПІ" |       |         |
| Н. контр. |              |          |        |      |          |            |       |         |
| Затверд.  |              |          |        |      |          |            |       |         |

## Зміст

|                                                                                                                  |    |
|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Вступ.....                                                                                                       | 10 |
| 1. ТЕХНІКО- ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....                                                                        | 11 |
| 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА.....                                                                                     | 13 |
| 2.1. Характеристика стічних вод, що надходять на каналізаційно-очисні споруди .....                              | 13 |
| 2.2. Розрахунок гранично допустимих скидів .....                                                                 | 14 |
| 2.3. Основні вимоги до очищених вод, що скидаються у водойму.....                                                | 19 |
| 2.4. Вибір і обґрунтування технологічної схеми .....                                                             | 21 |
| 2.5. Розрахунок матеріального балансу.....                                                                       | 25 |
| 2.6. Короткі теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються в даній технології..... | 44 |
| 2.6.1. Проціджування .....                                                                                       | 44 |
| 2.6.2. Механічне відстоювання .....                                                                              | 45 |
| 2.6.3. Аеробне біологічне очищення .....                                                                         | 46 |
| 2.6.4. Озонування .....                                                                                          | 47 |
| 2.6.5. Доочистка у біологічних ставках.....                                                                      | 48 |
| 2.6.6 Анаеробне зброджування осадів.....                                                                         | 48 |
| 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД.....                                                    | 49 |
| 3.1. Проектування решіток.....                                                                                   | 49 |
| 3.2. Проектування пісковловлювачів.....                                                                          | 53 |
| 3.3. Проектування піскових майданчиків.....                                                                      | 58 |
| 3.4. Проектування первинних відстійників.....                                                                    | 59 |
| 3.5. Проектування аеротенків-змішувачів.....                                                                     | 63 |
| 3.6. Проектування вторинних відстійників.....                                                                    | 68 |
| 3.7. Розрахунок біологічних ставок.....                                                                          | 69 |
| 3.8. Проектування метантенків.....                                                                               | 71 |
| 3.9. Проектування ущільнювачів осаду.....                                                                        | 72 |
| 3.10. Проектування приймальної камери.....                                                                       | 74 |

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 8    |

|                                                                 |    |
|-----------------------------------------------------------------|----|
| 3.11. Проектування розподільної камери.....                     | 74 |
| 3.12. Проектування приймальної камери сирого осаду.....         | 75 |
| 3.13. Проектування розподільної камери водомулової суміші.....  | 75 |
| 3.14. Проектування приймальної камери активного мулу.....       | 75 |
| 3.15. Проектування камери приросту активного мулу.....          | 76 |
| 3.16. Вибір фільтр-пресу.....                                   | 76 |
| 3.17. Вибір насосів.....                                        | 76 |
| 3.18. Вибір озонаторної установки.....                          | 77 |
| 4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА.....                                      | 78 |
| 4.1. Розміщення очисних споруд.....                             | 78 |
| 4.2. Профіль руху води.....                                     | 81 |
| 5. ОХОРОНА ПРАЦІ.....                                           | 82 |
| 5.1. Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ) .....                 | 82 |
| 5.2. Безпека при експлуатації очисних споруд.....               | 82 |
| 5.3. Виробничий шум.....                                        | 83 |
| 5.4. Протипожежна безпека.....                                  | 84 |
| 5.5. Профілактика захворювань і санітарно-гігієнічні умови..... | 85 |
| ВИСНОВКИ.....                                                   | 86 |
| СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ.....                             | 87 |

## ВСТУП

Стрімке зростання антропогенного навантаження на навколишнє середовище, зумовлює актуальність питання ефективного очищення стічних вод. Основним завданням підприємств, що забезпечують життєво необхідні послуги з централізованого водопостачання та водовідведення є — подача якісної питної води населенню та організаціям, а також збір і очищення стічних вод.

Комунальне підприємство «Луцькводоканал» обслуговує місто Луцьк та навколишні населені пункти. Його діяльність охоплює забір води з підземних джерел, її очищення та подачу до споживачів. Крім того, підприємство займається водовідведенням і очищенням стічних вод, підтримує в належному стані мережі водопостачання і каналізації, проводить профілактичні та аварійні ремонти, забезпечує встановлення лічильників та контроль якості води. Однак, існуючі технології очищення стічних вод на даному підприємстві потребують вдосконалення для підвищення ефективності роботи очисних споруд, що зумовлено зростанням обсягів забруднень.

Комунально-побутові та більшість промислових стічних вод характеризуються високим вмістом органічних речовин, що створює сприятливі умови для розмноження мікроорганізмів, зокрема патогенних. Деякі виробничі стічні води містять токсичні компоненти, небезпечні для здоров'я людей та стану довкілля.

Ефективність функціонування міських систем водовідведення мають прямий вплив на якість води у водоймах, санітарно-епідеміологічну ситуацію у населених пунктах та екологічний баланс регіону.

Тому, основною метою даного дипломного проєкту є розробка та обґрунтування технічних рішень, спрямованих на підвищення ефективності роботи каналізаційно-очисних споруд, забезпечення надійності та стабільності процесів очищення стічних вод, а також мінімізація негативного впливу на навколишнє середовище.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 10   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

## 1. ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ ПРОЄКТУ

Сучасні очисні споруди багатьох міст України, зокрема міста Луцька, стикаються з проблемами перевантаження та зниження ефективності очищення стічних вод, що робить необхідним розробку нових технологій очищення та вдосконалення вже існуючих.

Особливої актуальності набуває питання обробки великої кількості сирого осаду та надлишкового активного мулу, які утворюються в процесі біологічного очищення стічних вод. Без належної обробки вони не тільки займають значні об'єми, але й швидко розкладаються, виділяючи неприємні запахи, створюючи санітарну небезпеку та потребуючи дорогого транспортування і зберігання.

З метою підвищення ефективності функціонування каналізаційно-очисних споруд Комунального підприємства «Луцькводоканал» у межах дипломного проєкту розглянуто доцільність впровадження метантенку для анаеробної стабілізації осаду. Ця технологія дозволяє здійснювати переробку осаду в герметичних умовах без доступу кисню за допомогою анаеробних мікроорганізмів при температурі 35–37°C. У результаті такого процесу відбувається зменшення об'єму мулу, стабілізація органічних речовин та утворення біогазу — суміші метану і вуглекислого газу, що може бути використана як альтернативне джерело енергії.

Очікувані результати від впровадження метантенку включають низку технічних, економічних та екологічних переваг. По-перше, відбудеться скорочення обсягу сирого осаду до 40–50%, що дозволить зменшити частоту вивезення та витрати на зберігання. По-друге, вироблений біогаз дасть змогу частково забезпечити енергопотреби підприємства — залежно від обсягів осаду, можна отримати до 250–400 м<sup>3</sup> біогазу з однієї тонни сухої речовини, що еквівалентно 2 000–2 800 МДж енергії.

Це сприятиме зниженню витрат на електроенергію на 15–20%. По-третє, стабілізований осад матиме покращені санітарно-хімічні характеристики, не буде виділяти неприємних запахів та стане менш токсичним, що значно спростує

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 11   |

його поводження.

Крім того, реалізація цього заходу матиме суттєвий позитивний вплив на навколишнє середовище. Зменшення викидів парникових газів, зниження загрози потрапляння шкідливих речовин у ґрунт та підземні води, покращення умов праці персоналу — усе це сприятиме поліпшенню екологічної ситуації в регіоні.

Отже, інтеграція метантенку в систему очисних споруд КП «Луцькводоканал» є не лише технологічно виправданою, а й економічно ефективною та екологічно безпечною.

Також, у вдосконаленій технологічній схемі очищення стічних вод як етап знезараження запропоновано впровадження озонування. Цей метод забезпечує високу ефективність знезараження без потреби у використанні хлориду натрію (NaCl), який необхідний для отримання гіпохлориту натрію в електролітичних установках, що застосовуються в існуючій технологічній схемі. Особливо актуально це з огляду на складнощі з видобутком NaCl в умовах воєнного стану на території України.

**Висновок до першого розділу:** у даному розділі дипломного проєкту було запропоновано технічні рішення, які дозволять оптимізувати та покращити роботу очисних споруд комунального підприємства «Луцькводоканал», а також приведено переваги впровадження запропонованих вдосконалень.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 12   |

## 2. ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

### 2.1. Характеристики стічних вод, що надходять на каналізаційно-очисні споруди

Допустимі концентрації забруднюючих речовин і характеристики стічних вод, що надходять до системи централізованого водовідведення м. Луцьк наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1 – Характеристики стічних вод, що надходять на очищення

| №  | Показник                                                            | Значення |
|----|---------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | Максимальна витрата стічних вод, м <sup>3</sup> /добу               | 120000   |
| 2  | Нафтопродукти (керосин, бензин, диз. паливо),<br>мг/дм <sup>3</sup> | 0,71     |
| 3  | АПАР, мг/дм <sup>3</sup>                                            | 1,15     |
| 4  | Нітрити                                                             | 0,2      |
| 5  | Нітрати                                                             | 0,8      |
| 6  | Завислі речовини, мг/дм <sup>3</sup>                                | 798      |
| 7  | Сухий залишок, мг/дм <sup>3</sup>                                   | 895,7    |
| 8  | БСК, мгО/дм <sup>3</sup>                                            | 487      |
| 9  | ХСК, мгО/дм <sup>3</sup>                                            | 1117     |
| 10 | Азот амонійний, мг/дм <sup>3</sup>                                  | 44,8     |
| 11 | Хлориди, мг/дм <sup>3</sup>                                         | 133,9    |
| 12 | Сульфати, мг/дм <sup>3</sup>                                        | 65,4     |
| 13 | Фосфати, мг/дм <sup>3</sup>                                         | 9,3      |
| 14 | Залізо загальне, мг/дм <sup>3</sup>                                 | 1,84     |

## 2.2. Розрахунок гранично допустимих скидів

Статтею 38 Водного кодексу України зазначається, що з метою поетапного досягнення екологічного нормативу якості вод, встановлюються нормативи гранично допустимого скидання забруднюючих речовин.

Виходячи з цього, розрахуємо гранично допустимий скид завислих речовин та БСК у очищених стічних водах, що скидаються у річку Стир.

У таблиці 2.2 наведені вхідні дані для розрахунку гранично допустимих концентрацій (ГДК) та гранично допустимих скидів (ГДС).

Таблиця 2.2 - Вхідні дані для розрахунку гранично допустимих концентрацій та гранично допустимих скидів

| №  | Показник                                                                              | Значення |
|----|---------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1  | Витрата стічної води, м <sup>3</sup> /добу                                            | 120000   |
| 2  | Концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>                                     | 798      |
| 3  | БСК <sub>повн</sub> , мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>                               | 487      |
| 4  | рН                                                                                    | 6,5-9,0  |
| 5  | Середня швидкість течії (V <sub>сер</sub> ), м/с                                      | 0,47     |
| 6  | Середня глибина (H <sub>сер</sub> ), м                                                | 2,83     |
| 7  | Коефіцієнт звивистості русла (φ)                                                      | 1,2      |
| 8  | Коефіцієнт, який враховує розміщення випуску стічних вод (ξ)                          | 1,0      |
| 9  | Відстань від місця скиду до контрольного створу (L), м                                | 500      |
| 10 | Середня температура води влітку, °С                                                   | 24       |
| 11 | Вміст кисню у воді річки (O <sub>p</sub> ), мг/дм <sup>3</sup>                        | 8        |
| 12 | Мінімальний вміст кисню у воді річки (O), мг/дм <sup>3</sup>                          | 4        |
| 13 | БСК <sub>повн</sub> у воді річки (L <sub>p</sub> ), мгО <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup> | 2        |
| 14 | Витрата води річки (Q), м <sup>3</sup> /с                                             | 28,5     |
| 15 | Допустиме зростання концентрації завислих речовин у річці (P), г/м <sup>3</sup>       | 0,25     |
| 16 | Концентрація завислих речовин у річці до місця скиду (b), мг/дм <sup>3</sup>          | 10       |

Гранично допустимий вміст завислих речовин у стічних водах, що випускаються, г/м<sup>3</sup>:

$$m = P \left( \frac{aQ}{q} + 1 \right) + b \quad (2.1)$$

де, Р - допустиме санітарними нормами збільшення вмісту змулених речовин у водоймищі після випускання стічних вод, г/м<sup>3</sup>;

Q - найменший об'єм середньомісячного стоку води у водоймі в період 95%-го забезпечення, м<sup>3</sup>/с;

b - вміст змулених речовин у водоймі до скиду в неї стічних вод, г/м<sup>3</sup>.

Секундна витрата стічної води, м<sup>3</sup>/с:

$$q = \frac{Q}{86400} \quad (2.2)$$

де, Q - витрата стічної води, м<sup>3</sup>/добу

$$q = \frac{120000}{86400} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

Коефіцієнт, що враховує вплив гідравлічних факторів змішування зворотних вод з природними:

$$\alpha = \varphi \cdot \xi \cdot \sqrt[3]{\frac{E}{q}} \quad (2.3)$$

де, ε - коефіцієнт, який враховує місце розміщення випуску (для берегового ε = 1, для руслового ε = 1,5);

φ - коефіцієнт вигину русла, визначається як відношення довжини русла від місця випуску до розрахункового поперечного перерізу за фарватером до відстані між цими перерізами по прямій;

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 15   |

E - коефіцієнт турбулентної дифузії, q - витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/с.

$$\alpha = 1,2 \cdot 1,0 \cdot \sqrt[3]{\frac{0,006}{1,39}} = 0,2$$

Коефіцієнт турбулентної дифузії:

$$E = \frac{V_{\text{ср}} \cdot H_{\text{ср}}}{200} \quad (2.4)$$

де, V<sub>ср</sub> - середня швидкість течії води в річці на відрізок між місцем випуску та розрахунковим поперечним перерізом, м/с;

H<sub>ср</sub> - середня глибина річки на тому самому відрізку, м.

$$E = \frac{0,47 \cdot 2,83}{200} = 0.006$$

Коефіцієнт розведення визначають за формулою Фролова - Родзіллера:

$$a = \frac{1 - e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}}}{1 + \frac{Q}{q} \cdot e^{-\alpha \cdot \sqrt[3]{L}}} \quad (2.5)$$

де, α – коефіцієнт, що враховує вплив гідравлічних факторів змішування зворотних вод з природними;

Q - витрата води річки, м<sup>3</sup>/с;

q - секундна витрата стічної води, м<sup>3</sup>/с;

L - відстань від місця скиду до контрольного створу, м.

$$a = \frac{1 - e^{-0,2 \cdot \sqrt[3]{500}}}{1 + \frac{28,5}{1,39} \cdot e^{-0,2 \cdot \sqrt[3]{500}}} = 0,153$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 16   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Кратність розведення стічних вод:

$$n = \frac{a \cdot Q + q}{q} \quad (2.6)$$

де,  $a$  - коефіцієнт розведення;

$Q$  - витрата води річки,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$q$  - секундна витрата стічної води,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$$n = \frac{0,153 \cdot 28,5 + 1,39}{1,39} = 4,137$$

Тоді, гранично допустимий вміст змулених речовин у стічних водах, що випускаються,  $\text{г}/\text{м}^3$ :

$$m = 0,25 \cdot \left( \frac{0,2 \cdot 28,5}{1,39} + 1 \right) + 10 = 11,28 \text{ г}/\text{м}^3$$

Гранично допустимий скид по завислих речовинах,  $\text{г}/\text{год}$

$$\Gamma \text{ДС}_{\text{зр}} = m \cdot q_{\text{max}}$$

де,  $q_{\text{max}}$  - максимальна годинна витрата води становить,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;

$m$  - гранично допустимий вміст змулених речовин у стічних водах, що випускаються,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Розрахуємо максимальну годинну витрату води,  $\text{м}^3/\text{год}$ :

$$q_{\text{max}} = q_{\text{с}} \cdot 3600 \quad (2.7)$$

де,  $q_{\text{с}}$  – секундна витрата,  $\text{м}^3/\text{с}$ .

$$q_{\text{max}} = 1,39 \cdot 3600 = 5\,004 \text{ м}^3/\text{год}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 17   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$\Gamma \text{ДС}_{\text{зр}} = 11,28 \cdot 5004 = 56445,12 \text{ г/год}$$

Ступінь необхідного очищення по завислих речовинах, %:

$$E_{\text{зав}} = \frac{100(C-m)}{C} \quad (2.8)$$

де,  $m$  - гранично допустимий вміст змулених речовин у стічних водах, що випускаються, г/м<sup>3</sup>;

$C$  - концентрація завислих речовин, мг/дм<sup>3</sup>.

$$E = \frac{100(798-11,28)}{798} = 98,6 \%$$

Допустима БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що випускаються у водоймище, за умов мінімального вмісту розчиненого кисню описується рівнянням:

$$L_{\text{ст}} = \frac{aQ}{0,4 \cdot q} (O_p - 0,4L_p - 0) - \frac{0}{0,4} \quad (2.9)$$

де,  $L_{\text{ст}}$ ,  $L_p$  - повне біохімічне споживання кисню відповідно для стічних вод та річної води, г/м<sup>3</sup>;

$a$  - коефіцієнт розведення;

$Q$  - об'єм стоку води в річці, м<sup>3</sup>/добу;

$O_p$  - вміст розчиненого кисню в річній воді до місця випускання стічних вод, г/м<sup>3</sup>;

$O$  - мінімальний вміст кисню у воді, що прирівнюється до 4 або 6 г/м<sup>3</sup>;

0,4 - коефіцієнт для перерахування БСК<sub>повн</sub> у дводобову.

$$L_{\text{ст}} = \frac{0,153 \cdot 28,5}{0,4 \cdot 1,39} (8 - 0,4 \cdot 2 - 4) - \frac{4}{0,4} = 15$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 18   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Гранично допустимий скид по БСК<sub>повн</sub>, г/год:

$$\Gamma \text{ДС}_{\text{БСК}} = L_{\text{ст}} \cdot q_{\text{max}} \quad (2.10)$$

де,  $L_{\text{ст}}$  - повне біохімічне споживання кисню для стічних води, г/м<sup>3</sup>;

$q_{\text{max}}$  - максимальна годинна витрата води становить, м<sup>3</sup>/год.

$$\Gamma \text{ДС}_{\text{БСК}} = 15 \cdot 5004 \approx 75060 \text{ г/год}$$

Необхідний ступінь очищення по БСК, %:

$$E = \frac{(L_a - L_{\text{ст}}) \cdot 100}{L_a} \quad (2.11)$$

де,  $L_{\text{ст}}$  - повне біохімічне споживання кисню для стічних води, г/м<sup>3</sup>;

$L_a$  – БСК<sub>повн</sub> стічних вод, що надходять на очищення.

$$E = \frac{(487 - 15) \cdot 100}{487} = 96,9 \%$$

### 2.3. Основні вимоги до очищених вод, що скидаються у водойму

Згідно зі статтею 70 Водного кодексу України, скидання стічних вод у водні об'єкти допускається за умов наявності нормативів гранично допустимих концентрацій та встановлених нормативів гранично допустимого скидання забруднюючих речовин.

Відповідно до п. 15 Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами, затверджених Постановою Кабінету міністрів України від 25 березня 1999 р. № 465, скидання зворотних вод у водні об'єкти допускається тільки за умов одержання в установленому порядку дозволу на спеціальне водокористування.

Для отримання Дозволу на спеціальне водокористування розробляються і

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 19   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

затверджуються нормативи гранично допустимого скиду (ГДС).

Дозволом на спеціальне водокористування №36/ЧГ/49д-22 від 25.08.2022р, отриманим КП «НУВКГ» встановлені гранично допустимі скиди забруднюючих речовин, ці значення приведені в таблицях 2.3 та 2.4.

Інші показники та характеристики зворотних вод:

- Розчинений кисень – не нижче 4 мг/л - узимку, 6 мг/л улітку, відібраний до 12 години дня;
- Водневий показник – 6,5-8,5;
- Температура — не повинна підвищуватися улітку більш ніж до 28 °С і до 8 °С узимку;
- Бактеріологічне забруднення на рівні нормативних значень для води водоприймача;
- Радіоактивність води (сумарна радіоактивність) не вище природного фону.

Таблиця 2.3 - Вимоги до очищеної води, що скидається у р. Стир (Випуск №1)

| Забруднюючі речовини | ГДК, мг/дм <sup>3</sup> | ГДС, г/год | ГДС, перевантажені у т/рік |
|----------------------|-------------------------|------------|----------------------------|
| Азот амонійний       | 5,43                    | 5646,8796  | 47,9902                    |
| БСК5                 | 15                      | 15599,115  | 132,5697                   |
| ХСК                  | 80                      | 83195,28   | 707,0383                   |
| Завислі речовини     | 28,2                    | 29326,3362 | 249,2310                   |
| Нафтопродукти        | 0,12                    | 124,7929   | 1,0606                     |
| Нітрати              | 33                      | 34318,0530 | 291,6533                   |
| Нітрити              | 0,5                     | 519,9705   | 4,4190                     |
| Сульфати             | 90,8                    | 94426,6428 | 802,4885                   |
| Фосфати              | 5,6                     | 5823,6696  | 49,4927                    |
| Хлориди              | 167                     | 173670,147 | 1475,9425                  |
| Сухий залишок        | 992,4                   | 1032037,44 | 8770,8104                  |
| Залізо загальне      | 0,42                    | 436,7752   | 3,7120                     |
| АПАР                 | 0,27                    | 280,7841   | 2,3863                     |

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 20   |

Таблиця 2.4 - Вимоги до очищеної води, що скидається у р. Стир (Випуск №2)

| Забруднюючі речовини | ГДК, мг/дм <sup>3</sup> | ГДС, г/год | ГДС, перевантажені у %/рік |
|----------------------|-------------------------|------------|----------------------------|
| Азот амонійний       | 5,42                    | 5636,4802  | 47,9018                    |
| БСК5                 | 15                      | 15599,115  | 132,5697                   |
| ХСК                  | 80                      | 83195,28   | 707,0383                   |
| Завислі речовини     | 28,4                    | 29534,3244 | 250,9986                   |
| Нафтопродукти        | 0,1                     | 114,3935   | 0,9722                     |
| Нітрати              | 33,4                    | 34734,0294 | 295,1885                   |
| Нітрити              | 0,48                    | 499,1717   | 4,2422                     |
| Сульфати             | 91,8                    | 95466,5838 | 811,3265                   |
| Фосфати              | 5,6                     | 5823,6696  | 49,4927                    |
| Хлориди              | 167,4                   | 174086,123 | 1479,4777                  |
| Сухий залишок        | 993                     | 1032661,41 | 8776,1113                  |
| Залізо загальне      | 0,42                    | 436,7752   | 3,7120                     |
| АПАР                 | 0,27                    | 280,7841   | 2,3863                     |

Показники та характеристика зворотних вод (в залежності від особливостей технології виробництва водокористування): збудники захворювань – у воді водних об'єктів не повинні визначатися збудники захворювань, в тому числі життєздатні яйця гельмінтів та цисти патогенних кишкових найпростіших; рівень токсичності (на основі біотестування) — зворотні води не повинні чинити гострого токсичного впливу на тестові гідробіонти, а в контрольному створі не повинен чинитися хронічний токсичний вплив на тестові гідробіонти.

#### 2.4. Вибір і обґрунтування технологічної схеми

Для очищення стічних вод, що надходять на каналізаційно-очисні споруди Комунального підприємства «Луцькводоканал», проєктом передбачено застосування технологічної схеми, що включає методи механічного та біологічного очищення. Розроблена технологічна схема (рис.2.1) включає споруди механічного очищення стічних вод, споруди біологічної очистки та біологічні ставки для доочистки стічних вод.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 21   |

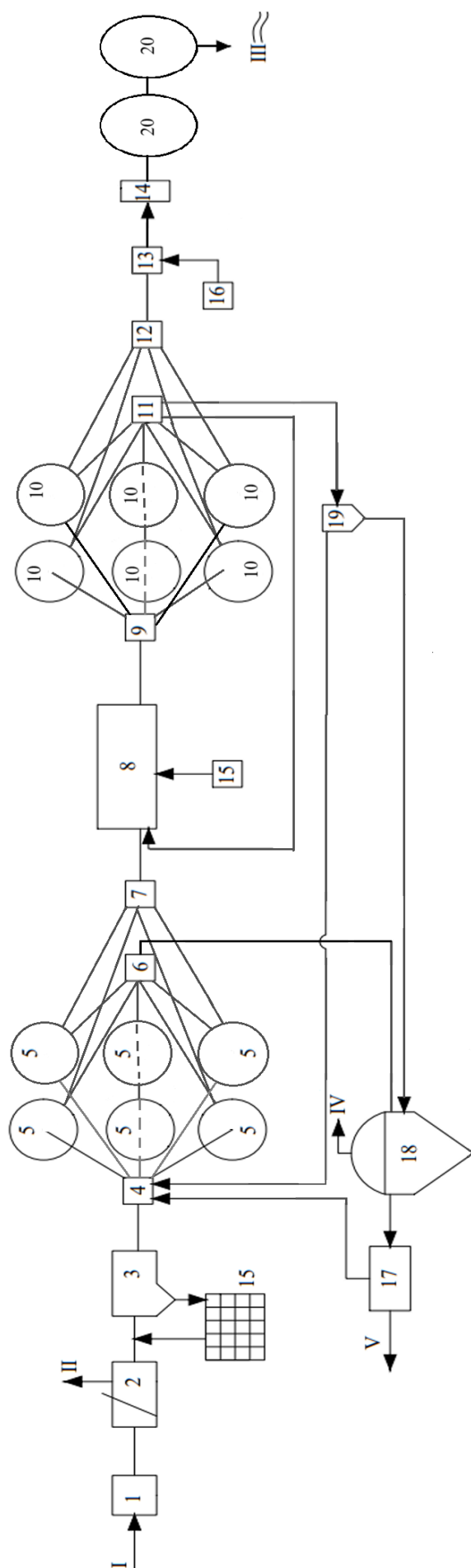


Рис. 2.1 – Технологічна схема очищення комунально-побутових стічних вод:

(1 – приймальна камера; 2 – решітки; 3 – пісковловлювач; 4 – розподільна камера; 5 – первинні відстійники; 6 – приймальна камера сирого осаду з насосною станцією; 7 – приймальна камера освітленої води; 8 – аеротенк; 9 – розподільна камера водомулової суміші; 10 – вторинні відстійники; 11 – приймальна камера активного мулу з насосною станцією; 12 – приймальна камера освітленої води; 13 – камера озонування; 14 – окислювальний (магістральний) канал; 15 – компресорна станція; 16 – озонаторна установка; 17 – установка механічного зневоднення осаду; 18 – метатенк; 19 – мулоуцілювач; 20 – біологічні ставки; I – подача стічної води; II – покидьки на утилізацію; III – скиду р. Стир; IV – відведення метану; V – відведення осаду на переробку)

Для вдосконалення системи очищення комунально-побутових стічних вод до технологічної схеми було додано метантенк. Його основна функція полягає в анаеробному зброджуванні первинного та надлишкового активного осаду, що дозволяє суттєво зменшити його об'єм, стабілізувати органічні речовини та знизити вміст патогенних мікроорганізмів.

Така обробка покращує санітарно-гігієнічні властивості осаду, спрощує його подальше використання, утилізацію та зменшує загальне навантаження на систему очищення.

Окрім цього, у процесі зброджування в метантенку утворюється біогаз, що містить метан і може використовуватись як джерело енергії. Це дає можливість частково забезпечити енергетичні потреби очисної станції, знизити витрати на електроенергію та підвищити загальну енергоефективність системи. Таким чином, додавання метантенка сприяє як екологічній, так і економічній доцільності вдосконаленої схеми очищення стічних вод.

Очисні споруди міста Луцька приймають стічні води з комбінованої системи каналізації, яка об'єднує як побутові, так і поверхневі (зливові) стоки. Це означає, що на очисні споруди надходять забруднення різного походження та складу, що суттєво ускладнює процес очистки та вимагає багатоступеневої, ефективної системи механічного й біологічного очищення.

Вхідні стічні води транспортуються на територію очисних споруд двома напірними сталевими трубопроводами великого діаметра — 1000 мм та 1200 мм. Потрапивши у приймальну камеру, вода далі рухається самопливом на механічне очищення — спочатку проходять через решітки, де затримуються покидьки. Далі потік надходить у пісковловлювачі, де відбувається осадження мінеральних часток — переважно піску та дрібного гравію. Ці елементи системи відіграють важливу роль у захисті обладнання від абразивного зношення.

Після проходження пісковловлювачів вода прямує через лотки передаераторів, відтак потік надходить у розподільчу чашу, яка забезпечує рівномірне надходження стічних вод у первинні радіальні відстійники. У цих спорудах з потоку осаджуються завислі речовини, органіка та інші компоненти,

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 23   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

які можуть бути частково стабілізовані без участі кисню.

Освітлена вода після первинного відстоювання надходить до аеротенків, де здійснюється основний етап біологічного очищення. Тут, за участі активного мулу та з подачею повітря через систему аерації, відбувається інтенсивне розкладання органічних забруднень. Аеротенки виконують роль біореакторів, у яких відтворюються умови для життєдіяльності мікроорганізмів, що перетворюють органічні речовини на стабільні сполуки. Далі суміш очищеної води та активного мулу надходить самопливом до вторинних відстійників, де відбувається розділення потоку на освітлену воду та надлишковий активний мул.

У вторинних відстійниках мул осаджується під дією сили тяжіння, тоді як очищена вода піддається подальшому контролю, проходить через водовимірювальний лоток, біологічні ставки і за дотримання гранично допустимих концентрацій (ГДК), направляється на скид у річку Стир, яка є притокою річки Прип'ять, що входить до водного басейну річки Дніпро і зрештою впадає у Чорне море.

Сформований сирий та надлишковий активний мул із первинних та вторинних відстійників направляється до ущільнювача мулу, де зменшується його об'єм за рахунок часткового видалення вологи. Далі одна частина ущільненого мулу направляється у метантенк, де відбувається процес анаеробного зброджування органічних речовин без доступу кисню, а решта повертається у первинні відстійники у вигляді мулової води, яка утворюється при гравітаційному ущільненні або механічному зневодненні. У результаті анаеробного зброджування утворюється біогаз, який може використовуватися як джерело енергії, зокрема для живлення компресорного обладнання.

Після стабілізації у метантенку зброджений осад прямує до фільтр-преса, де проходить механічне зневоднення. Надалі зневоднений осад транспортується на захоронення, що дозволяє суттєво знизити витрати на вивезення та зменшити обсяги захоронюваних відходів. Таке технологічне рішення дозволяє покращити санітарні характеристики осаду, зменшити екологічне навантаження та підвищити енергоефективність роботи споруд.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 24   |

## 2.5. Розрахунок матеріального балансу

У таблиці 2.5 приведені дані для розрахунку матеріального балансу.

Таблиця 2.5 – Вихідні дані для розрахунку матеріального балансу

| №  | Показник                                                            | Значення показника                       |
|----|---------------------------------------------------------------------|------------------------------------------|
| 1  | Витрата води, м <sup>3</sup> /добу                                  | 120000                                   |
| 2  | Концентрація завислих речовин, мг/дм <sup>3</sup>                   | 768÷798                                  |
| 3  | БСК, мг/дм <sup>3</sup>                                             | 487                                      |
| 4  | Об'єм покидьків на 1 жителя на рік, дм <sup>3</sup>                 | 8                                        |
| 5  | Добовий приріст БСК <sub>повн</sub> на 1 жителя, г/добу             | 40                                       |
| 6  | Густина покидьків, т/м <sup>3</sup>                                 | 0,75                                     |
| 7  | Об'єм затриманого піску на 1 жителя на добу, дм <sup>3</sup>        | 0,02                                     |
| 8  | Вологість піску, %                                                  | 60                                       |
| 9  | Густина піску, т/м <sup>3</sup>                                     | 1,5                                      |
| 10 | Вміст піску в осаді, %                                              | 60                                       |
| 11 | Конц. змулених речовин у воді перед аеротенком                      | 150                                      |
| 12 | Кількість змулених речовин на 1 жителя на добу, г/добу              | 65                                       |
| 13 | Густина осаду, т/м <sup>3</sup>                                     | 1,05                                     |
| 14 | Вологість осаду, %                                                  | 93,5                                     |
| 15 | Коефіцієнт приросту активного мулу                                  | 0,4                                      |
| 16 | Ефект зниження БСК, %                                               | 25                                       |
| 17 | Вологість мулу після вторинних відстійників, %                      | 99,2                                     |
| 18 | Густина мулу після вторинних відстійників, т/м <sup>3</sup>         | 1                                        |
| 19 | Доза активного мулу, г/дм <sup>3</sup>                              | 3                                        |
| 20 | Зольність осаду, %                                                  | 30                                       |
| 21 | Зольність активного мулу, %                                         | 30                                       |
| 22 | Гігроскопічна вологість, %                                          | 5                                        |
| 23 | Границі розкладу мулу і осаду, %                                    | a <sub>o</sub> = 53, a <sub>m</sub> = 44 |
| 24 | Добове завантаження в метантенк, %                                  | 18                                       |
| 25 | Середньомісячна температура влітку, °C                              | 22                                       |
| 26 | Розчинність O <sub>2</sub> у воді, мг/дм <sup>3</sup>               | 8,67                                     |
| 27 | Середня концентрація O <sub>2</sub> в аеротенку, мг/дм <sup>3</sup> | 2                                        |

На рисунку 2.2 представлено блок-схему розрахунку матеріального балансу очистки комунально-побутових стічних вод.

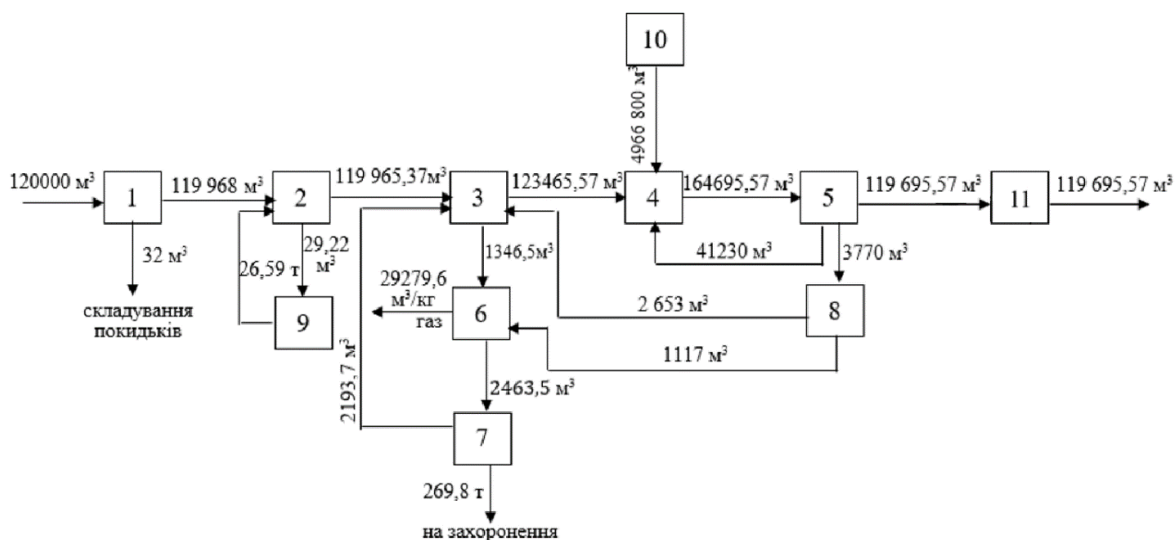


Рисунок 2.2 – Блок-схема матеріального балансу

(1 – решітки, 2 – пісковловлювач, 3 – первинний відстійник, 4 – аеротенк, 5 – вторинний відстійник, 6 – метантенк, 7 – фільтр-прес, 8 – ущільнювач мулу, 9 – пісковий майданчик, 10 – компресор, 11 – камера озонування)

Розрахуємо матеріальний баланс, виходячи з даних, зазначених у табл. 2.5.

Об'єм покидьків, затримуваних на решітках за добу, м³/добу, розраховується за формулою:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 \cdot N_{\text{пр}}}{1000 \cdot 365} \quad (2.12)$$

де,  $a_0$  - об'єм покидьків на одного жителя на рік, який складає,  $a_0 = 8 \text{ дм}^3$  для решіток з шириною отвору 16 - 20 мм;

$N_{\text{пр}}$  – наведена кількість жителів.

Приведена кількість жителів розраховується за формулою:

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 26   |

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot \text{БСК}_{\text{повн}}}{a_1} \quad (2.13)$$

де,  $Q$  - витрата стічних вод,  $\text{м}^3$  на добу;

$a_1$  - добовий  $\text{БСК}_{\text{повн}}$  на одного.

Визначаємо наведену кількість жителів:

$$N_{\text{пр}} = \frac{120000 \cdot 487}{40} = 1461000 \text{ жителів}$$

Тоді об'єм покидьків, затримуваних на решітках за добу складатиме:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 1461000}{1000 \cdot 365} = 32 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість покидьків, затримуваних на решітках за добу визначаємо за формулою:

$$G_{\text{пок}} = \gamma_{\text{пок}} \cdot W_{\text{пок}} \quad (2.14)$$

де,  $W_{\text{пок}}$  — об'єм покидьків, затримуваних на решітках за добу,  $\text{м}^3/\text{добу}$ ;

$\gamma_{\text{пок}}$  — густина покидьків,  $\text{т}/\text{м}^3$ .

$$G_{\text{пок}} = 0,75 \cdot 32 = 24 \text{ т/добу}$$

$$q_{\text{III}} = W_{\text{пок}} = 32 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Об'єм затримованого піску,  $\text{м}^3/\text{добу}$ , обчислюється за формулою:

$$W_{\text{піск}} = \frac{N_{\text{пр}} \cdot 0,02}{1000} \quad (2.15)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 27   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

де,  $N_{\text{пр}}$  – наведена кількість жителів

Об'єм затриманого пісковловлювачами піску,  $\text{м}^3/\text{добу}$ :

$$W_{\text{піск}} = \frac{1461000 \cdot 0,02}{1000} = 29,22 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{2-9} = W_{\text{піск}} = 29,22 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Вага затриманого піску,  $\text{т}/\text{добу}$ :

$$G_{\text{піск}} = W_{\text{піск}} \cdot 1,5 \quad (2.16)$$

де,  $W_{\text{піск}}$  = об'єм затриманого пісковловлювачами піску,  $\text{м}^3/\text{добу}$

$$G_{\text{піск}} = 29,22 \cdot 1,5 = 43,83 \text{ т}/\text{добу}$$

Оскільки вологість забраного піску дорівнює 60%, кількість води, що збирається з піском,  $\text{т}/\text{добу}$ , розраховується за формулою:

$$G_{\text{води}} = G_{\text{піск}} \cdot 0,6 \quad (2.17)$$

де,  $G_{\text{піск}}$  – вага затриманого піску,  $\text{т}/\text{добу}$

$$G_{\text{води}} = 43,83 \cdot 0,6 = 26,298 \text{ т}/\text{добу}$$

Із відведеного вологого піску повертається у основний потік 91% води,  $\text{м}^3/\text{добу}$ .

Отже,

$$q_{9-2} = W_{\text{піск}} \cdot 0.91 \quad (2.18)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 28   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

де,  $W_{\text{піск}}$  – об'єм затриманого пісковловлювачами піску, м<sup>3</sup>/добу.

$$q_{9-2} = 29,22 \cdot 0,91 = 26,59 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Концентрація змулених речовин у воді, мг/дм<sup>3</sup>:

$$C_{\text{зр}} = \frac{a \cdot N_{\text{пр}}}{Q} \quad (2.19)$$

де,  $a$  - кількість змулених речовин на 1 жителя на добу, г/добу;

$N_{\text{пр}}$  – наведена кількість жителів;

$Q$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup> на добу.

$$C_{\text{зр}} = \frac{65 \cdot 1461000}{120000} = 791,375 \text{ мг/дм}^3$$

Концентрація змулених речовин на виході з первинних відстійників  $C_2 = 150 \text{ мг/дм}^3$ .

Маса осаду за сухою речовиною в первинному відстійнику, т/добу:

$$Q_{\text{ос}} = \frac{Q \cdot (C_1 - C_2)}{10^6} \quad (2.20)$$

де,  $Q$  - витрата стічних вод, м<sup>3</sup> на добу;

$C_1 = 798 \text{ мг/дм}^3$ ;

$C_2 = 150 \text{ мг/дм}^3$ .

$$Q_{\text{ос}} = \frac{120000 \cdot (798 - 150)}{10^6} = 77,76 \text{ т/добу}$$

Об'єм осаду, м<sup>3</sup>/добу:

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 29   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$V_{oc} = \frac{Q \cdot (C_1 - C_2)}{(100 - P) \rho 10^4} \quad (2.21)$$

де,  $\rho$  - густина осаду, приймається  $1,05 \text{ т/м}^3$ ;

$P$  - вологість осаду, %, її приймають в залежності від способу транспортування осаду. Під час транспортування під гідростатичним тиском (самостікання)  $P = 95 \%$ , за наявності преаерації  $P = 94,5 \%$ , а в разі передачі плунжерним насосом  $P = 93,5 \%$ .

$$V_{oc} = \frac{120000 \cdot (798 - 150)}{(100 - 94,5) \cdot 1,05 \cdot 10^4} = 1346,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{3-6} = V_{oc} = 1346,5 \text{ м}^3/\text{добу} \quad (2.22)$$

Враховуючи те, що ефективність зниження БСК під час відстоювання без інтенсифікації,  $\text{мг/дм}^3$  досягає  $25\%$ , то маємо:

$$L_a = \text{БСК} (1 - 0,25) \quad (2.23)$$

де,  $\text{БСК} = 487 \text{ мг/дм}^3$

$$L_a = 487(1 - 0,25) = 365,25 \text{ мг/дм}^3$$

Ефективність затримання осаду для стічних вод у первинних відстійниках, %:

$$E_{зр} = \frac{C_{зр} - C_2}{C_{зр}} \quad (2.24)$$

де,  $C_{зр}$  - концентрація змулених речовин у воді,  $\text{мг/дм}^3$ ;

$C_2 = 150 \text{ мг/дм}^3$  - концентрація змулених речовин на виході з первинних відстійників.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 30   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$E_{\text{зр}} = \frac{791,375 - 150}{791,375} = 0,81 = 81\%$$

Вологість осаду після первинних відстійників стічних вод при ущільненні знижується в середньому на 75%, тому приблизно 25% об'єму осаду повертається в первинні відстійники у вигляді мулових вод.

$$V_{\text{м.в.}} = V_{\text{ос}} \cdot 0,25 \quad (2.25)$$

де,  $V_{\text{ос}}$  - об'єм осаду, м<sup>3</sup>/добу

$$V_{\text{м.в.}} = 1346,5 \cdot 0,25 = 336,625 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{1-2} = q_I - q_{III} = 120000 - 32 = 119\,968 \text{ м}^3/\text{добу}$$

де,  $q_{III} = W_{\text{пок}} = 32 \text{ м}^3/\text{добу}$

$$q_{2-3} = q_{1-2} - q_{2-9} + q_{9-2} = 119\,968 - 29,22 + 26,59 = 119\,965,37 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу:

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8C(1-E) + \alpha L_a - b]Q}{10^6} \quad (2.26)$$

де,  $C$  - концентрація змулених речовин у воді, що надходить на первинні відстійники, мг/дм<sup>3</sup>;

$E$  - ефективність затримання змулених речовин, долі одиниці;

$L_a$  - БСК<sub>повн</sub> стічної води, що надходить в аеротенки, мг/дм<sup>3</sup>;

$\alpha$  - коефіцієнт приросту активного мулу;

$\alpha = 0,3 - 0,5$ ;

$b$  - концентрація активного мулу після вторинних відстійників, мг/дм<sup>3</sup>;

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 31   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Q - середньодобова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/добу.

$$Q = 120000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Концентрація активного мулу після вторинних відстійників:  $b = 15 \text{ мг/дм}^3$ ;  
Коефіцієнт приросту активного мулу:  $\alpha = 0,4$ ;

Тоді,

$$M_{\text{сух}} = \frac{[0,8 \cdot 791,375 (1 - 0,81) + 0,4 \cdot 365,25 - 15] \cdot 120000}{10^6} = 30,16 \text{ т/добу}$$

Об'єм надлишкового активного мулу у вторинних відстійниках, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{надл.мул}} = \frac{100 \cdot M_{\text{сух}}}{(100 - P) \cdot \rho_{\text{сух}}} \quad (2.27)$$

де, P - вологість мулу після вторинних відстійників;  $\rho_{\text{мул}}$  - густина мулу після вторинних відстійників,  $\rho_{\text{мул}} = 1 \text{ т/м}^3$ .

$$V_{\text{надл.мул}} = \frac{100 \cdot 30,16}{(100 - 99,2) \cdot 1} = 3770 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{5-8} = V_{\text{надл.мул}} = 3770 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Дозу активного мулу в аеротенках-змішувачах безрегенерації приймають 3 г/дм<sup>3</sup>, з регенерацією – 2 – 4,5 г/дм<sup>3</sup>. У нашому випадку в технологічній схемі застосовано аеротенк- змішувач з регенерацією, доза активного мулу 3 г/дм<sup>3</sup>.

Кількість активного мулу, т/добу, що виноситься із стічними водами з аеротенка, становить:

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 32   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$Q_{\text{акт.мулу}} = \frac{Q \cdot \text{Дакт.мул.}}{1000} \quad (2.28)$$

де, Q - середньодобова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/добу;

Дакт. мул. - доза активного мулу, г/дм<sup>3</sup>.

$$Q_{\text{акт.мулу}} = \frac{120000 \cdot 3}{1000} = 360 \text{ т/добу}$$

Активний мул повертається в аеротенк, за винятком приросту активного мулу, т/добу:

$$Q_{\text{поверт}} = Q_{\text{акт.мулу}} - M_{\text{сух}} \quad (2.30)$$

де, Q<sub>акт.мулу</sub> - кількість активного мулу, т/добу;

M<sub>сух</sub> - кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу.

$$Q_{\text{поверт}} = 360 - 30,16 = 329,84 \text{ т/добу}$$

Кількість мулу, що подається на аеротенк, при його вологості 99,2 %, м<sup>3</sup>/добу:

$$V_{\text{акт.мулу}} = \frac{Q_{\text{поверт}} \cdot 100}{100 - 99,2} \quad (2.31)$$

де, Q<sub>поверт</sub> - активний мул, який повертається в аеротенк, т/добу

$$V_{\text{акт.мулу}} = \frac{329,84 \cdot 100}{100 - 99,2} = 41\,230 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{5-4} = V_{\text{акт.мулу}} = 41230 \text{ м}^3/\text{добу}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 33   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$q_{4-5} = q_{3-4} + q_{5-4} \quad (2.32)$$

$$q_{4-5} = 123\,465,57 + 41\,230 = 164\,695,57 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{\text{II}} = q_{4-5} - q_{5-4} - q_{5-8} \quad (2.33)$$

$$q_{\text{II}} = 164\,695,57 - 41\,230 - 3770 = 119\,695,57 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість мулу, що подається на метантенк, м<sup>3</sup>/добу:

$$q_{8-6} = \frac{M_{\text{сух}} \cdot 100}{100 - 97,3} \quad (2.34)$$

де,  $M_{\text{сух}}$  - кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу

$$q_{8-6} = \frac{30,16 \cdot 100}{100 - 97,3} = 1117 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість води, що повертається з ущільнювача мулу у первинний відстійник, м<sup>3</sup>/добу:

$$q_{8-3} = q_{5-8} - q_{8-6} = 3770 - 1117 = 2\,653 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$V_{3-4} = q_{2-3} - q_{3-6} + q_{7-3} + q_{8-3} \quad (2.35)$$

$$V_{3-4} = 119\,965,37 - 1346,5 + 2\,193,7 + 2\,653 = 123\,465,57 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Загальний об'єм осаду, що надходить на метантенк:

$$q_{6-7} = q_{3-6} + q_{8-6} = 1346,5 + 1117 = 2\,463,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 34   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

За сухою речовиною загальна кількість осаду, т/добу:

$$M_{\text{сух}}^3 = Q_{\text{сух}} + M_{\text{сух}} \quad (2.36)$$

де,  $Q_{\text{сух}}$ ,  $M_{\text{сух}}$  - кількість відповідно осаду і мулу за сухою речовиною, т/добу.

$$M_{\text{сух}}^3 = 77,76 + 30,16 = 107,92 \text{ т/добу}$$

Зольність осаду складає 30 %; Зольність активного мулу становить 25% ;  
Гігроскопічна вологість  $V_{\Gamma}$  і  $V_{\Gamma}'$  - 5%.

Кількість беззольної речовини осаду, т/добу:

$$O_{\text{без}} = \frac{Q_{\text{сух}} (100 - V_{\Gamma}) (100 - Z_{\text{ос}})}{100 \cdot 100} \quad (2.37)$$

де,  $V_{\Gamma}$ ,  $V_{\Gamma}'$  - гігроскопічна вологість осаду і мулу, %;  $Z_{\text{ос}}$ ,  $Z_{\text{мул}}$  - зольність сухої речовини осаду і мулу.

$$O_{\text{без}} = \frac{77,76 (100 - 5) (100 - 30)}{100 \cdot 100} = 51,71 \text{ т/добу}$$

Кількість беззольної речовини активного мулу, т/добу:

$$M_{\text{без}} = \frac{M_{\text{сух}} (100 - V_{\Gamma}') (100 - Z_{\text{мул}})}{100 \cdot 100} \quad (2.38)$$

де,  $M_{\text{сух}}$  - кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу;

$V_{\Gamma}$ ,  $V_{\Gamma}'$  - гігроскопічна вологість осаду і мулу, %;

$Z_{\text{ос}}$ ,  $Z_{\text{мул}}$  - зольність сухої речовини осаду і мулу.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 35   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$M_{\text{без}} = \frac{30,16 (100-5)(100-25)}{100 \cdot 100} = 21,489 \text{ т/добу}$$

Загальна кількість беззольної речовини, яка надходитиме у метантенк, т/добу:

$$M_{\text{без}}^3 = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} \quad (2.39)$$

де,  $O_{\text{без}}$  - кількість беззольної речовини осаду, т/добу;

$M_{\text{без}}$  - кількість беззольної речовини активного мулу, т/добу.

$$M_{\text{без}}^3 = O_{\text{без}} + M_{\text{без}} = 51,71 + 21,489 = 73,199 \text{ т/добу}$$

Середнє значення вологості мулу, що надходить на переробку в метантенк, %:

$$V_{\text{сум}} = 100 \left( 1 - \frac{M_{\text{сух}}^3}{V^3} \right) \quad (2.40)$$

де,  $M_{\text{сух}}^3$  – загальна кількість осаду за сухою речовиною, т/добу;

$V^3$  – кількість осадів, що надходить на метантенк.

$$V_{\text{сум}} = 100 \left( 1 - \frac{107,92}{2 \cdot 463,5} \right) = 95,6 \%$$

Середнє значення зольності мулу, що надходить на переробку в метантенк, %:

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left( 1 - \frac{M_{\text{без}}^3}{\frac{Q_{\text{сум}}(100-B_{\Gamma})}{100} + \frac{M_{\text{сух}}(100-B_{\Gamma})}{100}} \right) \quad (2.41)$$

де,  $M_{\text{без}}^3$  - загальна кількість беззольної речовини, яка надходитиме у метантенк, т/добу;

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 36   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$M_{\text{сух}}$  - кількість осаду, що відводиться з вторинних відстійників, т/добу;

$В_{\Gamma}$  - гігроскопічна вологість осаду і мулу, %.

$$Z_{\text{сум}} = 100 \left( 1 - \frac{\frac{73,199}{\frac{77,76(100-5)}{100} + \frac{30,16(100-5)}{100}}}{100} \right) = 28,6\%$$

Границя розкладу суміші осаду та мулу в метантенку обчислюється за формулою, %:

$$a_{\text{сум}} = \frac{(a_0 O_{\text{без}} + a_m M_{\text{без}})}{M_{\text{без}}^3} \quad (2.42)$$

де  $a_0$ ,  $a_m$  - границі розкладу осаду і мулу, які обчислюють за даними хімічного аналізу, а в разі їх відсутності дозволяється брати  $a_0 = 53\%$ ,  $a_m = 44\%$ ;

$M_{\text{без}}^3$  - загальна кількість беззольної речовини, яка надходитиме у метантенк, т/добу;

$O_{\text{без}}$  - кількість беззольної речовини осаду, т/добу;

$M_{\text{без}}$  - кількість беззольної речовини активного мулу, т/добу.

$$a_{\text{сум}} = \frac{(53 \cdot 51,71 + 44 \cdot 21,489)}{73,199} = 50,4\%$$

Вихід газу  $y'$ , м<sup>3</sup>/кг завантаженої беззольної речовини (густина газу беремо такою, що дорівнює 1), вираховуємо за формулою:

$$y' = \frac{(a_{\text{сум}} - H \cdot D)}{100} \quad (2.43)$$

де,  $H$  - експериментальний коефіцієнт ( $H = 0,56$ );  $D$  - добове завантаження осаду в метантенк, %, обираємо за таблицею 2.6.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 37   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Таблиця 2.6 – Добове завантаження осаду в метантенк

| Режим бродіння | Доза завантаження,%, при вологості осаду, що завантажується,%, не більше |    |    |    |    |
|----------------|--------------------------------------------------------------------------|----|----|----|----|
|                | 93                                                                       | 94 | 95 | 96 | 97 |
| Мезофільний    | 7                                                                        | 8  | 8  | 9  | 10 |
| Термофільний   | 14                                                                       | 16 | 17 | 18 | 19 |

$$y' = \frac{(50,4 - 0,56 \cdot 18)}{100} = 0,4 \text{ м}^3/\text{кг}$$

Сумарний вихід газу, м<sup>3</sup>:

$$\Gamma = y' \cdot M_{\text{без}}^3 \cdot 1000 \quad (2.44)$$

де,  $y'$  - вихід газу  $y'$ , м<sup>3</sup>/кг завантаженої беззольної речовини;

$M_{\text{без}}^3$  - загальна кількість беззольної речовини, яка надходитиме у метантенк, т/добу.

$$\Gamma = 0,4 \cdot 73,199 \cdot 1000 = 29\,279,6 \text{ м}^3$$

Знаючи ступінь розкладу  $a_{\text{сум}}$ , легко можна обчислити масу беззольної речовини у збродженій суміші, т/добу:

$$M'_{\text{без}} = \frac{M_{\text{без}}^3 \cdot (100 - a_{\text{сум}})}{100} \quad (2.45)$$

де,  $a_{\text{сум}}$  - границя розкладу суміші осаду та мулу в метантенку;

$M_{\text{без}}^3$  - загальна кількість беззольної речовини, яка надходитиме у метантенк, т/добу.

$$M'_{\text{без}} = \frac{73,199 \cdot (100 - 50,4)}{100} = 36,3 \text{ т/добу}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 38   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Зольна частина осаду становить т/добу:

$$M = M_{\text{сух}}^3 - M_{\text{без}}^3 \quad (2.46)$$

де,  $M_{\text{сух}}^3$  – загальна кількість осаду за сухою речовиною, т/добу;

$M_{\text{без}}^3$  – загальна кількість беззольної речовини, яка надходить у метантенк, т/добу.

$$M = 107,92 - 73,199 = 34,721 \text{ т/добу}$$

Маса сухої речовини у збродженій суміші. т/добу:

$$M_{\text{сух}}^{\text{збр}} = M + M_{\text{без}}^3 \quad (2.47)$$

де,  $M$  – зольна частина осаду становить т/добу;

$M_{\text{без}}^3$  – загальна кількість беззольної речовини, яка надходить у метантенк, т/добу.

$$M_{\text{сух}}^{\text{збр}} = 34,721 + 73,199 = 107,92 \text{ т/добу}$$

Приймаючи об'єм осаду, що виходить з метантенку, рівним об'єму осаду, що надходить, визначимо вологість збродженої суміші, %:

$$V_{\text{сум}} = 100 - \frac{M_{\text{сух}}^{\text{збр}}}{V_3} \cdot 100 \quad (2.48)$$

де,  $M_{\text{сух}}^{\text{збр}}$  – маса сухої речовини у збродженій суміші. т/добу;

$V^3$  – кількість осадів, що надходить на метантенк.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 39   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$B_{\text{сум}} = 100 - \frac{107,92}{2\,463,5} \cdot 100 = 95,6 \%$$

Оскільки вологість осаду на фільтр-пресі становить 60 % та загальна кількість осаду за сухою речовиною = 107,92 т/добу, то маса осаду на захоронення дорівнює:

$$107,92 \text{ т/добу} - 40 \%$$

$$M'_{\text{ос}} \text{ т/добу} - 100 \%$$

$$M'_{\text{ос}} = \frac{107,92 \cdot 100}{40} = 269,8 \text{ (т/добу)}$$

$$q_{\text{IV}} = M'_{\text{ос}} = 269,8 \text{ (т/добу)}$$

Об'єм води, що повертається у первинний відстійник, м<sup>3</sup>/добу:

$$q_{7-3} = V_3 - M'_{\text{ос}} \quad (2.49)$$

де,  $M'_{\text{ос}}$  - маса осаду на захоронення дорівнює;

$V_3$  – кількість осадів, що надходить на метантенк.

$$q_{7-3} = 2\,463,5 - 269,8 = 2\,193,7 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q_{3-4} = q_{2-3} - q_{3-6} + q_{7-3} + q_{8-3} \quad (2.50)$$

$$q_{3-4} = 119\,965,37 - 1346,5 + 2\,193,7 + 2\,653 = 123\,465,57 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Питома витрата повітря очищеної води за пневматичної аерації аеротенка, (м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>):

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 40   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$q_{\text{пов}} = \frac{q_0 \cdot (L_a - L \cdot t)}{K_1 \cdot K_2 \cdot K_3 \cdot K_T \cdot (c_a - c_o)} \quad (2.51)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт який враховує тип аератора,  $K_1 = 1,94$ ;

$K_2$  – коефіцієнт який враховує вплив глибини, на якій розміщено аератор,  $K_2 = 2,08$ ;

$K_3$  – коефіцієнт який враховує вплив органічних речовин або вплив якості стічної води на процес окислення,  $K_3 = 0,72$ ;

$K_4$  – коефіцієнт який враховує вплив температури на процес очищення води;

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

За дрібнобульбашкової аерації  $K_1$  береться залежно від співвідношення площ аерованої зони та аеротенка (табл. 2.7).

Таблиця 2.7 – Значення коефіцієнта  $K_1$

|                                                       |      |      |      |      |      |     |      |     |
|-------------------------------------------------------|------|------|------|------|------|-----|------|-----|
| $f_{az}$                                              | 0,05 | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5 | 0,75 | 1   |
| $f_{at}$                                              |      |      |      |      |      |     |      |     |
| $K_1$                                                 | 1,34 | 1,47 | 1,68 | 1,89 | 1,94 | 2   | 2,13 | 2,3 |
| $I_a, \text{тах м}^3 / (\text{м}^2 \cdot \text{год})$ | 5    | 10   | 20   | 30   | 40   | 50  | 75   | 100 |

Для середньобульбашкової та низьконапірної аерації  $K_1 = 0,75$ ;

$K_2$  - коефіцієнт, що залежить від глибини занурення аератора  $h_a$  (табл. 2.8).

Таблиця 2.8 – Значення коефіцієнта  $K_2$

|                                                     |     |      |     |     |     |    |      |      |      |     |
|-----------------------------------------------------|-----|------|-----|-----|-----|----|------|------|------|-----|
| $h_a, \text{м}$                                     | 0,5 | 0,6  | 0,7 | 0,8 | 0,9 | 1  | 3    | 4    | 5    | 6   |
| $K_2$                                               | 0,4 | 0,46 | 0,6 | 0,8 | 0,9 | 1  | 2,08 | 2,52 | 2,92 | 3,3 |
| $I_a, \text{min м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ | 48  | 42   | 38  | 32  | 28  | 24 | 4    | 3,5  | 3    | 2,5 |

$I_a$  - інтенсивність аерації;  $K_T$  - коефіцієнт, що враховує температуру стічних вод.

Для міських стічних вод  $K_3 = 0,85$ , за наявності синтетичних миючих

засобів і приймається залежно від співвідношення  $f_{az}/f_{at}$  (табл. 2.9).

Таблиця 2.9 – Значення коефіцієнта  $K_3$

|          |      |      |      |      |      |      |      |      |
|----------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| $f_{az}$ | 0,05 | 0,1  | 0,2  | 0,3  | 0,4  | 0,5  | 0,75 | 1    |
| $f_{at}$ |      |      |      |      |      |      |      |      |
| $K_3$    | 0,59 | 0,59 | 0,64 | 0,66 | 0,72 | 0,77 | 0,88 | 0,99 |

Для промислових стічних вод коефіцієнт  $K_3$  визначають за дослідними даними, за їх відсутності  $K_3$  допускається брати 0,7;  $C_a$  - розчинність кисню повітря у воді, мг/дм<sup>3</sup>:

$$C_a = \left(1 + \frac{h_a}{20,6}\right) \cdot C_T \quad (2.52)$$

де,  $C_T$  - розчинність кисню повітря у воді залежно від температури й тиску (табл. 2.10).

$$C_a = \left(1 + \frac{4}{20,6}\right) \cdot 8,67 = 10,35 \text{ мг/дм}^3$$

Таблиця 2.10 – Розчинність кисню повітря у воді

|                               |       |       |       |       |      |     |      |      |      |      |      |
|-------------------------------|-------|-------|-------|-------|------|-----|------|------|------|------|------|
| $T, ^\circ C$                 | 5     | 10    | 12    | 14    | 16   | 18  | 20   | 22   | 24   | 26   | 28   |
| $C_T$ ,<br>мг/дм <sup>3</sup> | 17,79 | 11,27 | 10,75 | 10,26 | 9,82 | 9,4 | 9,02 | 8,67 | 8,33 | 8,02 | 7,72 |

$C_o$  – середня концентрація кисню в аеротенку, мг/дм<sup>3</sup>, в першому наближенні можна взяти 2 мг/дм<sup>3</sup>.

$$K_T = \frac{1+0,02}{(T_\omega-20)} = \frac{1+0,02}{(22-20)} = 0,51$$

Для нашого випадку  $K_1 = 1,94$ ;  $K_2 = 2,08$ ;  $K_3 = 0,72$ ;  $K_T = 0,51$ ,  $L_a = 365,25$ ;  $L_t = 15$  мг/дм<sup>3</sup>, концентрацію кисню  $C_o$  беремо 2 мг/дм<sup>3</sup>.

Тоді, питома витрата повітря очищеної води за пневматичної аерації аеротенка, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>:

$$q_{\text{пов}} = \frac{1,1 \cdot (365,25 - 15)}{1,47 \cdot 2,52 \cdot 0,59 \cdot 0,51 \cdot (10,35 - 2)} = 41,39 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Кількість повітря, що подається на аеротенк, м<sup>3</sup>/добу:

$$Q_{\text{пов}} = q_{\text{пов}} \cdot Q \quad (2.53)$$

де,  $Q$  - середньодобова витрата стічних вод, м<sup>3</sup>/добу;

$q_{\text{пов}}$  - питома витрата повітря очищеної води за пневматичної аерації аеротенка, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>.

$$Q_{\text{пов}} = 41,39 \cdot 120000 = 4\,966\,800 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Таблиця 2.11 – Матеріальний баланс

| № | Назва потоку                                                                             | Значення |
|---|------------------------------------------------------------------------------------------|----------|
| 1 | Об'єм покидьків, що затримуються на решітках, м <sup>3</sup> /добу                       | 32       |
| 2 | Об'єм затримованого піску, м <sup>3</sup> /добу                                          | 29,22    |
| 3 | Об'єм води, що повертається на піскоуловлювачі з піскових майданчиків, т/добу            | 26,59    |
| 4 | Об'єм осаду, що відводиться з первинних відстійників, м <sup>3</sup> /добу               | 1346,5   |
| 5 | Кількість мулу, що подається на аеротенк із вторинних відстійників, м <sup>3</sup> /добу | 41230    |

| 1  | 2                                                                                             | 3         |
|----|-----------------------------------------------------------------------------------------------|-----------|
| 6  | Витрата повітря на аерацію, м <sup>3</sup> /добу                                              | 4 966 800 |
| 7  | Об'єм водомулової суміші з вторинних відстійників, м <sup>3</sup> /добу                       | 3770      |
| 8  | Кількість води, що подається на первинний відстійник з ущільнювача мулу, м <sup>3</sup> /добу | 2 653     |
| 9  | Кількість мулу, що подається на метантенк з ущільнювача мулу, м <sup>3</sup> /добу            | 1117      |
| 10 | Кількість газу, що відводиться з метантенку, м <sup>3</sup> /кг                               | 29 279,6  |
| 11 | Об'єм вологого осаду, що подається на фільтр-прес, м <sup>3</sup> /добу                       | 2 463,5   |
| 12 | Об'єм осаду, на захоронення після фільтр-пресу, т/добу                                        | 269,8     |
| 13 | Об'єм води, що повертається в первинні відстійники з фільтр-пресу, м <sup>3</sup> /добу       | 2 193,7   |

## 2.6. Короткі теоретичні дані про хімічні, фізичні та біологічні процеси, що реалізуються в даній технології

Технологічна схема каналізаційно-очисних споруд КП «Луцькводоканал» передбачає використання механічних та біологічних методів очищення стічних вод, а також знезараження методом озонування.

### 2.6.1. Проціджування

Технологічний процес очищення стічних вод розпочинається з механічної обробки, що здійснюється за допомогою решіток. Вони затримують великі домішки, які потрапляють у потік. Якщо ці домішки не будуть вилучені на початковому етапі, це може призвести до засмічення трубопроводів і каналів, пошкодження рухомих частин обладнання та порушення роботи всієї системи очищення.

Решітки являють собою металеві рами з розташованими всередині паралельними стрижнями круглого або прямокутного перерізу. Їх встановлюють вертикально або під нахилом до напрямку потоку. Відстань між стрижнями

називається прозором решітки та визначає мінімальний розмір частинок, які можуть бути затримані.

Покидьки, що накопичуються на решітках під час фільтрації стічної води, видаляються спеціальними механічними граблями, розміщеними перед або за стрижнями. Зібрані осади транспортуються далі для подальшого оброблення.

## 2.6.2. Механічне відстоювання

Механічне відстоювання є простим, ефективним і малозатратним з енергетичної точки зору процесом, що базується на принципі гравітаційного розділення твердих частинок у рідині. Очисні споруди, в яких реалізується цей процес, дозволяють осадити зважені речовини без застосування додаткової енергії.

Залежно від конструктивних особливостей, відстійники поділяються на горизонтальні, вертикальні, радіальні та тонкошарові. Вибір типу залежить від обсягу і складу стічних вод, характеристик зважених частинок та утвореного осаду, а також від умов розміщення очисних споруд.

У горизонтальних відстійниках вода рухається вздовж споруди практично в горизонтальному напрямку. Такі резервуари мають прямокутну форму і складаються з декількох секцій.

Вода подається в передню частину, проходить через резервуар і, пройшовши очищення, надходить до випускного каналу. Для збору осаду, який осідає на дні, на початку резервуара передбачені приямки, об'єм яких визначається конструкцією та методом видалення осаду.

Вертикальні відстійники мають круглу або квадратну форму з конусоподібним чи пірамідальним дном. Вода надходить до нижньої частини через центральну трубу, після чого піднімається вгору до зливних жолобів. У процесі руху вгору зважені частинки осідають, оскільки мають більшу густину, ніж вода.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 45   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Радіальні відстійники — це круглі за формою неглибокі резервуари, де вода рухається від центру до країв. Вона подається через центральну трубу, а очищена вода збирається в круговий жолоб. Осад, що осідає, спрямовується до центру спеціальними шкребками, закріпленими на обертовій фермі, і потрапляє у приямок, звідки видаляється за допомогою водяного тиску або насосного обладнання.

Тонкошарові відстійники — це компактні відкриті або закриті ємності, що містять кілька функціональних зон: зону розподілу, відстійну зону, зону збору очищеної води та зону накопичення осаду. Відстійна частина поділена на тонкі шари полицями або трубчастими елементами, що підвищує ефективність процесу.

У таких спорудах можуть реалізовуватись три варіанти переміщення води й осаду:

- перехресний — коли осад рухається поперечно до потоку;
- протиточний — осад віддаляється у зворотному напрямку до водного потоку;
- прямоточний — напрямки руху потоку та осаду збігаються.

### 2.6.3. Аеробне біологічне очищення

Аеротенки — це штучні резервуари з примусовим насиченням повітрям, призначені для біологічного очищення стічних вод за участі активного мулу.

Стічні води разом з активним мулом можуть подаватися до аеротенків і виводитися з них або централізовано через торцеві стіни, або рівномірно вздовж довгих бічних стінок резервуарів. У першому випадку нова порція рідини майже не перемішується з тією, що вже перебуває всередині, а поступово витісняє її. Такі си стеми мають назву аеротенки-витискувачі.

У другому випадку, — аеротенках-змішувачах — відбувається постійне перемішування усього об'єму. Для забезпечення ефективного очищення подані стічні води повинні одразу змішуватись з муловою масою в резервуарі. Цього досягають за рахунок рівномірного впуску стоків і мулу вздовж однієї зі сторін

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 46   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

аеротенка, при цьому відведення очищеної рідини здійснюється з протилежного боку.

Для підтримки життєвих процесів мікроорганізмів, які входять до складу активного мулу, у резервуари подається повітря за допомогою аераторів. В залежності від способу подачі та розподілу повітря, аеротенки поділяються на:

- Пневматичні — повітря надходить через металеві трубопроводи та розподіляється пористими елементами (фільтросами), які встановлені на дні;
- Механічні — повітря надходить з атмосфери через обертові елементи (ротори), які одночасно забезпечують його змішування з вмістом резервуара;
- Комбіновані — поєднують обидва зазначені методи аерації для підвищення ефективності процесу.

#### 2.6.4. Озонування

Для усунення бактеріального забруднення стічних вод використовують процес знезараження. Одним з ефективних хімічних методів є озонування. Його дія ґрунтується на властивості озону розпадатися у водному середовищі з утворенням атомарного кисню. Цей активний елемент здатен руйнувати ферментні системи мікроорганізмів, а також окиснювати певні хімічні речовини.

На першому етапі процесу озонування молекули озону взаємодіють з водою на межі поділу між газоподібної і рідкої фазою, яка утворена бульбашками газу. Це веде до того, що одна частина молекул озону розчиняється у воді, а інша збирається на зовнішній поверхні газових бульбашок. Наступним етапом є взаємодія озону з забруднюючими речовинами стічних вод.

Серед переваг озонування — не лише високий ступінь знищення патогенних мікроорганізмів, але й додаткові позитивні ефекти: покращення прозорості води, доокиснення забруднень і підвищення органолептичних властивостей очищеної води, причому без утворення шкідливих побічних продуктів.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 47   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

### 2.6.5. Доочистка у біологічних ставках

У біологічних ставках здійснюється аеробне доочищення стічних вод за рахунок окислення органічних речовин, що відбувається внаслідок взаємодії бактерій і водоростей. Ефективність процесу значно зростає при наявності вищої водної рослинності, висадженої у водоймах.

Бактерії відіграють ключову роль у процесі аеробного розщеплення органічних забруднень, отримуючи кисень як із повітря шляхом природної аерації, так і завдяки фотосинтезу, що відбувається у водоростях.

Водорості, у свою чергу, поглинають вуглекислий газ, фосфати й амонійний азот — продукти бактеріального окислення. Вища водна рослинність сприяє очищенню та знешкодженню води, поглинаючи та накопичуючи як мінеральні, так і органічні сполуки.

### 2.6.6 Анаеробне зброджування осадів

Анаеробне зброджування є процесом розщеплення органічних речовин, що містяться в осаді, за участі мікроорганізмів, які функціонують в умовах відсутності кисню. У результаті утворюються метан, вуглекислий газ та вода.

Цей метод активно застосовується з метою зменшення об'єму осадів і їх стабілізації, які виникають у процесі очищення стічних вод. Реалізація зброджування відбувається у спеціальних герметичних ємностях — метантенках або біореакторах. Такі споруди зазвичай виготовляють із бетону, металу або міцного пластику, що гарантує їхню довговічність і надійність експлуатації.

**Висновок до другого розділу:** у другому розділі дипломного проєкту представлено вдосконалену технологічну схему очищення стічних вод, проведено розрахунок матеріального балансу з урахуванням запропонованих технологічних рішень, а також викладено теоретичні відомості щодо процесів, які реалізуються у вибраних методах очищення.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 48   |

### 3. ТЕХНОЛОГІЧНІ ТА ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ОЧИСНИХ СПОРУД

#### 3.1. Проектування решіток

Обчислення решіток проводиться, виходячи з секундної витрати води:

$$q = \frac{Q}{24 \cdot 3600} \quad (3.1)$$

$$Q = 120\,000 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$q = \frac{120000}{24 \cdot 3600} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

Розрахуємо число прозорів у решітці:

$$n = \frac{q}{b \cdot h \cdot V} \cdot k \quad (3.2)$$

де,  $h$  – рівень води в решітці, м;  $q$  – витрата води,  $\text{м}^3/\text{с}$ ;

$V$  – швидкість руху води в отворах решітки ( $\sim 1 \text{ м/с}$ );

$b$  – ширина прозору ( $\sim 0,016 - 0,019 \text{ м}$ );

$k$  - коефіцієнт, що враховує стиснення потоку граблинами і затриманими покидьками  $k = 1,05$ .

Приймаємо:

$$h = 0,5 \text{ м},$$

$$V = 1 \text{ м/с},$$

$$b = 0,017 \text{ м}.$$

$$n = \frac{1,39}{0,017 \cdot 0,5 \cdot 1} \cdot 1,05 = 171,7$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 49   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Виходячи з числа прозорів, загальна ширина решітки буде:

$$B = b \cdot n + s(n - 1) \quad (3.3)$$

де,  $s$  – товщина стержня решітки, м ( $s = 10$  мм).

$$B = 0,017 \cdot 171,7 + 0,01 \cdot (171,7 - 1) = 4,63 \text{ м.}$$

Ширина однієї решітки розраховується з урахуванням числа секцій решітки:

$$B_1 = \frac{B}{N} \quad (3.4)$$

де,  $N$  – число секцій решітки ( $N = 4$ ).

$$B_1 = \frac{4,63}{4} = 1,2 \text{ м.}$$

Гідравлічний опір решітки визначається за формулою:

$$h_0 = P \cdot \lambda \cdot \frac{V^2}{2g} \quad (3.5)$$

де,  $P$  – коефіцієнт, який враховує збільшення гідравлічного опору за рахунок механічних пристроїв для видалення забруднень і самих забруднень, (приблизно рівний 3);

$V$  – швидкість руху води, м/с;

$g$  - прискорення вільного падіння;

$\lambda$  - коефіцієнт гідравлічного опору, що залежить від форми стержнів і кута нахилу решітки.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 50   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Коефіцієнт гідравлічного опору, що залежить від форми стержнів, кута нахилу решітки і обчислюється по формулі:

$$\lambda = \beta * \left(\frac{s}{b}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin\alpha \quad (3.6)$$

де,  $\beta$  - коефіцієнт який залежить від форми стержня: для квадратних стержнів – 2,42; для круглих стержнів – 1,72;

$\alpha$  - кут нахилу стержнів, 60–70°.

Коефіцієнт гідравлічного опору:

$$\lambda = 2,42 \cdot \left(\frac{0,01}{0,017}\right)^{\frac{4}{3}} \cdot \sin 70 = 0,923$$

Гідравлічний опір решітки складатиме:

$$h_0 = 3 \cdot 0,923 \cdot \frac{1^2}{2 \cdot 9.8} = 0,14$$

Об'єм відходів, затримуваних на решітках за добу, м<sup>3</sup>/добу, розраховується за формулою:

$$W_{\text{пок}} = \frac{a_0 \cdot N_{\text{пр}}}{1000 \cdot 365} \quad (3.7)$$

де,  $a_0$  - об'єм покидьків на одного жителя на рік;

$a_0 = 8$  дм<sup>3</sup> для решіток з шириною отвору 16 - 20 мм;

$N_{\text{пр}}$  – наведена кількість жителів.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 51   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Приведена кількість жителів розраховується за формулою:

$$N_{\text{пр}} = \frac{Q \cdot \text{БСК}_{\text{повн}}}{a_1} \quad (3.8)$$

де,  $Q$  - витрата стічних вод,  $\text{м}^3$  на добу;

$a_1$  - добовий БСК<sub>повн</sub> на одного жителя, г/добу ( $a_1 = 40$  г/добу);

Визначаємо наведену кількість жителів:

$$N_{\text{пр}} = \frac{120000 \cdot 487}{40} = 1\,461\,000 \text{ жителів}$$

Об'єм відходів, затримуваних на решітках за добу,  $\text{м}^3/\text{добу}$ , розраховується за формулою:

$$W_{\text{пок}} = \frac{8 \cdot 1461000}{1000 \cdot 365} = 32 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Кількість покидьків, затримуваних на решітках за добу визначаємо за формулою:

$$G_{\text{пок}} = \gamma_{\text{пок}} \cdot W_{\text{пок}} \quad (3.9)$$

де,  $\gamma_{\text{пок}}$  - густина покидьків за БНіП 2.04.03-8,  $\gamma_{\text{пок}} = 0,75$  т/ $\text{м}^3$

Кількість покидьків складатиме:

$$G_{\text{пок}} = 0,75 \cdot 32 = 24 \text{ т/добу}$$

Приймаємо решітку механічна грабельна рейкового типу РГР. Довжина решітки  $L = 1,2$  м, ширина решітки  $B = 4,63$  м, з яких ширина фільтрувальної

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 52   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

частини 0,81 м, висота від дна 1,5 м.

Розрахуємо площу решітки:

$$F = L \cdot B \quad (3.10)$$

$$F = 1,2 \cdot 4,63 = 5,5 \text{ м}^2$$

Оскільки висота решітки дорівнює  $H = 1,5$  м, то об'єм решітки:

$$W_p = F \cdot H \quad (3.11)$$

$$W_p = 5,5 \cdot 1,5 = 8,25 \text{ м}^3$$

### 3.2 Проектування піскоуловлювачів

Приймаємо горизонтальні піскоуловлювачі з круговим рухом води.

Спочатку обчислюємо площу перетину каналу піскоуловлювача:

$$\omega = \frac{q_{max}}{n \cdot V} \quad (3.12)$$

де,  $n$  – число секцій піскоуловлювача, приймаємо 4;

$V$  – швидкість руху води ( $V=0,15 - 0,3$  м/с);

$q_{max}$  – максимальна витрата води м<sup>3</sup>/с.

$$q_{max} = \frac{120000}{24 \cdot 3600} = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа перетину каналу складає:

$$\omega = \frac{1,39}{4 \cdot 0,02} = 1,74 \text{ м}^2 \quad (3.13)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 53   |

Площа дзеркала води в одній секції піскоуловлювача:

$$F_1 = \frac{q_{max} \cdot 10^3}{n \cdot U_0} \quad (3.14)$$

де,  $U_0$  - гідравлічна крупність осаду (18–24 мм/с)

Враховуючи це, обчислимо площу дзеркала в одній секції:

$$F_1 = \frac{1,39 \cdot 10^3}{4 \cdot 20} = 17,375$$

Довжина горизонтального пісковловлювача обчислюється за формулою:

$$L = K \cdot h \cdot \frac{V}{U_0} \quad (3.15)$$

де,  $h$  – рівень води в каналі пісковловлювача, м;

$K$  - коефіцієнт, який враховує зменшення ефективності роботи споруди за рахунок вертикальної турбулентної складової руху води.

Коефіцієнт, що враховує зменшення ефективності роботи споруди за рахунок вертикальної турбулентної складової руху води розраховується за формулою:

$$K = \frac{U_0}{\sqrt{U_0^2 - \omega'^2}} \quad (3.16)$$

де,  $\omega'$  - вертикальна складова турбулентного руху води.

Вертикальна складова турбулентного руху води розраховується за формулою:

$$\omega' = 0,05 \cdot V \quad (3.17)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 54   |

де,  $V$  – швидкість руху води ( $V=0,15 - 0,3$  м/с)

Вертикальна складова турбулентного руху води дорівнює:

$$\omega' = 0,05 \cdot 0,2 = 0,01 \text{ м/с.}$$

Тоді коефіцієнт, що враховує зменшення ефективності роботи споруди за рахунок вертикальної турбулентної складової руху води складає:

$$K = \frac{20}{\sqrt{20^2 - 0,01^2}} = 1$$

Довжина горизонтального пісковловлювача становить:

$$L = 1 * 1 * \frac{0,2}{0,02} = 10 \text{ м}$$

Час перебування води в пісковловлювачі можна обчислити за формулою:

$$t = \frac{L \cdot B \cdot h \cdot n}{q_{\max}} \quad (3.18)$$

де,  $B$  – ширина секції пісковловлювача, м;

$L$  - довжина горизонтального пісковловлювача, м;

$q_{\max}$  – максимальна витрата води м<sup>3</sup>/с;

$n$  – число секцій пісковловлювача, приймаємо 4;

$h$  – рівень води в каналі пісковловлювача, м.

Ширина секції пісковловлювача обчислюється за формулою:

$$B = \frac{\omega}{h} \quad (3.19)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 55   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$\partial e, h$  – рівень води в каналі піскоуловлювача, м;

$\omega$  – площа перетину каналу.

Ширина секції дорівнює:

$$B = \frac{1,74}{1} = 1,74 \text{ м}$$

Час перебування води в споруді:

$$t = \frac{10 \cdot 1,74 \cdot 1 \cdot 4}{1,39} = 50 \text{ с}$$

Об'єм пісочного прямоку обчислюють, виходячи з приведенного числа жителів ( $N_{\text{пр}}$ ):

$$W = \frac{a_s \cdot N_{\text{пр}}^c \cdot t}{1000 \cdot n} \quad (3.20)$$

де,  $a_s$  - об'єм піску, який відноситься на одного жителя на добу (0,02 дм<sup>3</sup>/добу\*жит);  $t$  - час накопичення піску (2 доби).

Приведене число жителів за завислими речовинами розраховується за формулою:

$$N_{\text{пр}}^c = \frac{Q \cdot C}{a_v} \quad (3.21)$$

де,  $Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/добу;

$C$  – концентрація завислих речовин, г/м<sup>3</sup>;

$a_v$  - кількість завислих речовин, що приходить на одного жителя за добу, дорівнює 65 г/добу.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 56   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Приведене число жителів становить:

$$N_{\text{пр}}^{\text{с}} = \frac{120000 \cdot 798}{65} = 1473231$$

Об'єм пісочного прямоку:

$$W = \frac{0.02 \cdot 1473231 \cdot 2}{1000 \cdot 4} = 14,73$$

Для справної роботи пісковловлювача розрахуємо поріг водозливу, що дозволить дотримуватися постійного рівня води в пісковловлювачах при коливаннях витрати води.

Висота порогу водозливу обчислюється з формули:

$$P = \frac{h_{\text{max}} - K_q^{\frac{2}{3}} \cdot h_{\text{min}}}{K_q^{\frac{2}{3}} - 1} \quad (3.22)$$

де,  $h_{\text{min}} = 0,934\text{м}$  - рівень води при мінімальних витратах води;

$h_{\text{max}} = 1\text{м}$  - рівень води при максимальних витратах води, м;

$K_q$  – коефіцієнт коливання витрат води, розраховують за формулою.

Коефіцієнт коливання витрат води розраховується виходячи з максимальної і мінімальної добових витрат води, за формулою:

$$K_q = \frac{q_{\text{max}}}{q_{\text{min}}} \quad (3.23)$$

де,  $q_{\text{min}} = 1,37$

Коефіцієнт коливання витрат води становить:

$$K_q = \frac{1.39}{1.37} = 1,07$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 57   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Висота порогу водозливу складає:

$$P = \frac{1 - (1,07)^{\frac{2}{3}} \cdot 0,934}{(1,07)^{\frac{2}{3}} - 1} = 0,5 \text{ м}$$

Ширина порогу водозливу розраховується за формулою:

$$B = \frac{q_{\max}}{m \cdot \sqrt{2g} (h_{\max} + P)^{3/2}} \quad (3.24)$$

де,  $m$  – коефіцієнт витрати водозливу, приймаємо за СНіП 0,35 - 0,38;

$h_{\max}$  – рівень води при максимальних витратах води, м;

$q_{\max}$  – максимальна витрата води м<sup>3</sup>/с.

$$B = \frac{1,39}{0,35 \cdot \sqrt{2 \cdot 9,8} \cdot (1 + 0,5)^{3/2}} = 0,48 \text{ м}$$

### 3.3 Розрахунок піскових майданчиків

Розрахуємо піскові майданчики. Розрахунок починають з визначення річного об'єму осаду, затримованого у піскоуловлювачах, за формулою:

$$W_{\text{ос}}^p = \frac{N_{\text{нр}}^{\text{зр}} \cdot p \cdot 365}{1000} \quad (3.25)$$

де,  $N_{\text{нр}}^{\text{зр}}$  – зведене число жителів за завислими речовинами;

$p$  – кількість піску, що затримується у піскоуловлювачах в розрахунку на одного жителя, (0,02 дм<sup>3</sup>/добу);

Приведене число жителів за завислими речовинами розраховується за формулою:

$$N_{\text{нр}}^{\text{зр}} = \frac{QC}{a_c} \quad (3.26)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 58   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

де,  $Q$  – витрата води, м<sup>3</sup>/добу;  $C$  – концентрація завислих речовин, г/м<sup>3</sup>;  
 $a_c$  - кількість завислих речовин, що приходить на одного жителя за добу,  
дорівнює 65 г/добу.

Приведене число жителів становить:

$$N_{np}^{зр} = \frac{120000 \cdot 798}{65} = 1\,473\,230,7$$

Виходячи з розрахованого значення, річний об'єм осаду становитиме:

$$W_{oc}^p = \frac{1473230,7 \cdot 0,02 \cdot 365}{1000} = 10754,58$$

Розрахункову площу піскових майданчиків, м<sup>2</sup>, розраховуємо за формулою:

$$F_{пм} = \frac{W_{oc}^p}{q_{пм}} \quad (3.27)$$

де,  $q_{пм}$  – навантаження на піскові майданчики за осадом, приймається за СНІП 2.04.03-85 рівним 3 м<sup>3</sup>/(м<sup>2</sup>·рік);

$W_{oc}^p$  – річний об'єм осаду.

Площа піскових майданчиків становить:

$$F_{пм} = \frac{10754,58}{3} = 3584,86 \text{ м}^2$$

### 3.4 Проектування первинних відстійників

Приймаємо радіальні відстійники. Рекомендовані параметри для даного типу відстійників зазначено у табл. 3.1.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 59   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Таблиця 3.1 – Рекомендовані параметри відстійників

| Тип відстійника                            | Коефіцієнт використання, К | Робоча глибина відстійної частини Н1, м | Ширина В, м | Швидкість потоку v, мм/с | Нахил днища | Кути нахилу пластин α, град. |
|--------------------------------------------|----------------------------|-----------------------------------------|-------------|--------------------------|-------------|------------------------------|
| Горизонтальний                             | 0,5                        | 1,5-4                                   | 2-5 Н       | 5-10                     | 0,005       | -                            |
| Радіальний                                 | 0,45                       | 1,5-5                                   | -           | 5-10                     | 0,05        | -                            |
| Вертикальний                               | 0,35                       | 2,7-3,8                                 | -           | -                        | -           | -                            |
| З повторним збірно-розподільним механізмом | 0,85                       | 0,8-1,2                                 | -           | -                        | 0,05        | -                            |
| З низхідно-висхідним потоком               | 0,65                       | 2,7-3,8                                 | -           | 2-3                      | -           | -                            |
| Тонкошаровий зі схемою:<br>- протитоком    | 0,5-0,7                    | 0,025-0,2                               | 2-6         | -                        | -           | 45-60                        |
| - прямоотоком                              | 0,5-0,7                    | -                                       | 2-6         | -                        | -           | 45-60                        |
| - перехресною                              | 0,8                        | -                                       | 1-5         | -                        | 0,005       | 45-60                        |

Визначимо діаметр радіального відстійника, м:

$$D = \sqrt{\frac{4q_{\max}}{3,6nk(U_0 - \omega)\pi}} \quad (3.28)$$

де,  $q_{\max}$  – максимальна витрата води, м<sup>3</sup>/год;

n – число радіальних відстійників;

k - коефіцієнт, який враховує повноту використання об'єму відстійника, k ~ 0,45;

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 60   |

$U_0$  – гідравлічна крупність осаду, яка може змінюватись в межах 0,08 - 0,6 мм/с;

$\omega$  – коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної турбулентної складової руху води на процес відстоювання ( $\omega = (0,03 - 0,05) \cdot V_c$ );

$V_c$  – швидкість руху води на середині радіусу (за табл. 10., становить 5 - 10 мм/с).

Розрахуємо максимальну годинну витрату води, м<sup>3</sup>/год:

$$q_{\max} = q_c \cdot 3600 \quad (3.29)$$

де,  $q_c$  – секундна витрата, м<sup>3</sup>/с;

$$q_c = 1,39 \text{ м}^3/\text{с}.$$

Максимальна годинна витрата води становить:

$$q_{\max} = 1,39 \cdot 3600 = 5004 \text{ м}^3/\text{год}$$

Коефіцієнт, який враховує вплив вертикальної турбулентної складової руху води на процес відстоювання розраховуємо за формулою:

$$\omega = 0,03 \cdot V_c \quad (3.30)$$

Приймаємо  $V_c = 7$  мм/с.

Обчислюємо:

$$\omega = 0,03 \cdot 7 = 0,21$$

Каламутність вод складає 798 мг/дм<sup>3</sup>.

Гідравлічна крупність осаду становить 0,6 мм/с.

Кількість відстійників приймаємо рівну 6.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 61   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 5004}{3,6 \cdot 6 \cdot 0,45(0,6 - 0,3) \cdot 3,14}} = 46,7$$

Висота зони відстоювання:  $H = 4,5$  м.

Головною умовою розрахунків радіальних відстійників є:

$$m = \frac{D}{H} = 6 - 12 \quad (3.31)$$

де,  $H$  – висота зони відстоювання ( $H = 1,5 - 5$  м).

$$m = \frac{D}{H} = \frac{46,76}{4,5} = 10,39 \text{ (виконує умову від 6 до 12)}$$

Об'єм зони накопичення осаду,  $m^3$ , розраховують за формулою:

$$W_{\text{н.о.}} = \frac{q \cdot t \cdot (C - m)}{n \cdot \delta} \quad (3.32)$$

де,  $q$  – витрата води,  $m^3/\text{год}$ ;

$C$  – концентрація завислих речовин у воді, що поступає у відстійник;

$m$  – концентрація завислих речовин у воді на виході з відстійника;

$\delta$  – концентрація твердої фази в осаді;

$t$  – час накопичення осаду,  $t \leq 12$  год.

$$W_{\text{н.о.}} = \frac{5004 \cdot 10 \cdot (798 - 150)}{6 \cdot 60000} = 90 \text{ м}^3$$

Об'єм зони накопичення осаду одного відстійника розраховується за формулою:

$$W_1 = \frac{W_{\text{н.о.}}}{n} \quad (3.33)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 62   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

де,  $W_{\text{н.о.}}$  - об'єм зони накопичення осаду,  $\text{м}^3$ ;

$n$  – число радіальних відстійників.

Об'єм зони накопичення осаду одного відстійника:

$$W_1 = \frac{90}{6} = 15 \text{ м}^3$$

### 3.5 Проектування аеротенків-змішувачів

Приймаємо аеротенки-змішувачі з регенерацією активного мулу.

Для аеротенків-змішувачів з регенерацією активного мулу спочатку визначаємо загальний час окислення, год, який включає час перебування активного мулу в регенераційній зоні і час обробки води:

$$t_0 = \frac{L_a - L_t}{R \cdot a_R (1-s) \cdot \rho} \quad (3.34)$$

де,  $a_R$  – доза активного мулу в регенераторі,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

$R$  – ступінь рециркуляції активного мулу,  $R = 0.3$ ;

$L_a$  - БСКповне стічної води, що поступає в аеротенк,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$L_t$ - БСКповне очищеної води після вторинних відстійників,  $\text{мг}/\text{дм}^3$ ;

$\rho$  – питома швидкість окислення домішок,  $\text{мг}/\text{г} \cdot \text{год}$ ;

$s$  – зольність активного мулу ( $s = 0,3$ ).

Дозу активного мулу в регенераторі розраховуємо за формулою:

$$a_R = \left( \frac{1}{2R} + 1 \right) a \quad (3.35)$$

де,  $R$  – ступінь рециркуляції активного мулу;  $R = 0,3$ ;

$a$  – доза активного мулу в аеротенку;  $a = 3 \text{ г}/\text{дм}^3$ .

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 63   |

$$a_R = \left( \frac{1}{2 \cdot 0.3} + 1 \right) \cdot 3 = 8 \text{ г/м}^3$$

Питома швидкість окислення органічних домішок активним мулом, мг/г·год, розраховується:

$$\rho = \rho_{\max} \left( \frac{L_t \cdot C}{L_t \cdot C + K_L C + K_0 L_t} \right) \left( \frac{1}{1 + \phi a} \right) \quad (3.36)$$

де, С – концентрація кисню у воді в аеротенку, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_L$  - коефіцієнт, який враховує вплив органічних домішок на процес очищення води, мг/дм<sup>3</sup>;

$K_0$  - коефіцієнт, який враховує вплив кисню на процес очищення води, мг/дм<sup>3</sup>;

а - доза активного мулу, г/дм<sup>3</sup>;

$\phi$  - коефіцієнт, який враховує сповільнення процесу розкладу домішок за рахунок продуктів розкладу (продуктів життєдіяльності та відмирання) активного мулу (для комунально-побутових стічних вод міст), дорівнює 0,07 дм<sup>3</sup>/г;

$\rho_{\max}$  - максимальна швидкість окислення домішок активним мулом.

Для міських стічних вод становлять:

$$\rho_{\max} = 85 \text{ мг/г} \cdot \text{год};$$

$$K_L = 0,33 \text{ мг/дм}^3;$$

$$K_0 = 0,625 \text{ мг/дм}^3;$$

$$\phi = 0,07 \text{ дм}^3/\text{г};$$

$$s = 0,3.$$

$$\rho = 85 \cdot \left( \frac{15 \cdot 2}{15 \cdot 2 + 0,33 \cdot 2 + 0,625 \cdot 15} \right) \left( \frac{1}{1 + 0,07 \cdot 3} \right) = 52,6 \text{ мг/г} \cdot \text{год}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 64   |

Тоді, загальний час окислення, год:

$$t_0 = \frac{365,25 - 15}{0,3 \cdot 8 (1 - 0,3) \cdot 52,6} = 4 \text{ год}$$

Час перебування води в аеротенку (час аерації), год:

$$t_a = \frac{2,5}{a^{0,5}} \lg \frac{L'_a}{L_t} \quad (3.37)$$

де,  $L'_a$  – БСКповне стічної води з врахуванням її розведення рециркуляційним активним мулом, мг/дм<sup>3</sup>.

$$L'_a = \frac{L_a + L_t R}{1 + R} \quad (3.38)$$

де, R – ступінь рециркуляції активного мулу, R = 0;

$L_a$  - БСКповне стічної води, що поступає в аеротенк, мг/дм<sup>3</sup>;

$L_t$ - БСКповне очищеної води після вторинних відстійників, мг/дм<sup>3</sup>.

$$L'_a = \frac{365,25 + 15 \cdot 0,3}{1 + 0,3} = 284,4 \text{ мг/дм}^3$$

Тоді, час перебування води в аеротенку (час аерації), год:

$$t_a = \frac{2,5}{3^{0,5}} \lg \frac{284,4}{15} = 1,84$$

Час регенерації активного мулу, год, розраховуємо за формулою:

$$t_p = t_0 - t_a \quad (3.39)$$

$$t_p = 4 - 1,84 = 2,16 \text{ год}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 65   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Об'єм аеротенків з регенерацією, м<sup>3</sup>, розраховують за формулою:

$$V_p = t_p \cdot Q \cdot R \quad (3.40)$$

де,  $Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/год,  $R$  – ступінь рециркуляції активного мулу,  $R = 0,3$ ;  $t_p$  –ас регенерації активного мулу, год.

$$V_p = 2,16 \cdot 5004 \cdot 0,3 = 3\,242,592 \text{ м}^3$$

Об'єм зони аерації, м<sup>3</sup>, розраховуємо за формулою:

$$V_a = t_a \cdot Q \cdot (1 + R) \quad (3.41)$$

де,  $Q$  - витрата води, м<sup>3</sup>/год,  $R$  – ступінь рециркуляції активного мулу,  $R = 0,3$ ;

$t_a$  – час перебування води в аеротенку (час аерації), год.

$$V_a = 1,84 \cdot 5004 \cdot (1 + 0,3) = 11969,6 \text{ м}^3$$

Приріст активного мулу, мг/дм<sup>3</sup>, розраховують за формулою:

$$\Pi = 0,8B + K' L_a \quad (3.42)$$

де,  $B$  – концентрація завислих речовин, мг/дм<sup>3</sup>;

$K'$  - коефіцієнт, який враховує, яка частина БСК повного іде на збільшення приросту біомаси,  $K' = 0,3 \div 0,5$ .

$$\Pi = 0,8 \cdot 150 + 0,4 \cdot 365,25 = 266,1 \text{ мг/дм}^3$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 66   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Питому витрату повітря на аерацію води, м<sup>3</sup>/м<sup>3</sup>, розраховують за формулою:

$$D = \frac{Z(L_a - L_t)}{k_1 k_2 n_1 n_2 (C_p - C)} \quad (3.43)$$

де,  $Z$  – питома витрата кисню повітря (мг) на окислення одного 1 мг БСК;

$k_1$  – коефіцієнт, який враховує тип аератора;

$k_2$  – коефіцієнт, який враховує глибину розміщення аератора;

$n_1$  – коефіцієнт, який враховує вплив органічних речовин або вплив якості стічної води на процес окислення;

$n_2$  – коефіцієнт, який враховує вплив температури на процес очищення води;

$C_p$  – розчинність кисню при даній температурі, мг/дм<sup>3</sup>;

$C$  – залишкова концентрація кисню у воді, не менше 2 мг/дм<sup>3</sup>.

Питома витрата повітря:

$$D = \frac{1,1(365,25 - 15)}{1,94 \cdot 2,08 \cdot 0,72 \cdot 0,51(11 - 2)} = 28,89 \text{ м}^3/\text{м}^3$$

Інтенсивність барботажу, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·год, визначають з урахуванням часу окислення та глибини занурення аератора ( $H$ ):

$$I = \frac{D \cdot H}{t} \quad (3.44)$$

Інтенсивність барботажу:

$$I = \frac{28,89 \cdot 3}{4} = 21,6 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 67   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

### 3.6 Проектування вторинних відстійників

Питоме навантаження на вторинний відстійник,  $\text{м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$ , розраховуємо за формулою:

$$q_{\text{вт}} = \frac{4,5 \cdot \eta \cdot H^{0,8}}{(0,1 \cdot j \cdot a)^{(0,5 - 0,01 \cdot a_t)}} \quad (3.45)$$

де,  $\eta$  – коефіцієнт використання об'єму зони відстоювання, для радіальних відстійників дорівнює 0,4;

$j$  – муловий індекс,  $j < 175 \text{ см}^3/\text{г}$ ;

$a$  – концентрація активного мулу в аеротенку,  $\text{г/л}$ ;

$a_t$  – концентрація активного мулу в освітленій воді,  $\text{мг/л}$ .

$$q_{\text{вт}} = \frac{4,5 \cdot 0,4 \cdot 4^{0,8}}{(0,1 \cdot 170 \cdot 3)^{(0,5 - 0,01 \cdot 15)}} = 1,38 \text{ м}^3/\text{м}^2 \cdot \text{год}$$

Площа зони відстоювання:

$$F_{\text{відст}} = \frac{Q_{\text{max}}}{q_{\text{вт}}} \quad (3.46)$$

де,  $q_{\text{вт}}$  – витрата води, що поступає на вторинні відстійники,  $\text{м}^3/\text{год}$ .

$$F_{\text{відст}} = \frac{5004}{1,38} = 3626$$

Кількість вторинних відстійників становить:  $N = 6$ .

Площа зони відстоювання одного відстійника:

$$F_1 = \frac{F_{\text{відст}}}{N} \quad (3.47)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 68   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$F_1 = \frac{3626}{6} = 604,3$$

Діаметр кожного з вторинних відстійників:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{F_1}{3,14}} \quad (3.48)$$

де,  $F_1$  – площа зони відстоювання одного відстійника

Діаметр одного вторинного відстійника:

$$D = 2 \cdot \sqrt{\frac{604,3}{3,14}} = 27,7$$

Головною умовою розрахунків радіальних відстійників є:

$$m = \frac{D}{H} = 6-12 \quad (3.49)$$

де,  $H$  – висота зони відстоювання ( $H = 1,5 - 5$  м).

$$m = \frac{27,7}{4} = 6,925 \text{ (виконує умову від 6 до 12)}$$

### 3.7 Розрахунок біологічних ставок

Розрахунковий об'єм біоставків,  $m^3$ , визначається за формулою:

$$W_{\text{бс}} = Q \cdot t_{\text{бс}} \quad (3.50)$$

де,  $Q$  – витрата води  $m^3/\text{добу}$ ;

$t_{\text{бс}}$  – тривалість перебування вод у біоставку.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 69   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Тривалість доочистки стічних вод в біоставках, діб, можна визначити за формулою:

$$t_{6c} = \frac{E}{k(100-E)} \quad (3.51)$$

де,  $E$  – ефект доочистки, приймається 45-70%,  $k$  – константа швидкості споживання кисню, дорівнює  $0,7 \text{ доба}^{-1}$ .

Таким чином, тривалість перебування вод у біоставках становитиме:

$$t_{6c} = \frac{45}{0,7(100-45)} \approx 1 \text{ доба}$$

Об'єм біоставків становитиме:

$$W_{6c} = 120000 \cdot 1 = 120000 \text{ м}^3$$

Середня глибина біологічних ставків сягає 4 м, розрахуємо площу.

Площа біоставків становитиме,  $\text{м}^2$ :

$$F_{6c} = \frac{W_{6c}}{h} \quad (3.52)$$

$W_{6c}$  - об'єм біоставків

$$F_{6c} = \frac{120000}{4} = 30000 \text{ м}^2$$

Площа одного біоставка складатиме,  $\text{м}^2$ :

$$F'_{6c} = \frac{F_{6c}}{n} \quad (3.53)$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 70   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Кількість біоставків – 2, ( $n = 2$ ), тоді:

$$F'_{6c} = \frac{30000}{2} = 15000 \text{ м}^2$$

### 3.8 Проектування метантенків

Об'єм метантенку ( $\text{м}^3$ ) розраховуємо за формулою:

$$V = \frac{V_3 \cdot 100}{D} \quad (3.54)$$

де,  $V_3$  – кількість осадів, що надходить на метантенк.

$$V_3 = 2463,5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

$$V = \frac{2463,5 \cdot 100}{16} = 15396,8 \text{ м}^3$$

Таблиця 3.2 – Типові параметри метантенків

| Проект    | Діаметр, м | Корисний об'єм одного резервуару, $\text{м}^3$ | Висота, м        |                      |                 | Будівельний об'єм, $\text{м}^3$ |             |
|-----------|------------|------------------------------------------------|------------------|----------------------|-----------------|---------------------------------|-------------|
|           |            |                                                | Верхнього конусу | Циліндричної частини | Нижнього конусу | Приміщення обслуговування       | Газгольдеру |
| 902-2-227 | 2,5        | 1000                                           | 1,9              | 6,5                  | 2,15            | 652                             | 100         |
| 902-2-228 | 16         | 1600                                           | 2,35             | 7,5                  | 2,6             | 2035                            | 112         |
| 902-2-230 | 10         | 6000                                           | 2,90             | 10,6                 | 3,5             | 2520                            | 174         |

За таблицею приймаємо метантенк проекту 902-2-228 з діаметром 16м і корисним об'ємом одного резервуару  $1600 \text{ м}^3$ . Висота верхнього конусу – 2.35 м;

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 71   |

Висота циліндричної частини – 7.5 м; Висота нижнього конусу– 2.6м.

### 3.9 Проектування ущільнювачів осаду

Висоту проточної частини ущільнювача обчислюють за формулою:

$$h = 3,6 \cdot v \cdot t \quad (3.55)$$

де,  $v$  – швидкість руху рідини;

$t$  – тривалість ущільнення.

За СНіП 2.04.03-85:

$$v \approx 0,07 \text{ м/год};$$

$$t = 10 \text{ годин.}$$

$$h = 3,6 \cdot 0,07 \cdot 10 = 2,52 \text{ м}$$

Корисну площу поперечного перетину радіального ущільнювача обчислюють за формулою:

$$F_{\text{кор}}^P = \frac{V_z'}{q_0} \quad (3.56)$$

де,  $V_z'$  - кількість осадів, що надходить на ущільнення, м<sup>3</sup>/год,  $q_0$  – навантаження на площу дзеркала ущільнювача, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>

$$V_z = \frac{2463,5}{24} = 102,65$$

Приймаємо  $q_0 = 0,3$ .

$$F_{\text{кор}}^P = \frac{102,65}{0,3} = 342,2$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 72   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

Площа поперечного перетину центральної труби:

$$f_{\text{тр}} = \frac{q_{\text{max}}}{3600 \cdot v_m} \quad (3.57)$$

де,  $v_m$  – швидкість руху рідини у вертикальній трубі, яка становить 0,1 м/с

$$f_{\text{тр}} = \frac{102,65}{3600 \cdot 0,1} = 0,285$$

Загальну площу ущільнювача обчислюють за формулою:

$$F = F_{\text{кор}}^P + f_{\text{тр}} \quad (3.58)$$

$$F = 342,2 + 0,285 = 342,485 \text{ м}^2.$$

Діаметр одного ущільнювача – за формулою:

$$D = 3 \cdot \frac{4 \cdot F}{\pi n} \quad (3.59)$$

де,  $n$  – число ущільнювачів. Приймаємо кількість ущільнювачів рівну двом,  $n = 2$ .

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 342,2}{3,14 \cdot 2}} = 14,76$$

Висоту робочої зони ущільнювача – за формулою:

$$H = q_0 \cdot t \quad (3.60)$$

де,  $t$  – тривалість ущільнення, обирається рівною,  $t = 10$  год.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 73   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$H = 0,3 \cdot 10 = 3 \text{ м.}$$

Загальну висоту ущільнювача обчислюють за формулою:

$$H_3 = H_{pz} + h + h_6 \quad (3.61)$$

де,  $H_{pz}$  – висота робочої зони, м;

$h$  – висота зони залягання осаду, становить  $0,3 \div 0,7$  м;

$h_6$  – висота бортів над рівнем води, становить  $\sim 0,1$  м.

$$H_3 = 3 + 0,5 + 0,1 = 3,6 \text{ м.}$$

### 3.10 Проектування приймальної камери

$$Q = 120000/24 = 5000 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,5 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 5000 \cdot 0,5 = 2500 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{2500}{4} = 625 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{625} = 25 \text{ м}$$

### 3.11 Проектування розподільної камери

$$Q = 120000/24 = 5000 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,02 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 5000 \cdot 0,02 = 100 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 74   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

$$F = \frac{W}{h} = \frac{100}{4} = 25 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{25} = 5 \text{ м}$$

### 3.12 Проектування приймальної камери сирого осаду

$$Q = 120000/24 = 5000 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,01 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 5000 \cdot 0.01 = 50 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{12,5} = 3,5 \text{ м}$$

### 3.13 Проектування розподільної камери водомулової суміші

$$Q = 164695,57/24 = 6862 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,01 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 6862 \cdot 0.01 = 68,62 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{68,62}{4} = 17 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{17} = 4,1 \text{ м}$$

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 75   |

### 3.14 Проектування приймальної камери активного мулу

$$Q = 119695,57/24 = 4987 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,01 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 4987 \cdot 0.01 = 50 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{50}{4} = 12,5 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{12,5} = 3,5 \text{ м}$$

### 3.15 Проектування камери приросту активного мулу

$$Q = 3770/24 = 157 \text{ м}^3/\text{год}; h = 4 \text{ м}; t = 0,2 \text{ год}$$

Об'єм камери:

$$W = Q \cdot t = 157 \cdot 0.2 = 31,4 \text{ м}^3$$

Площа приймальної камери:

$$F = \frac{W}{h} = \frac{31,4}{4} = 7,85 \text{ м}^2$$

Ширина і довжина приймальної камери:

$$B = \sqrt{F} = \sqrt{7,85} = 2,8 \text{ м}$$

### 3.16 Вибір фільтр-пресу

Обираємо фільтр-прес стрічковий ЛМН 17 - незамінне обладнання для зневоднення надлишкової маси активного мулу на очисних спорудах.

Табл. 3.3 – Характеристика стрічкового фільтр-пресу

|                         |                |
|-------------------------|----------------|
| Ширина стрічки, мм      | 2000           |
| Потужність приводу, кВт | 8              |
| Розміри, мм             | 9300×2600×3000 |
| Маса, кг                | 7000           |

### 3.17 Вибір насосів

Для приймальної камери сирого осаду було обрано насос типу Д500-63а-2, 3 штуки.

Таблиця 3.4 - Характеристика насосу

|                            |     |
|----------------------------|-----|
| Подача м <sup>3</sup> /год | 480 |
| Потужність двигуна, кВт    | 132 |
| Напір, м                   | 58  |

Для приймальної камери активного мулу обрали насос типу – ЕПЗ1000-40ІІ-І4, 4 штуки.

Таблиця 3.5 - Характеристика насосу

|                            |      |
|----------------------------|------|
| Подача м <sup>3</sup> /год | 1000 |
| Потужність двигуна, кВт    | 160  |
| Напір, м                   | 32   |

### 3.18 Вибір озонаторної установки

Озонаторні установки типу CFV-05. Кількість – 3.

Таблиця 3.6 – Характеристика озонаторної установки

|                                               |      |
|-----------------------------------------------|------|
| Продуктивність кисню, г×О <sup>3</sup> /год   | 5000 |
| Продуктивність повітря, г×О <sup>3</sup> /год | 2400 |
| Потужність, кВт                               | 40   |

**Висновки до третього розділу:** у третьому розділі дипломного проєкту виконано обґрунтований вибір споруд, а також проведено технологічні та гідравлічні розрахунки, необхідні для реалізації запропонованої вдосконаленої схеми очищення стічних вод. Розрахунки підтвердили ефективність і доцільність обраного технічного рішення.

## 4. БУДІВЕЛЬНА ЧАСТИНА

### 4.1. Розташування очисних споруд

Проектування споруд для очищення стічних вод базується на дотриманні протипожежних та санітарних норм, а також на їхньому розміщенні якомога ближче до джерел утворення стоків. Майданчик для таких споруд повинен знаходитися з підвітряного боку щодо житлової забудови, враховуючи напрямки переважаючих вітрів у теплий період року, а також нижче населеного пункту за течією річки чи водотоку.

При плануванні необхідно враховувати нормативні відстані між різними елементами системи:

- між однотипними спорудами — 2–3 м;
- між різнотипними — 5–10 м;
- між аеротенками та механічними очисними спорудами — 10–20 м;
- між будь-якими спорудами та муловими майданчиками — 25–30 м;
- між окремими спорудами — 20–50 м.

З метою зменшення впливу виробничих процесів на довкілля та населення, передбачено встановлення санітарно-захисних зон. Наприклад, для споруд біологічної та механічної очистки, що мають мулові майданчики, така зона становить 500 м. Для насосних станцій — 30 м тощо.

Територія, на якій розташовано комплекс очисних споруд, обов'язково має бути огорожена. Крім того, необхідно облаштувати дорогу з удосконаленим покриттям, яка забезпечуватиме зручний під'їзд транспорту та пересування територією комплексу.

На формування генерального плану розміщення споруд Луцькводоканалу значний вплив має рельєф території. Ділянка, відведена під очисні споруди, розташована на рівнинній місцевості з незначними коливаннями висот — середня відмітка над рівнем моря становить близько 190 м. Такий характер рельєфу сприяє ефективному самопливному переміщенню стічних вод між спорудами.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 78   |

Очисні споруди Луцькводоканалу знаходяться у південній частині міста Луцька, в межах промислової зони, на лівому березі річки Стир. Комплекс займає територію площею приблизно 120 га.

Земельна ділянка межує:

- із заходу — з лісопарковою зоною та автомобільною трасою Р14;
- з півночі — з промисловими підприємствами;
- зі сходу — з меліоративним каналом та захисною дамбою;
- з півдня — з прибережною смугою річки Стир.

Розташування споруд враховує як екологічні вимоги, так і перспективу подальшої модернізації. Сусідство з природними водоймами та технічними комунікаціями забезпечує зручність експлуатації та мінімальний вплив на навколишнє середовище.

На схемі розміщення очисних споруд видно, що всі об'єкти сформовані у вигляді цілісного технологічного комплексу. При плануванні розміщення споруд на території майданчика необхідно дотримуватись таких ключових принципів:

- ефективне використання земельної ділянки з урахуванням можливого майбутнього розширення у разі реконструкції чи модернізації;
- максимальне скорочення протяжності інженерних комунікацій;
- організація руху стічних вод самопливом, з урахуванням гідравлічних втрат та природного нахилу рельєфу.

Крім основного обладнання, проектом мають бути передбачені допоміжні пристрої, що забезпечують рівномірний розподіл стічних вод і осаду між технологічними елементами, їх промивання й відведення. Також необхідно обладнати лабораторії та засоби моніторингу для контролю якості як вхідної, так і очищеної води.

## 4.2. Профіль руху води

Під час проектування очисних споруд розміщення апаратів здійснюється таким чином, щоб забезпечити самопливне переміщення стічної води між

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 79   |

окремими етапами очищення. Для цього важливо точно визначити просторове розташування всіх елементів технологічного процесу.

При розробці профілю руху води слід зазначити основні та допоміжні споруди, їхні взаємні відстані, відмітки поверхні землі, а також рівні води або днища обладнання. Для правильного проектування необхідно враховувати різницю у висотних позначках стічної води на вході та виході кожного елементу системи.

Орієнтовні втрати напору для окремих споруд становлять:

- приймальна камера — 0,05–0,1 м;
- решітки — 0,1–0,25 м;
- піскоуловлювачі — 0,15–0,25 м;
- радіальні відстійники — 0,4–0,6 м;
- аеротенки — 0,5–0,8 м;
- контактні резервуари — 0,1–0,25 м.

При створенні висотної схеми максимальний рівень води у приймальній камері зазвичай встановлюється на 0,25–0,5 м вище за позначку поверхні землі, яка приймається як початкова мінімальна. Рівні води в інших спорудах розраховуються шляхом поступового додавання відповідних втрат напору на кожному етапі очищення.

**Висновки до четвертого розділу:** у четвертому розділі дипломного проєкту детально розглянуто схему розміщення очисних споруд на території з урахуванням чинних нормативних та санітарно-технічних вимог. Також виконано побудову профілю руху стічної води через усі етапи очищення, що дозволяє забезпечити ефективне функціонування системи на основі самотливого принципу.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 80   |

## 5. ОХОРОНА ПРАЦІ

Під час проходження виробничої практики на комунальному підприємстві «Луцькводоканал» мною було ознайомлено з системою організації охорони праці на підприємстві, яка відповідає чинному законодавству України, зокрема Закону України «Про охорону праці» та Кодексу законів про працю.

На підприємстві впроваджено комплекс заходів, спрямованих на створення безпечних умов праці та профілактику виробничого травматизму. Працівники перед початком трудової діяльності проходять обов'язковий вступний інструктаж, ознайомлюються з посадовими інструкціями, правилами експлуатації обладнання, а також регулярно проходять повторні, позапланові та цільові інструктажі залежно від умов і характеру робіт. Система охорони праці включає заходи щодо запобігання виробничим травмам, аваріям, професійним захворюванням. Площа території очисних споруд комунального підприємства «Луцькводоканал» становить близько 12 гектарів.

### 5.1 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Для виконання робіт у безпечних умовах працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту відповідно до характеру виконуваних завдань. До основних ЗІЗ належать спецодяг, спеціальне взуття, захисні рукавиці, каски, респіратори, протигази, захисні окуляри, щитки та інші засоби.

ЗІЗ повинні відповідати вимогам чинних стандартів, бути справними і надаватися працівникам безкоштовно. Контроль за правильністю використання та зберігання ЗІЗ покладається на відповідальних осіб підприємства.

### 5.2 Безпека при експлуатації очисних споруд

Очисні споруди належать до об'єктів підвищеної небезпеки. Роботи тут пов'язані з ризиком контакту з шкідливими речовинами, патогенними мікроорганізмами, вибухонебезпечними газами (метан, сірководень), а також з перебуванням у замкнених просторах.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 81   |

Для запобігання нещасним випадкам застосовуються газоаналізатори, системи вентиляції, страхувальні засоби. Роботи у замкнених просторах дозволені лише при наявності дозволу, проходженні інструктажу та використанні відповідного спорядження. Працівники мають бути поінформовані про можливі ризики та методи їх уникнення.

### 5.3 Виробничий шум

На території каналізаційно-очисних споруд основними джерелами шумового навантаження є насосні станції та установки з аерацією. Постійний вплив високого рівня шуму негативно впливає на нервову систему працівників та може спричинити порушення слуху. Вимоги до допустимого рівня шуму в регламентовані санітарними нормами ДСН 3.3.6.037-99, згідно з якими максимальний рівень шуму в приміщеннях очисних споруд не повинен перевищувати 75 дБА.

Зменшення шумового впливу досягається шляхом впровадження шумоізоляційних та шумопоглинальних матеріалів, а також завдяки конструктивним рішенням — встановленню шумоглушників, захисних кожухів, звукоізоляційних панелей, акустичних стель та підлог. Архітектурно-планувальні заходи також сприяють зниженню поширення шуму у приміщеннях.

У випадках, коли повністю усунути надмірний шум неможливо (наприклад, при виконанні ремонтних робіт), обов'язковим є використання засобів індивідуального захисту органів слуху, зокрема протишумних навушників. Основним критерієм при виборі таких засобів є забезпечення достатнього рівня шумозниження, що визначається за коефіцієнтом SNR (Signal-to-Noise Ratio). Чим вищий показник SNR, тим ефективніше навушники знижують рівень навколишнього шуму.

Крім технічних характеристик, важливо також враховувати комфорт у використанні навушників: вони повинні щільно прилягати до вух, не викликаючи при цьому надмірного тиску, щоб забезпечити тривале носіння без дискомфорту.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
|      |      |          |        |      |                     | 82   |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     |      |

## 5.4 Протипожежна безпека

Забезпечення протипожежної безпеки є обов'язковою складовою експлуатації будь-яких виробничих об'єктів. Воно реалізується шляхом дотримання норм пожежної безпеки, належного технічного стану електрообладнання, постійного контролю за зберіганням легкозаймистих речовин та оснащення приміщень засобами пожежогасіння.

Основними причинами виникнення пожеж на очисних спорудах можуть бути: технічні несправності електрообладнання, коротке замикання, порушення правил експлуатації машин і механізмів, а також людський фактор. Для запобігання таким ситуаціям проводяться інструктажі та навчання з реагування на надзвичайні ситуації, включно з відпрацюванням евакуаційних заходів.

У виробничих приміщеннях обов'язково мають бути встановлені вогнегасники різних типів. Зокрема використовуються порошкові вогнегасники (типи ОП-2(3)), самоспрацьовуючі установки «САМ-9» та вуглекислотні вогнегасники (тип ВВК-3,5). Кожен із типів має свої переваги:

- Порошкові вогнегасники ефективні при гасінні горіння твердих, рідких і газоподібних речовин, не потребують спеціальних навичок у користуванні, мають тривалий термін придатності та можуть зберігатися за широкого температурного діапазону.
- Вуглекислотні вогнегасники застосовуються при пожежах на електроустановках. Їх перевага — відсутність залишків після використання та значне охолодження горючих матеріалів, що перешкоджає повторному займанню.
- Самоспрацьовуючі вогнегасники активуються автоматично при досягненні критичної температури або при виявленні диму. Вони ефективні у важкодоступних місцях, не потребують участі людини і можуть бути інтегровані в комплексні системи пожежної безпеки.

Особливу увагу слід приділяти об'єктам із підвищеною вибухонебезпекою, зокрема озонаторним установкам та обладнанню для

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 83   |

отримання біогазу, де дотримання протипожежного режиму має бути максимальним.

Згідно з Правилами пожежної безпеки в Україні, затвердженими Постановою Кабінету Міністрів України № 897 від 25 серпня 2022 року, приміщення очисних споруд м. Луцьк належать до категорії В за пожежною та вибухопожежною небезпекою.

Згідно з ДСТУ EN 60079-10-1:2017 (ІЕС 60079-10-1:2015), класифікація зон за вибухонебезпекою базується на частоті та тривалості присутності вибухонебезпечних газових атмосфер. У даному випадку клас зони II (атмосфера, в якій вибухонебезпечна газова суміш не утворюється під час нормальної роботи, але може з'явитися короткочасно).

### **5.5 Профілактика захворювань і санітарно-гігієнічні умови**

Одним із пріоритетів охорони праці є збереження здоров'я працівників. Усі особи, які працюють у шкідливих або небезпечних умовах, проходять медичні огляди, як попередні, так і періодичні.

Організовується забезпечення працівників спецодягом, засобами гігієни, доступом до душових, кімнат відпочинку, питної води. У разі підвищеної епідеміологічної загрози можуть впроваджуватись додаткові профілактичні заходи — вакцинація, обробка спецодягу, моніторинг стану здоров'я.

**Висновок до п'ятого розділу:** у п'ятому розділі дипломного проєкту здійснено аналіз шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що можуть впливати на працівників під час експлуатації споруд для очищення води та обробки осадів. Розглянуто основні джерела потенційної небезпеки, зокрема стан повітря у робочій зоні, рівень шуму, а також ризики, пов'язані з пожежонебезпекою та вибухонебезпекою. Окрему увагу приділено засобам і методам, які дозволяють зменшити або усунути негативний вплив зазначених факторів на персонал.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 84   |

## ВИСНОВКИ

У дипломному проєкті було здійснено реконструкцію каналізаційно-очисних споруд міста Луцька з урахуванням сучасних вимог до ефективності очищення стічних вод та мінімізації негативного впливу на довкілля.

Проведено аналіз існуючого стану очисних споруд і визначено основні недоліки в їх функціонуванні. Розроблено оновлену технологічну схему очищення стічних вод, яка включає механічне очищення, біологічну очистку, озонування та анаеробне зброджування осадів у метантенку. Такий підхід дозволяє значно покращити якість очищення, зменшити кількість забруднюючих речовин у скидній воді, а також забезпечити часткову енергонезалежність за рахунок утворення біогазу.

Виконано необхідні розрахунки матеріального балансу, гідравлічних параметрів, об'ємів споруд та кількості утворених відходів. Здійснено добір обладнання, проєктування будівельної частини, а також проведено оцінку ризиків і заходи з охорони праці для безпечного функціонування об'єкта.

Запропоновані рішення є технічно обґрунтованими, економічно доцільними та екологічно безпечними, що підтверджує доцільність їх упровадження у реальні умови експлуатації. Реалізація проєкту дозволить підвищити ефективність роботи очисних споруд, зменшити експлуатаційні витрати та покращити екологічну ситуацію в регіоні.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 85   |

## СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. М.Д.Гомеля, В.М.Радовенчик, Т.О.Шаблій. Основи проектування очисних споруд.: Навчальний посібник. Горизонтальний відстійник / – К.: "Інфодрук", 2013.
2. Комунальне підприємство «Луцькводоканал». Офіційний сайт. – <https://vodokanal.lutsk.ua>.
3. Гомеля М.Д. Екологічна безпека: Навч.посібник /М.Д. Гомеля, Т.О. Шаблій, О.В. Глушко, В.С. Камаєв. – К.: ТОВ «Інфодрук», 2009. – 246 с.
4. Методика розрахунку гранично допустимих скидів (ГДС) забруднюючих речовин у водні об'єкти. – К.: Міністерство охорони навколишнього природного середовища України, 2009. – 48 с.
5. Гнатенко Г.М., Климов С.М., Левченко Л.В. Очищення стічних вод: навч. посіб. – К.: Ліра-К, 2017. – 256 с.
6. Фролов Б.А., Родзіллер І.Я. Гідравлічні розрахунки в каналізації. – М.: Стройиздат, 1990. – 192 с.
7. Коваленко О.В. Біологічне очищення стічних вод: навч. посіб. – Харків: ХНАМГ, 2015. – 210 с.
8. Розробка проєктів очисних споруд. Методичні вказівки. – НТУУ «КПІ ім. Ігоря Сікорського», Київ, 2022. – 38 с.
9. Сучасні технології очищення стічних вод / за ред. І.М. Жежері. – К.: Основа, 2020. – 295 с.
10. ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 92 с.

|      |      |          |        |      |                     |      |
|------|------|----------|--------|------|---------------------|------|
|      |      |          |        |      | ДП ЛЕ1205.00.025 ПЗ | Арк. |
| Змн. | Арк. | № докум. | Підпис | Дата |                     | 86   |

## **ДОДАТОК А**

| Формат   | Зона | Позиція           | Позначення |  |     | Найменування                                         |                                                                                                             |   | Кіль-<br>кість | Примітка. |
|----------|------|-------------------|------------|--|-----|------------------------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------|---|----------------|-----------|
|          |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      |                   |            |  |     | Документація                                         |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
| A1       |      |                   |            |  |     | Технологічна схема                                   |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      | 1                 |            |  |     | Приймальна камера                                    |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 2                 |            |  |     | Решітки                                              |                                                                                                             | 2 |                |           |
|          |      | 3                 |            |  |     | Пісковловлювач                                       |                                                                                                             | 2 |                |           |
|          |      | 4                 |            |  |     | Розподільна камера                                   |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 5                 |            |  |     | Радіальний первинний відстійник                      |                                                                                                             | 6 |                |           |
|          |      | 6                 |            |  |     | Приймальна камера сирого осаду з насосною станцією   |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 7                 |            |  |     | Приймальна камера освітленої води                    |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 8                 |            |  |     | Аеротенк                                             |                                                                                                             | 2 |                |           |
|          |      | 9                 |            |  |     | Розподільна камера водомулової суміші                |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 10                |            |  |     | Радіальний вторинний відстійник                      |                                                                                                             | 6 |                |           |
|          |      | 11                |            |  |     | Приймальна камера активного мулу з насосною станцією |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 12                |            |  |     | Приймальна камера освітленої води                    |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 13                |            |  |     | Камера озонування                                    |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 14                |            |  |     | Окислювальний (магістральний) канал                  |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 15                |            |  |     | Компресорна станція                                  |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 16                |            |  |     | Озонаторна установка                                 |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 17                |            |  |     | Фільтр-прес                                          |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 18                |            |  |     | Метатенк                                             |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 19                |            |  |     | Мулоущільнювач                                       |                                                                                                             | 1 |                |           |
|          |      | 20                |            |  |     | Біологічні ставки                                    |                                                                                                             | 2 |                |           |
|          |      |                   |            |  |     | ДП ЛЕ1205.02.025 ТС                                  |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
| Зм.      | Арк  | № докум.          |            |  | Під | Дат                                                  | <div>Специфікація до технологічної схеми</div> <div>Літ.    Аркуш    Аркуш</div> <div>НТУУ «КПІ», ІХФ</div> |   |                |           |
| Розроб.  |      | Дудка Д.С.        |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
| Перев.   |      | Крижановська Я.П. |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
|          |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
| Н.контр. |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |
| Затв.    |      |                   |            |  |     |                                                      |                                                                                                             |   |                |           |

## **ДОДАТОК Б**

[illegible]

## **ДОДАТОК В**

| Формат | Зона | Позиція | Позначення | Найменування         |  |  |  |  | Кіль-<br>кість | Примітка. |
|--------|------|---------|------------|----------------------|--|--|--|--|----------------|-----------|
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            | <u>Документація</u>  |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
| A1     |      |         |            | Профіль руху води    |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      | 1       |            | Приймальна камера    |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      | 2       |            | Решітка              |  |  |  |  | 2              |           |
|        |      | 3       |            | Пісковловлювач       |  |  |  |  | 2              |           |
|        |      | 4       |            | Розподільна камера   |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      | 5       |            | Первинний відстійник |  |  |  |  | 6              |           |
|        |      | 6       |            | Аеротенк             |  |  |  |  | 2              |           |
|        |      | 7       |            | Розподільна камера   |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      | 8       |            | Вторинний відстійник |  |  |  |  | 6              |           |
|        |      | 9       |            | Камера озонування    |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      | 10      |            | Біологічний ставок   |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      | 11      |            | Біологічний ставок   |  |  |  |  | 1              |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |
|        |      |         |            |                      |  |  |  |  |                |           |