

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Кафедра міського будівництва та господарства  
(повна назва кафедри)

**Кваліфікаційна робота (проект)**

другий (магістерський)

(рівень вищої освіти)

на тему Реконструкція системи водопостачання з метою економії витрат води на власній території очисної станції.

Виконав: студент 2 курсу, групи 8.1929-ВВ-3  
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія  
(код і назва спеціальності)

спеціалізації \_\_\_\_\_

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Водопостачання та водовідведення  
(назва освітньої програми)

Новосьалова О.А.  
(ініціали та прізвище)

Керівник доцент канд. техн. н. Добровольська О.Т.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент проректор, проф., д.т.н. Ванок В.А.  
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут \_\_\_\_\_  
Кафедра Міського будівництва та господарства \_\_\_\_\_  
Рівень вищої освіти магістр \_\_\_\_\_  
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Спеціалізація \_\_\_\_\_  
(код та назва)  
Освітня програма Водопостачання та водовідведення \_\_\_\_\_

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри \_\_\_\_\_  
« 28 » 09 20 20 року

ЗАВДАННЯ  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Новосьоловій Олександрі Анатоліївній.

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Реконструкція системи водо-  
постачання з метою економії витрат  
води та видаленні пошребки очисної станції  
керівник роботи

Добровольська Оксана Григоріївна канд.техн.н.

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 25 » 05 20 20 року

№ 599 - с

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020

3 Вихідні дані до роботи Очиска станція водопідготовки  
проєкшного продуктивністю 519,2 тис.м<sup>3</sup>/добу  
та її загальної обсяг прашевних вод 30,0 тис.л/добу.

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно  
розробити) Варіант 1. Аналіз новітніх технологій очиски прироби  
Варіант 2. Реконструкція системи водопостачання. Варіант 3. Вибір матеріалів.  
Варіант 4. Техніко-економічне обґрунтування.

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових  
креслень) 1.Плоск-схема очисної станції до реконструкції.  
2.Технологічна схема очиски води після реконструкції.  
3.Панасова схема очиски води. 4-7. Креслення очисних  
споруд для очиски прашевних вод. 8.Техніко-  
еконімічного обґрунтування.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Аудит мобільних мех. систем	Добровольська О.Т.	<i>О.Т.Д.</i>	<i>О.Т.Д.</i>
2. Аудит систем безпеки	Добровольська О.Т.	<i>О.Т.Д.</i>	<i>О.Т.Д.</i>
3. Охорона праці	Добровольська О.Т.	<i>О.Т.Д.</i>	<i>О.Т.Д.</i>
4. Техніко-експертні об'єкти	Добровольська О.Т.	<i>О.Т.Д.</i>	<i>О.Т.Д.</i>

7 Дата видачі завдання 28.09.2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Програмування пред. дипломної роботи	12.10 - 08.11	викон.
2	Збір документ. матеріалів, звіт	01.11 - 08.11	викон.
3	Робота над розрахунками технік спорудження реконструкції місця 4-7	09.11 - 16.11	викон.
4	Розділ 4. Охорона праці	17.11 - 29.11	викон.
5	Робота над розділом 5, техніко-експертні розрахунки місця 8	29.11 - 7.12	викон.
6	Оформлення матеріалів дипломної роботи		

Студент *О.А.* О.А. Новосолова  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) *О.Т.Д.* О.Т. Добровольська  
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер *О.М.* О.М. Фосташенко  
(підпис) (ініціали та прізвище)

## АНОТАЦІЯ

Новосьолова О.А. Реконструкція систем водопостачання з метою економії витрат води на власні потреби очисної станції.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - будівництво та цивільна інженерія. Науковий керівник – О. Г. Добровольська, Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут. Кафедра міського будівництва та господарства, 2020 р.

Виконано аналіз роботи очисних споруд та обґрунтовано необхідність їх реконструкції. Розроблено розрахунки та схеми очисних споруд для очистки промивних вод. Виконано економічне обґрунтування технічного рішення реконструкції станції водо підготовки. Виконано математичне моделювання можливих варіантів забудови очисних споруд. Виконано аналіз розрахунків та енерговитрат очисних споруд для очистки та повторного використання технологічних вод.

Ключові слова: ПРОМИВНА ВОДА, ПРОЕКТУВАННЯ, РЕКОНСТРУКЦІЯ, СПОРУДИ, ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.

## SUMMARY

Novosolova OA. Reconstruction of water supply systems in order to save water costs for the own needs of the treatment plant.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - construction and civil engineering. Supervisor - OG Dobrovolska, Zaporizhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute. Department of Urban Construction and Economy, 2020.

The analysis of treatment facilities is carried out and the necessity of their reconstruction is substantiated. Calculations and schemes of treatment facilities for washing water treatment have been developed. The economic substantiation of the technical decision of reconstruction of water treatment plant is executed. Mathematical modeling of possible variants of sewage treatment plant construction is performed. The analysis of calculations and energy consumption of treatment facilities for treatment and reuse of process water is carried out.

Keywords: WATER SUPPLY NETWORK; MODELING; ENERGY CONSUMPTIONS; HYDRAULIC CALCULATION; DESIGNING.

## ЗМІСТ

ВСТУП.....	9
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД .....	11
1.1 Шляхи підвищення ефективності очистки природних вод.....	11
1.2 Аналіз витрат води на власні потреби очисної станції та шляхи їх зниження.....	16
1.3 Аналіз методів механічного очищення природних вод .....	19
1.4 Зниження енерговитрат роботи очисних споруд.....	25
1.5 Мета виконання роботи .....	31
РОЗДІЛ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	33
2.2 Визначення параметрів роботи очисної станції .....	33
2.3 Принцип роботи існуючих очисних споруд .....	35
2.3.1 Мікрофільтр.....	36
2.3.2 Контактний освітлювач .....	37
2.3.3 Горизонтальний відстійник .....	40
2.3.4 Швидкий фільтр .....	42
2.4 Розробка заходів з реконструкції очисних споруд.....	44
2.4.1 Розробка технологічної схеми очистки промивних вод .....	44
2.4.2 Розрахунок основних споруд для очистки промивних вод .....	45
2.4.3 Еколого-економічне обґрунтування заходів з реконструкції .....	56
РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ.....	58
3.1 Загальні вимоги до споруд системи водопостачання.....	58
3.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на станції очистки промивної води .....	59
3.3 Вимоги до експлуатації насосних станцій .....	62

3.3.1 Заходи з поліпшення умов праці .....	62
3.3.2 Опалення та вентиляція .....	64
3.3.3 Освітлення .....	65
3.4 Вимоги до експлуатації споруд для освітлення води.....	66
3.4.1 Вимоги до виконання ремонтних робіт .....	66
3.4.2 Санітарно-побутові та допоміжні приміщення .....	67
3.5 Пожежна безпека.....	68
3.6 Електроустаткування .....	70
<b>РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ.....</b>	<b>73</b>
4.1 Планування додаткових капітальних витрат .....	73
4.2 Планування поточних витрат .....	74
4.2.1 Витрати на сировину і матеріали (реагенти) .....	74
4.2.2 Витрати на енергію на технологічні потреби .....	76
4.2.3 Витрати на заробітну плату виробничих працівників.....	78
4.2.4 Витрати на відрахування на соціальне страхування .....	84
4.2.5 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання .....	85
4.2.6 Загальновиробничі витрати .....	86
4.2.7 Інші виробничі витрати.....	87
4.2.8 Зворотні витрати .....	87
4.3 Планування тарифу .....	88
4.4 Розрахунок основних показників ефективності реконструкції .....	89
Загальні висновки.....	96
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ .....</b>	<b>97</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми магістерської роботи.** Актуальність роботи полягає у обґрунтуванні необхідності оптимального рішення під час проектування та реконструкції технологічної схеми водопідготовки для очистки та повторного використання технологічних промивних вод.

Водопостачання є однією з найважливіших галузей техніки, направленої на підвищення рівня життя людей, благоустрою населених пунктів, розвиток промисловості та сільського господарства. Водопостачання має важливе соціальне і санітарно-гігієнічне значення, запобігає від епідемічних захворювань, які розповсюджуються через воду. Для виконання цих задач необхідне не тільки будівництво нових і розширення мережі існуючих водопроводів, але також розробка та запровадження ефективних методів обробки води і створення нових типів водопідготовчої апаратури. Природні біологічні процеси самоочищення водойм на теперішній час недостатні. Тому важливе значення в охороні водних ресурсів і їх раціональному використанні мають фізико-хімічні методи покращення якості води, які дозволяють повторно використовувати воду в технологічних процесах і, таким чином, знизити навантаження на водойми.

**Об'єкт дослідження** – очисна станція водопідготовки проектною продуктивністю 519,2 тис.м<sup>3</sup>/добу та її загальний обсяг технологічних промивних вод становить 30,0 тис.м<sup>3</sup>/добу.

**Предмет дослідження** – моделювання можливих варіантів забудови очисних споруд для очистки промивних вод та аналіз енерговитрат.

**Методи дослідження:** При плануванні, проведені досліджень та обробці отриманих результатів використані математичне і комп'ютерне моделювання, методи розрахунків очисних споруд.

**Мета роботи** – розробка технічних заходів з реконструкції технологічної схеми водопідготовки для очищення та повторного використання промивних вод для станції водо підготовки проектною продуктивністю 519,2 тис.м<sup>3</sup>/добу.

**Задачі досліджень.** Для досягнення мети роботи було вирішено наступні задачі:

- аналіз новітніх технологій водопідготовки.
- аналіз роботи очисних споруд та обґрунтувати необхідність їх реконструкції;
- розрахунки очисних споруд для очистки промивних вод;
- економічне обґрунтування технічного рішення реконструкції станції водопідготовки.
- виконати математичне моделювання можливих варіантів забудови очисних споруд;

**Практичне значення отриманих результатів.** Проведені дослідження дозволяють проектним відділам комунальних підприємств на стадії проектування визначити найбільш економічний варіант раціонального використання технологічних промивних вод станції водопідготовки. Повторне використання промивних вод забезпечить повне повернення технологічних вод в загальну систему водопідготовки. Тому роботи, в яких досліджуються методи по запропонованому варіанту проектування та техніко-економічних розрахунків з урахуванням фактичних енерговитрат є актуальними і мають практичну значимість.

**Апробація роботи.** Головні положення доповідались на Міжнародній науково-практичній конференції молодих науковців, аспірантів і здобувачів вищої освіти «Проблеми та перспективи розвитку сучасної науки», яка відбулась 20-22 травня 2020 року та на XXV Науково-технічній конференції студентів, магістрів, аспірантів і викладачів ЗДІА, яка проходила 23-26 листопада 2020 року.

**Структура й обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 4 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 45 найменування. Робота викладена на 95 сторінках, містить 13 таблиці, 7 рисунків.



## РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ НОВІТНІХ ТЕХНОЛОГІЙ ОЧИСТКИ ПРИРОДНИХ ВОД

### 1. 1 Шляхи підвищення ефективності очистки природних вод

Метою роботи є розробка технічних заходів з реконструкції технологічної схеми водо підготовки для очистки та повторного використання промивних вод для станції водо підготовки проектною продуктивністю 519,2 тис.м<sup>3</sup>/добу.

Для досягнення мети роботи було вирішено наступні задачі:

- аналіз новітніх технологій водопідготовки;
- аналіз роботи очисних споруд та обґрунтування необхідності її реконструкції;
- розрахунок очисних споруд для очистки промивних вод;
- економічне обґрунтування технічного рішення реконструкції станції водо підготовки.

На комунальному підприємстві «Водоканал» згідно «Технологічного регламенту очисних споруд ДВС-1» споруди складаються з двох блоків. На блоку № 1 схема очистки полягає з таких споруд: насосна станція 1 підйому (забір води з річки Дніпро), введення реагентів, горизонтальний відстійник, швидкі фільтри, резервуар чистої води, насосна станція 2 підйому (подача води в місто) [13].

Розглянуто реагентний метод очистки води: коагулянт вводять в камери реакції відстійників, далі відбувається перемішування розчину коагулянту з водою, де відбувається гідроліз і утворення нерозчинного у воді осаду у вигляді пластівців. У відстійниках здійснюються процеси освітлення та відстоювання води. Коагуляція проводиться для зняття каламутності і кольоровості води. Для повного освітлення води, що містить колоїднодисперсні речовини,

необхідне укрупнення їхніх частинок, що досягається методом коагуляції [5 с.8]. Застосовують сульфат алюмінію і гідроксохлорид алюмінію марки «Полвак» ВАТ Хімзаводу «Коагулянт» м. Пологи.

Після осадження осаду та освітлення води вода подається на завершальну стадію очищення - фільтрування на спорудах швидких фільтрів через шар кварцового піску і подрібненого антрациту [9-10]. Далі після фільтрації та знезараження вода надходить в резервуари чистої води. Рух води через фільтруюче завантаження є окремим випадком руху рідин через зернисті шари і закономірності цього руху повинні впливати із загальних законів гідродинаміки зернистих шарів. Ці питання досить висвітлені в роботах Д.М. Мінца, Л.С. Лейбензона, М.М. Павловського, С.А. Шуберта та іншими дослідниками [6-7]. Встановлено, що при фільтруванні води на швидких фільтрах ламінарний режим руху води [9 ].

Якщо проаналізувати більш перспективні пристрої, які можна застосувати для доочистки, це є апарати мікрофільтрації, а саме фільтри, виконані з пористих волокнистих полімерних матеріалів. Фільтри з волокнисто-пористого поліетилену за якістю освітлення мало концентрованої тонко дисперсної суспензії не поступаються фільтрам з піщаним завантаженням та завантаженням з пінополістиролу [4]. Доочищення суспензії на дренажній системі з пористої оболонкою є доцільною при застосуванні зернистого завантаження з більшим еквівалентним діаметром зерен та при правильному підборі параметрів самої перегородки [19, с.128].

На блоці №2 вода з реагентами насосною станцією 1-го підйому подається на споруди мікрофільтрів. В змішувачі після мікрофільтрів вводиться коагулянт. В контактних освітлювачах фільтруючий шар складається з кварцового піска. Далі після фільтрації та знезараження вода надходить в резервуар чистої води. Насосна станція 2-го підйому постачає очищену воду у мережу до споживача[13].

Розглянуто та проаналізовано питання існуючих методів для підвищення ефективності роботи контактних освітлювачів, це показує, що досить

актуальним є розробка більш ефективних як по капітальним, так і по експлуатаційним витратам методів [18, с.137]. Обробка води концентрованим розчином коагулянту дозволяє поліпшити якість води, знизити витрати реагентів, зменшити габарити окремих споруд, знизити собівартість освітленої води. З'ясовано, що використання концентрованого розчину коагулянту сульфату алюмінію дозволяє інтенсифікувати процеси очищення води в контактних освітлювачах, це дозволяє підвищити якість освітленої води і знизити витрати коагулянту в середньому на 20 ... 25% [18, с.139].

Проаналізовано реагентний метод очистки по зв'язаному хлору(одночасне введення в воду розчину хлору та розчину сульфату амонію). В амонізаторній готується основний і робочий розчини, який зберігається у розчинних та витратних баках. Робочий розчин дозується насосами дозаторами в оброблювану воду перед введенням хлору. Використовується сульфат амонію Амопол(порошкоподібний). Властивості аміаку послаблювати бактерицидну дію хлору у мережі. Розглянемо переваги, це економія хлору та стабілізація його у воді, зменшення корозії сталевих труб. Якщо проаналізувати недоліки, то застосування амонізації при хлоруванні води знижує бактерицидний ефект знезараження. Знижуються витрати на хлор за рахунок зменшення доз хлору, але знезараження мікроорганізмів знижується, що створює умови для росту мікроорганізмів на спорудах станції водопідготовки, в мережі.

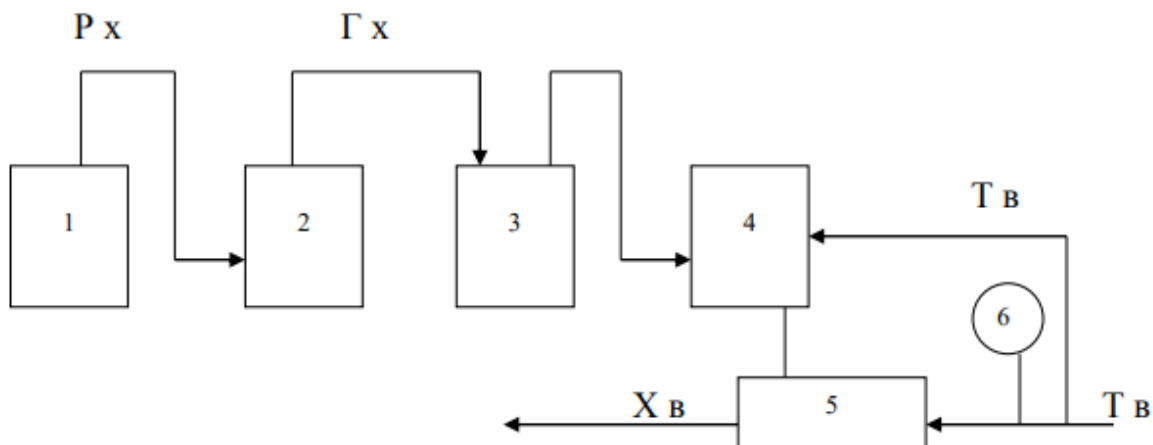
Хлораторна обладнана системою устаткування, яке пов'язане між собою: ємність з хлором, випарник рідкого хлору, хлордозатор, фільтр, редуктор на колекторі рідкого та газоподібного хлору, вантажопідйомні механізми для заміни контейнера на вагах. З встановленого на ваги контейнера (балона), рідкий хлор під'єднується до хлоропроводу, та подається у випарник змієвикового типу, де переходить в газоподібний стан. Далі по газопроводу хлор-газ проходить через фільтр, де очищається від домішок, через редуктор подається на хлордозатори[13].

Властивості хлору: газоподібний хлор в 2,5 рази важче за повітря, тому він накопичується унизу приміщення. Гранично допустима концентрація хлору

в повітрі 1 мг/м<sup>3</sup>. Реконструкція хлораторних повинна проводитися по схемах, погоджених із проектною організацією. Приміщення хлордозаторної, повинні бути ізольовані від інших приміщень, а хлордозаторні, суміщені з витратними складами хлору, повинні відділятися від них капітальною вогнестійкою стіною без отворів. Приміщення хлордозаторної обладнані двома виходами: один через тамбур, другий безпосередньо назовні. всі двері повинні відкриватися назовні.

Вимоги до цих приміщень такі ж, як і до витратних складів. У приміщеннях хлордозаторних повинні бути системи електроосвітлення, системи подачі води та водовідведення, центрального опалювання, яке забезпечує температуру повітря в приміщенні, припливно-витяжною вентиляцією, що створює постійно 6-кратний повітрообмін за 1 годину, аварійною вентиляцією з додатковим 6-кратним повітрообміном за 1 годину. Ваговий облік контролю витрати хлору є обов'язковим.

На рис 1.1. Принципова схема обладнання хлораторної.



1 – балон або контейнер на вагах; 2 – випаровувач; 3 – фільтр; 4 – вакуумний хлоратор; 5 – ежектор; Px – трубопровід з рідким хлором; Gx – трубопровід з газоподібним хлором; Tb – трубопровід з водою; Xb – трубопровід з хлорною водою.

Рисунок 1.1 – Принципова схема обладнання хлораторної

Первинне хлорування запобігає росту мікроорганізмів (включаючи фітопланктон). Також, первинне хлорування необхідне для попередження виникнення неприємних запахів, що утворюються під час накопичення та загнивання осадів у відстійниках.

Вторинне хлорування після споруд швидких фільтрів та контактних освітлювачів забезпечує якість води по мікробіологічним показникам в розподільчій мережі. Це забезпечить захист води, тобто якість на шляху руху до споживачів.

Метод коагуляції води застосовується для усунення каламутності і кольоровості води, та для зняття вірусологічних забруднень, з можливим додатковим введенням флокулянту. Проаналізовано на станціях водопідготовки застосовуються коагулянти сульфат алюмінію і гидроксихлорид алюмінію «Полвак» ТДВ хімзавода «Коагулянт» м. Пологи. Гидроксихлорид алюмінію «Полвак» (коагулянт) отримується у рідкому стані, не повинен мати нерозчинених домішок, приведено формулу гидроксихлорид алюмінію (формула 1.1).



Сульфат алюмінію (коагулянт) – неочищений технічний продукт, уявляє собою шматочки сірого чи зеленуватого кольору, приведено формулу сульфат алюмінію (формула 1.2).



Також на станціях очистки води, для знезараження води використовується хлор і сульфат амонію. Рідкий хлор постачається з Аульської ХПС Дніпропетровської обл., він містить не менш 99.6% хлору, не більш 0.004% трихлористого азоту, не більш 0.04% води.

Сульфат амонію – кристалічний порошок білого кольору, розчинний у воді, густина - 1,769 г/см<sup>3</sup>, активна частина NH<sub>3</sub> - 25%, товарного продукту – 98%; ГОСТ 3769-78. Випускається ВАТ «Шосткинський завод хімічних реактивів». приведено формулу сульфату амонію (формула 1.3).



## 1.2 Аналіз витрат води на власні потреби очисної станції та шляхи їх зниження

Показники вихідної води у р. Дніпро: маломінералізована, помірно кольорова, мало каламутна, її забарвленість води знаходиться у межах 30-80 град. Значення забарвленості, перманганатної окиснюваності, загального органічного вуглецю обумовлені наявністю в воді природних органічних сполук, умов болотистої місцевості, яка суттєво збагачує воду гумусовими сполуками[13]. Одним з переважних компонентів природних органічних сполук є фульвокислоти, це один з компонентів гумуса, приведено формулу фульвокислоти (формула 1.4).



Вміст фульвокислот в воді в десятки разів перевищує вміст гумінових кислот. Наявність фульвокислот забезпечує перевагу гідрофільним фракціям в складі природних органічних сполук. В процесі коагуляції видаляються переважно гідрофобні сполуки, а при коагуляційній обробці вод з гідрофільною фракцією ступінь видалення невелика[28].

В період повені або при загибелі фітопланктону внаслідок його масового розвитку може спостерігатися запах у воді.

З'ясовано, що впродовж року температура води змінюється від  $+0,1$  до  $+25^{\circ}$  C, до того ж 4-5 місяців року вона нижче  $+5^{\circ}$  C [13]. Доволі високі значення рН 7,3-9,1, в середньому 8,5, але більш високі значення характерні для весняного періоду. Вода малолужна, значення лужності коливаються в межах, влітку її значення менші. По показникам мінералізація знаходиться в межах 210-550 мг/дм<sup>3</sup>, загальна жорсткість у середньому 3,5-4,0 моль/м<sup>3</sup>. Вияснено, що у вихідній воді присутні азотовмісні сполуки, але їх концентрація не значна (амоній, нітрити, нітрати).

У зимовий період фітопланктон у воді практично відсутній, максимальних значень досягає в березні — квітні, серпні-вересні - 10000-39000 кл/см<sup>3</sup>, в літку зелених та синьозелених, ранньою весною простежується розвиток діатомових подорослів. Стандартними методами у річковій воді проводиться визначення металів: міді, цинку, свинцю, миш'яку, молібдену, берилію, кадмію, ртуті, хрому, їх концентрація значно нижче нормативу. Концентрації пестицидів, СПАР, фенолів.

За даними іноземних фахівців актуальним є пошук можливих шляхів застосування біотехнологічних методів видалення сполук нітрогену із питної води аналогічно до процесів, які відбуваються під час очищення стічних вод. Для широкого застосування біофільтрів для видалення нітрогенвмісних сполук із питної води необхідно шукати шляхи вдосконалення їх роботи заміною біологічного агента, інтенсифікацією процесів нітрифікації-денітрифікації, використанням мутантних штамів мікроорганізмів, виділених із завантаження працюючих фільтрів. При таких методах очищення питної води недостатня кількість органічного вуглецю може обмежувати застосування гетеротрофної денітрифікації [30].

При ознайомленні з літературою підготовки води з природних джерел для господарсько-питного водопостачання пов'язана із застосуванням реагентів і утворення певної кількості технологічних осадів, що потрапляють до

складу промивних вод [25]. Якщо промивні води без очистки скидаються у природні водойми, ці речовини представляють небезпеку для водного середовища. Основними компонентами осадів є продукти гідролізу коагулянту і забруднення мінерального і органічного походження, що містяться у вихідній воді.

Якщо проаналізувати склад скидів у водні джерела, особливу небезпеку представляють сполуки алюмінію. Основним джерелом алюмінію у водопровідній воді є алюміній-місткі коагулянти, які використовуються в процесі обробки води на станціях водопідготовки. Особливо небезпечні є сполуки алюмінію, які разом з технологічними водами скидаються у водоймища: це оксиди, гідроксиди, солі, перехідні і проміжні сполуки, і які у свою чергу приводять з одного боку до екологічних небезпек в природному довкіллі, та потрапляючи у водозабори станції водопостачання, які розташовані нижче за течією, не можуть бути видалені з води завдяки своїй інертності і потрапляють в організм людини.

Питання з очистки промивних вод є однією із кола за дач, які вирішуються впровадженням систем стратегічного водогосподарського менеджменту [17, с. 137-144]. Система СВМ - частина загальної системи управління в галузі використання і охорони вод, яка включає організаційну структуру та управлінські процедури, а також процеси і ресурси, необхідні для визначення і реалізації водогосподарської політики. Ключові складові СВМ на підприємствах водопостачання: водоспоживання на власні потреби та водовідведення; характеристика джерел водопостачання очисних споруд, систем повторного використання води; водоохоронні заходи. Висновки: Управління екологічно безпечним розвитком комунальної сфери міст передбачає формування сучасної системи стратегічного водогосподарського менеджменту (СВМ). Виходячи з позитивних результатів і багаторічного досвіду європейських країн, рекомендується приділити підвищену увагу забезпеченню належного санітарно-екологічного стану вод в джерелах питного водопостачання [17, с. 38].



З метою охорони природних джерел водопостачання та скорочення витрат води на власні потреби станції застосовують повторне використання води після промивання швидких фільтрів і контактних освітлювачів. Запропоновано наступну схему повторного використання промивної води: вода після промивання швидких фільтрів надходить в резервуар-усереднювач, з якого рівномірно протягом доби перекачується в голову очисних споруд водопідготовки (перед змішувачем) [23 с.47].

Для раціонального використання води, охорони навколишнього природного середовища на водоочисних спорудах необхідне впровадження повторного використання технологічних вод після промивання очисних споруд. Якщо підсумувати висновки, це виключить скиди технологічних забруднень у водні об'єкти; буде запобігати забрудненню довкілля та замулюванню джерела водопостачання; забезпечить повне використання води у якості питної води; значно зможе підвищити ефективність роботи очисних споруд; та утилізувати відходи очищення, що виконує задачі екології.

### 1.3 Аналіз методів механічного очищення природних вод

Проблема очистки промивних вод є першочерговою задачею для комунального підприємства м. Запоріжжя, згідно загальної схеми очистки ДВС-1 технологічні води фільтрів, контактних освітлювачів, відстійників, а також мікрофільтрів складають великий обсяг води на власні потреби.

Ознайомлено, що в якості матеріалів, що фільтрують, використовується кварцевий пісок і роздріблений антрацит. Як фільтруючий матеріал для загрузки фільтрів та контактних освітлювачів застосовується кварцевий пісок. Одне з місць добування Просянівський кар'єр Дніпропетровської області.

Розглянемо споруди швидких фільтрів №1-6, їх продуктивність складає 58,0 – 83,0 тис.м<sup>3</sup>/доб. Засипка фільтрів укладена поверх дренажних труб; шар кварцевого піску висотою 0,5м та шар подрібненого антрациту-фільтранту висотою 1,0м. Висота фільтруючого шару становить 1,5м [14-16].

Визначення процесу фільтрування являє собою проціджування суспензії крізь пористий матеріал, затримуючі тверді домішки і пропускає воду. Якщо розміри частинок більше розмірів пор фільтруючого завантаження, то частки залишаються на поверхні завантаження. Цей тип фільтрування називається поверхневим, осадовим або опорним. Якщо частинки проходять всередину матеріалу завантаження, то процес називається фільтруванням в обсязі, або об'ємним фільтруванням.

Споруди швидких фільтрів складаються з чотирьох швидких фільтрів №1-4, продуктивність яких дорівнює 41,7 – 59,5 тис.м<sup>3</sup>/доб. Фільтр являє собою залізобетонну ємність, прямокутну в плані, площа одного фільтру – 62 м<sup>2</sup>.

Проаналізуємо класифікацію фільтрів:

- повільні, швидкі і надшвидкісні;
- відкриті безнапірні і напірні;
- звичайні швидкі фільтри, двох потокові або багатопотокові;
- мілко, середньо і грубозернисті;
- одно, двох і багат шарові.

Властивості відсортованого зернистого матеріалу, відповідають санітарним вимогам і володіє достатньою хімічною стійкістю і механічною міцністю (кварцевий пісок, подріблений антрацит, керамзит, керамічна крихта та інше). Розподільна (дренажна) система є важливою складовою елемента фільтру, вона повинна збирати і відводити профільтровану воду без винесення зерен фільтруючого матеріалу і при промивці потрібен рівномірний розподіл промивної води за площею фільтру [11].

Споруди контактних прояснювачів є різновидом фільтрувальних апаратів, які працюють за принципом фільтрування води у напрямі зростаючої величини зерен через шар завантаження великої товщини, від низу до верху.

Розглянемо принцип дії оброблена вода через розподільну систему, укладену на дні споруди, вводиться знизу у гравієві шари, а потім фільтрується послідовно через шари завантаження, але розмір зерен повинен поступово зменшуватися. З'ясовано, що основна маса домішок води затримується в нижніх грубозернистих шарах, через велику брудоемність, що призводить до зменшення темпу втрати тиску, збільшення тривалості захисної дії завантаження унаслідок великої висоти шару, дозволяють очищати на контактних прояснювачах воду із вмістом суспензії, це перевищує в порівнянні з швидкими фільтрами. Якщо підсумувати: швидкі фільтри працюють нормально, якщо вміст суспензії у воді, складає 5 - 15 мг/л, контактні освітлювачі, працюють нормально при вмісті суспензії у воді, що очищається, до 120 мг/л і її кольоровості до 120 градусів.

Введення коагулянту на контактних освітлювачах у воду безпосередньо перед її надходженням в завантаження, в його товщі відбувається процес коагуляції. Це дає можливість за короткий термін часу від моменту введення коагулянта до початку фільтрування у багато разів швидше, ніж при звичайній коагуляції в об'ємі.

Споруди контактних освітлювачів складаються з 14 чарунок з водо повітряним промиванням вони мають підтримуючий шар з щебеню, заввишки 0,9м, фільтрувальний шар з кварцового піску, загальний шар складає 1,6м, площа фільтрації чарунки становить  $115\text{м}^2$ , швидкість фільтрування 5,0-5,5м/год.

В ході роботи проаналізовано методи механічного очищення: споруди механічного очищення, які полягають в проціджуванні стічної води через решітки, уловлювання піску в пісколовках і освітленні води в первинних відстійниках. Методи механічного очищення передбачають відокремлення нерозчинних речовин у процесах відстоювання, фільтрування і

центрифугування, його застосовують у випадках, коли стічні води після проходження через вищезазначене устаткування можуть бути використані для потреб виробництва, та як попередні при використанні інших засобів очищення [22]. Пісколовки це споруд, працюючі за принципом відстоювання, вони використовуються для задержування важких нерозчинних домішок (переважно піску) при продуктивності очисних споруд понад 100 м<sup>3</sup> /д. Конструкція піскоуловлювача дає можливість затримувати пісок, відмивати його і подавати на фракціонування, видалення піску з піскоуловлювача здійснюється гідромеханічним способом. З'ясовано, що сумісно з мінеральними домішками в пісколовках відстоюються речовини органічного походження, гідравлічна крупність яких близька до гідравлічної крупності піску. Їх кількісне співвідношення між затриманими мінеральними і органічними речовинами залежить від категорії стічних вод. Розглянемо метод очищення побутових стічних вод: пісколовки затримують частинки діаметром 0,25 мм і більше, кількість органічних речовин в затриманій масі становить 15...20% [21,22 с.51]. В залежності від напрямку основного потоку стічної води пісколовки поділяються на :

- горизонтальні, в яких вода рухається в горизонтальному напрямку, з прямолінійним або круговим рухом;
- вертикальні, де вода рухається вертикально уверх;
- аераційні і тангенціальні з гвинтовим (поступально-обертальним) рухом води, (див. рисунок 1.2).

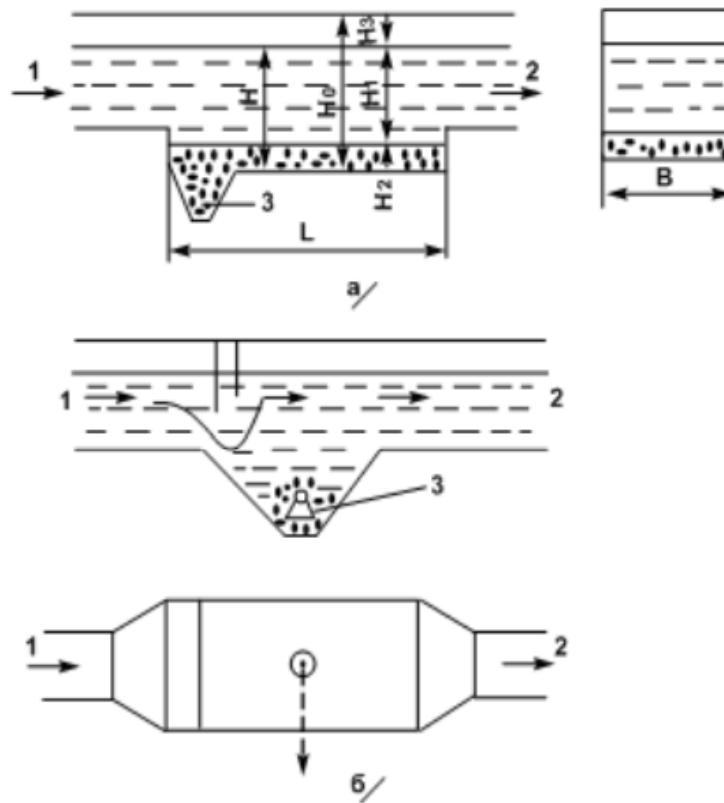


Рисунок 1.2 – Схеми пісколовок (а) горизонтальної; (б) вертикальної:  
 1 – подача стічних вод; 2 – відведення очищеної води; 3 – видалення осаду.

Ознайомлено, що горизонтальні і аераційні пісколовки використовуються при витратах води більше 10000 м<sup>3</sup> /д. Рекомендується тангенціальні пісколовки застосовувати при витратах води до 50000 м<sup>3</sup> /д. Працюють вертикальні пісколовки неефективно і використовуються у виняткових випадках. Якщо планувати проектування пісколовок необхідно приймати загальні розрахункові параметри для пісколовок різних типів, також враховувати видалення задержаного піску з пісколовок вручну, механічним та гідравлічним методами.

Проаналізовано наступні методи механічного очищення: відстійники застосовують для попереднього очищення стічних вод, або як самостійну

споруду, з'ясовано, якщо за санітарними умовами цілком достатньо виділити із стічних вод механічні домішки. Відстійники поділяються на первинні, які встановлюються до споруд біологічної обробки стічних вод, і вторинні, які встановлюються після цих споруд. Класифікація відстійників:

- горизонтальні, якщо вода рухається горизонтально уздовж відстійника;
- вертикальні, це коли вода рухається знизу вверху;
- радіальні вода рухається від центра до периферії (рис. 1.3);
- спеціальні (для виділення важких легких домішок).

В технології процесів очищення природних і стічних вод розглядається осадження частинок двох типів: гранульованих і флокульованих. Гранульовані частинки осідають незалежно один від одного і з постійною швидкістю, а флокульовані, які можуть бути природного походження або штучно отриманими внаслідок агрегації колоїдних речовин, осідають по-різному в залежності від вихідної концентрації частинок. Якщо їх концентрація мала, то в верхніх шарах води осадження кожного відбувається індивідуально, але потім при зіткненні і злипанні частинок швидкість осадження збільшується.

Ознайомлено, що при проектуванні тип відстійників необхідно вибирати з врахуванням продуктивності станцій очищення стічних вод.

Принцип дії радіального відстійника: ця споруда представляє собою круглий резервуар, вода в якому рухається від центру до периферії. Осад згрібається до центра днища скребками, які закріплені на рухомій фермі, та надходить в приямок, з якого під гідростатичним тиском видаляється в збірний резервуар.

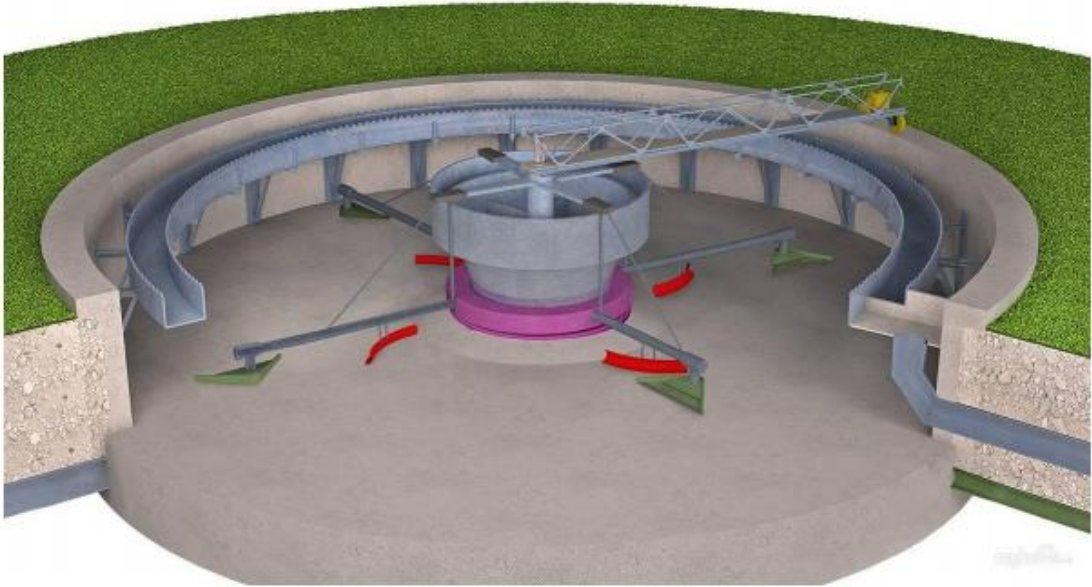


Рисунок 1.3 – Принципова схема радіального відстійника

#### 1.4 Зниження енерговитрат роботи очисних споруд

Дніпровська водопровідна станція №1(ДВС-1) забезпечує питною водою підприємства та населення лівобережної частини м. Запоріжжя, м. Вільнянськ, частини Запорізького району .Ця схема водопідготовки забезпечує :

- забір води з р.Дніпро та подальша подача на очисні споруди;
- знезараження , очистка води та якість згідно нормативних документів;
- постачання води до споживача у необхідній кількості та з необхідним напором;
- контроль якості води в р. Дніпро ,по етапах очищення та перед подачею в міську мережу.

З урахуванням рекомендацій фахівців для обробки промивної води пропонується використовувати наступну схему : реконструкція споруд для

очищення та повторного використання промивних вод значно знизить енерговитрати очисних споруд. Використання промивних (технологічних) вод після фільтрувальних і інших споруд водопідготовки зазвичай передбачається направляти на спеціальні споруди для освітлення таких вод з частковим поверненням відстояної води у голову очисних споруд. Безстічні схеми обробки технологічних вод значно зменшують об'єм стоків, що скидаються та забезпечують зведення цих обсягів до нуля, або до їх незначної кількості[23].

Розглянемо можливі варіанти при компонуванні споруд і розробці генерального плану очисної станції слід брати до уваги типові проекти або їхні паспорти [23с.54]. Відповідно до [16, п. 17.2.2] при розробці генплану очисної станції застосовується блокування споруд і приміщень, які пов'язані загальним технологічним процесом.

Блок основних споруд, в будівлі якого розміщений вертикальний змішувач, відстійники із вбудованими камерами утворення пластівців, блок фільтрів і блок службових приміщень. Споруди реагентного господарства розміщують в окремій будівлі. На майданчику очисних споруд слід проектувати 2 резервуара чистої води, насосну станцію другого підйому, споруди для повторного використання промивної води, піскове господарство, прохідну, розміщення споруд для зневоднення осаду. Територія, де знаходиться станція водопідготовки, захищається відповідно до вимог та рекомендацій [16, п. 17.1.5].

Якщо проаналізувати кількість елементів станції, їх взаємне розташування і комунікації, які їх з'єднують, вибираємо з урахуванням можливого долучення додаткових елементів і будівництва приміщення для них. Сторони будівлі, в напрямку яких намічено розширення станції, не повинні захарашуватися будівлями постійного типу та підземними спорудами. З точки зору фахівців надійність роботи водоочисної станції забезпечується облаштуванням обвідних ліній, які дозволять відключати ту чи іншу споруду або блок та пропустити воду в обхід, при цьому на станції продуктивністю від 10000 до 100000 м<sup>3</sup> /добу передбачається можливість відключення не більше



20% споруд. Необхідно передбачати обвідну лінію від насосної станції 1 підйому до насосної станції 2 підйому (якщо насосна станція 1 підйому знаходиться в межах водоочисної станції).

Якщо продуктивності станції більше 100000 м<sup>3</sup> /добу, обвідні комунікації можна не влаштовувати [16, п. 10.28.3]. показуємо на генплані основні споруди, зовнішні трубопроводи, дороги, під'їзди, пішохідні доріжки і зелені насадження. Діаметр основних трубопроводів, нанесених на генплан, визначаємо відповідно до гідравлічного розрахунку сталевих труб за заданою витратою, яку приймаємо більше розрахункової за балансовою схемою на 20–30 відсотків, і рекомендованою швидкістю руху води [24].

Для більш ефективної очистки води до відповідної якості можливе застосування методів ультра і мікро фільтрації. Мембранні процеси використовують тонку плівку або пористий матеріал для сепарації однієї речовини від іншої. Рушійною силою поділу речовин можуть бути концентрація, тиск, температура, електричні сили. У спорудах типу мембранний біореактор використовуються процеси ультра-і мікрофільтрації, які відносяться до більш загальних груп баромембранного процесу. Для поділу суміші баромембранного процесу використовується градієнт тиску. Крім ультрафільтрації і мікрофільтрації, до баромембранних процесів відносяться нанофільтрація і зворотній осмос [1,2с.58].

Технологія ультрафільтрації являє собою процес мембранного розділення, при якому відбувається фільтрування рідини під дією різниці тисків до і після мембрани. Мембрани, що використовуються в даних методах, це пористі перегородки з певним розміром пор [25, с. 17].

Механізм мембранного розділення заснований на «ситовому» ефекті - відбувається селективне видалення всіх частинок з розмірами більше розміру пор мембрани. Частинки, розмір яких перевищує максимальний розмір пор, затримуються мембраною, більша частина води і частинки, розміри яких менше максимального розміру пор, проходять через мембрану, утворюючи пермеат. Сольовий склад води при цьому залишається незмінним [26].

Ультрафільтрація як технологія підготовки води має ряд переваг перед традиційною фільтрацією: по перше ефективне видалення домішок колоїдної дисперсності, по друге ефективне видалення мікробіологічних домішок, також відсутність ймовірності проскоку домішок, які видаляються в очищену воду, та як наслідок потрібні значно менші площі, та менші витрати води на власні потреби. Основними типами мембран для УФ є неорганічні мембрани з керамічних матеріалів або металів, а також пористі полімерні мембрани з поліетилену і поліпропілену, політетрафторетилену, полісульфону, поліефірсульфону [27].

Важливе значення набула мікрофільтрація в процесах отримання надчистої і чистої води для різних галузей промисловості. Мікрофільтрація може бути двох типів: тупиковою (патронні фільтри) і проточною з тангенціальним потоком [28с.36]. Кінцевими продуктами процесу, як і при ультрафільтрації, є пермеат і концентрат.

Продуктивність мембран значно знижується через скупчення забруднень на поверхні і забивання пор. Для підтримки їх продуктивності застосовуються три методи: автоматична продувка зворотнім струмом стисненого газу (фірма «Memtec»); зворотня промивка пермеатом протягом 1–3 с при витраті 0,2-1 л/м<sup>2</sup> (фірма «Енка»); періодична промивка мембран водою і в деяких випадках хімікатами. Неорганічні мембрани мають переваги завдяки високій термічній і хімічній стійкості. Визначено, що для утворення осаду застосовуються заряджені мембрани і спеціальні конструкції мембранних елементів. У звичайних мембранах переважають ситовий і сорбційний механізми, в заряджених – електростатичний, що дозволяє затримувати мікрочастинки значно менших розмірів, ніж діаметр пор мікрофільтра. Та як наслідок скорочуються площа і кількість мембранних апаратів. Ефективніше відбувається затримання бактерій і ендоксинів на зарядмодифікованих мембранних фільтрах.

Об'єднані останні дослідження, висновки відомих вчених у цій галузі, що представляють деякі останні передові технології які застосовується для

очищення стічних вод та питної води, з особливим акцентом нових операції з мембранної обробки. [31]

Біологічне очищення питної води (BioDWT) використовується в розвинених країнах США, Канада, Греція, Хорватія і Китай. Система SSF «Schmutzdecke of SSF and RSF», засноване на концепції біоремедіації, коли вода повільно тече через піщану набивку, і мікроорганізми, або так звані біологічно активні Шмутцдеке, що містить позаклітинний полімер, прикріплений до поверхні піску [29].

За даними іноземних фахівців спостерігається, що хітозан є хорошим флокулянтном для очищення водопровідної води завдяки своїм властивостям, таким як швидкість осадження та висока ефективність видалення БПК органічних речовин, зважених речовини та іонів металів. Але його висока вартість обмежує використання при очищенні водопровідної води. Для зменшення витрат комбінували хітозан (CTS), хлорид поліалюмінію (CF-PAC) та модифікований ректорит для підготовки флокулянта до очищення водопровідної води [32].

Реалізація схеми по запропонованому варіанту забезпечить повне повернення технологічних вод (за винятком безповоротних втрат) в загальну систему водо підготовки, врахує можливість їхнього нарощування та вдосконалення .

По запропонованому варіанту технологічні води фільтрів, контактних освітлювачів, відстійників а також мікрофільтрів збираються в резервуарах – усереднювачах.

Але перед тим як потрапити в резервуари –усереднювачі, вода проходить через пісколовки, пісок, що затримався подається на відмивку, для подальшого його використання, як фільтруючого завантаження.

Далі після резервуарів–усереднювачів вода подається у радіальні відстійники–ущільнювачі, але перед подачею цих вод і радіальні відстійники-ущільнювачі вони обробляються флокулянтами.

Після седментації пластівців і освітлення води, остання подається через насосну станцію для фільтрації в системи мембранного доочищення (мікро і ультрафільтрації). Після радіальних відстійників-ущільнювачів, 50 % попередньо ущільненого осаду подається в цех механічного зневоднення. Після радіальних відстійників – ущільнювачів, 50% попередньо ущільненого осаду подається в резервуари–усереднювачі, для рециркуляції.

Якщо розглянути процес зневоднення, який здійснюється декантерами з обов'язковим введенням флокулянтів перед подачею осаду в декантери. Зневоднений осад буде підлягати утилізації у вигляді твердих промислових відходів.

Механічне зневоднення застосовують для зниження вологості осадів до величини, при якій забезпечуються оптимальні умови транспортування, утилізації або сушіння і спалювання осадів. Для зневоднення осадів застосовуються вакуум-фільтри, фільтр-преси, центрифуги або вібросита зазвичай з попередніми кондиціонуванням осадів [12 с 118].

Для прискорення процесу коагуляції при очищенні води від колоїдних і інших забруднень набули поширення високомолекулярні флокулянти: синтетичний флокулянт - поліакриламід (ПАА) і неорганічний флокулянт - активна кремнієва кислота (АК), в ряді випадків, успішно використовуються в процесах очищення води, такі флокулянти, як ВА-1, ВА-2 та ін. [3, с.72]. До числа перспективних катіонних флокулянтів, що забезпечують ефективну очистку природних вод від тонкодисперсних домішок.

По запропонованому варіанту концентрат після цеху механічного зневоднення, перміат, концентрат з промивними водами і рециркулянт блоку мікро і ультра фільтрації, подаються в резервуари –усереднювачі.

Води хімічної промивки блоку мікро і ультрафільтрації повертаються до резервуарів-усереднювачів. Очищена вода подається у резервуари очищених технологічних вод при умові, якщо функціонують мікро і ультра фільтрація доочищення.

За даними іноземних фахівців *Legionella pneumophila* - це всюдисущий мікроорганізм, широко поширений у водному середовищі і здатний викликати легіонельоз у людей. Перспективний підхід до виявлення життєздатних клітин у зразках води включає використання кількісної полімеразної ланцюгової реакції (КПЛР) в поєднанні з фотоактивіруємим ДНК-інтеркалятор моноазидом пропідія . Однак його ефективність може бути різною в залежності від використовуваних експериментальних умов. Метою цього дослідження було порівняння двох протоколів впливу : безпосередньо на мембранному фільтрі або в рідині після промивки фільтра. [33]

Висновки: якщо буде впроваджено функціонування блоку доочищення на мембранних фільтрах, завдяки високим показникам якості очищеної води, які є на рівні показників як для питної води, буде можливість подати її безпосередньо в резервуари очищених технологічних вод, без обробки на основних технологічних спорудах. Можна зазначити, що запроектована технологічна схема значно зменшує експлуатаційні витрати очисної станції після реконструкції.

### 1.5 Мета виконання роботи

Мета роботи – розробка технічних заходів з реконструкції технологічної схеми водопідготовки для очистки та повторного використання промивних вод для станції водопідготовки проектною продуктивністю 519,2тис.м<sup>3</sup>/добу.

Для досягнення мети роботи було вирішено наступні задачі:

- аналіз новітніх технологій водопідготовки;
- аналіз роботи очисних споруд та обґрунтування необхідності їх реконструкції;
- розрахунки очисних споруд для очистки промивних вод;
- економічне обґрунтування технічного рішення реконструкції станції водопідготовки.
- математичне моделювання можливих варіантів забудови очисних споруд;
- креслення технологічних схем та споруд для очистки та повторного використання промивних вод після реконструкції;
- системний аналіз науково-технічної літератури.

## РОЗДІЛ 2 РЕКОНСТРУКЦІЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

### 2.1 Кількісні та якісні характеристики вихідної води

На очистку до блоку обробки технологічної води надходить суміш виробничих стічних вод в кількості 30,0 тис.м<sup>3</sup>/доб. від промивки основних споруд існуючої очисної станції, а саме від мікрофільтрів, контактних освітлювачів, горизонтальних відстійників та швидких фільтрів. До реконструкції очисної станції такі промивні води скидаються в каналізаційну мережу відповідно «Правил приймання стічних вод від підприємств до системи міської каналізації» та відповідають нормам «Допустимих концентрацій забруднювальних речовин, що скидаються підприємствами в міську каналізацію». Таким чином, на очисні споруди блоку обробки технологічної води приймаються стічні води, які не визивають порушення їх роботи та забезпечують їх нормальну експлуатацію.

Промивні стічні води забруднені різноманітними домішками органічного та мінерального походження, які знаходяться в них у вигляді розчину, колоїдів, суспензій та нерозчинних речовин. Ступінь забрудненості технологічних стічних вод оцінюється концентрацією, тобто масою домішок в одиниці об'єму в мг/л, г/м<sup>3</sup> або мг/дм<sup>3</sup>. Якісні показники технологічних вод надані в табл.2.1. Показники якості питної води надані згідно [20].

### 2.2 Визначення параметрів роботи очисної станції

Розрахунок балансів потоків технологічних вод і вибір основної технологічної схеми здійснено на основі лабораторних досліджень по

виявленню видів осадження сфлукуюваних забруднень з різних технологічних споруд існуючої станції водопідготовки. Окремі лабораторні дослідження проведені для виявлення можливостей мембранної фільтрації для фінішного очищення і часткової дезінфекції освітлених технологічних вод [13]. Результати розрахунку балансової схеми представлені в графічній частині (лист 3) та надані в табл.2.2.

Таблиця 2.1 – Характеристика вихідних стічних вод

№	Показники	Од.виміру	Показники річкової води	Концентрація забруднюючих речовин технологічних вод	Концентрація забруднюючих речовин після очисних споруд	Показники якості питної води
1	Кольорність	град	38,1	-	9,0	20,0
2	Каламутність	NTU	2,7	-	0,1	1,0
3	Азот амонійний	мг/дм <sup>3</sup>	0,29	2,2	0,15	0,5
4	Окисність	мг О <sub>2</sub> /дм <sup>3</sup>	10,86	-	4,0	5,0
5	Алюміній	мг/дм <sup>3</sup>	0,04	1,18	0,1	0,5
6	БСК <sub>5</sub>	мг/дм <sup>3</sup>	1,65	2,16	-	-
7	Завислі речовини	мг/дм <sup>3</sup>	8,23	180,1	0,1	Не норм.
8	Мінералізація	мг/дм <sup>3</sup>	284,2	312,2	250,0	1000,0
9	Нафтопродукти	мг/дм <sup>3</sup>	0,031	0,04	0,017	0,1
10	Нітрати (аніон)	мг/дм <sup>3</sup>	0,52	3,2	1,5	50,0
11	Нітроти (аніон)	мг/дм <sup>3</sup>	0,01	0,032	0,015	0,5
12	Сульфати (аніон)	мг/дм <sup>3</sup>	50,5	71,3	35,0	250,0
13	Фосфати (аніон)	мг/дм <sup>3</sup>	0,106	0,34	0,07	3,5
14	Хлориди (аніон)	мг/дм <sup>3</sup>	33,19	36,3	25,0	250,0
15	ХСК	мг/дм <sup>3</sup>	28,0	28,0	-	-



Таблиця 2.2 – Результати розрахунку балансової схеми

№	Найменування споруди	Од.виміру	Витрата води	Об'єм споруди, м <sup>3</sup>
1	Мікрофільтри	м <sup>3</sup> /доб.	6000,0	
2	Контактні освітлювачі	м <sup>3</sup> /доб.	13200,0	
3	Горизонтальні відстійники	м <sup>3</sup> /доб.	5200,0	
4	Швидкі фільтри	м <sup>3</sup> /доб.	5600,0	
5	Піскоуловлювач	м <sup>3</sup> /год.	1250,0	
6	Резервуари збирання вод відстійників	м <sup>3</sup>		6000,0
7	Резервуар-усереднювач	м <sup>3</sup>		2520,0
8	Відстійник-освітлювач	м <sup>3</sup>		1500,0
9	Блок мікрофільтрації	м <sup>3</sup> /доб.	30000,0	
10	Блок ультрафільтрації	м <sup>3</sup> /доб.	30000,0	
11	Резервуар насосної станції доочищення	м <sup>3</sup>		250,0
12	Резервуар насосної станції осаду	м <sup>3</sup>		350
13	Насосна станція осаду	м <sup>3</sup> /доб.	700,0	
14	Споруди механічного зневоднення осаду	м <sup>3</sup> /доб.	350,0	
15	Резервуари очищених технологічних вод	м <sup>3</sup> /доб.	26000,0	

### 2.3 Принцип роботи існуючих очисних споруд

Основними спорудами на існуючій очисній станції підготовки природної води є мікрофільтри, контактні освітлювачі, горизонтальні відстійники та швидкі фільтри. Експлуатація цих споруд супроводжується виникненням

значної кількості забруднених технологічних вод, яка потребує додаткового очищення та повернення до системи водопостачання.

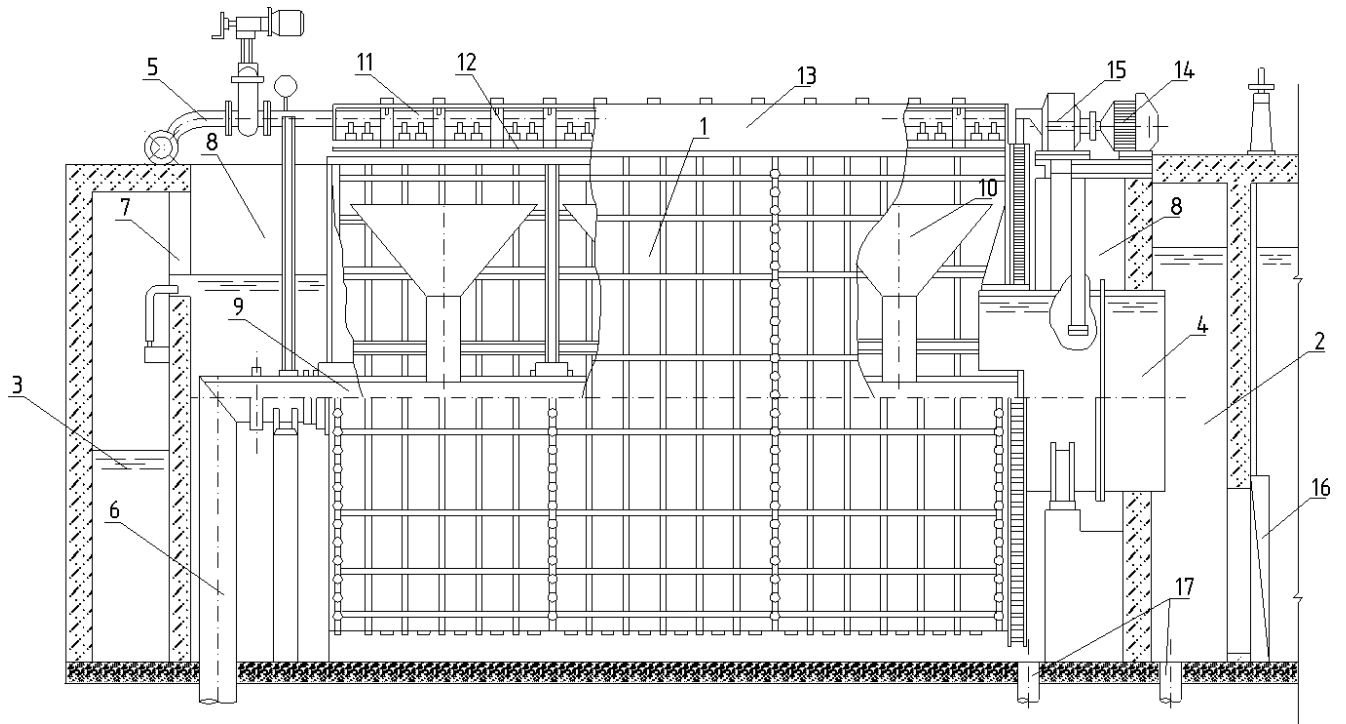
### 2.3.1 Мікрофільтр

Мікрофільтри успішно використовуються для затримання планктону, який міститься у воді поверхневих джерел, - особливо в періоди цвітіння водотоків.

Мікрофільтр представляє собою барабан у вигляді металевого каркасу, вкритого по циліндричній поверхні фільтруючими елементами з підтримуючих та робочих сіток з неіржавіючої сталі. Схема обладнання мікрофільтра приведена на рис.2.1. Барабан, що обертається (поз.1), розміщений в камері (поз.8) так, що його верхня частина приблизно на третину діаметру виходить над поверхнею води. З каналу подачі (поз.2) вихідна вода надходить по дірчастій трубі (поз.4) усередину барабана та фільтрується скрізь сітку, що обертається. Освітлена вода видаляється з камери по каналу (поз.3). Одночасно здійснюється промивка сітки (в її верхній частині) струменем води з напірного промивного пристрою (поз.11). Усередині барабана під верхньою частиною сітки, яка промивається, встановлений лоток (поз.10) для збору відпрацьованої промивної води. Забруднена промивна вода відводиться по трубі (поз.6).

Інтенсивність фільтрування води 10 - 25 л/(с.м<sup>2</sup>), продуктивність мікрофільтрів 10 - 45 тис.м<sup>3</sup>/доб.

Витрата промивної води становить 1-3% кількості води, яка подається на фільтрацію. Барабан обертається з допомогою електродвигуна.



1 – барабан з фільтруючими елементами; 2 – канал подачі річкової води; 3 – збірний канал фільтрату; 4 – труба підведення річкової води; 5 – подача промивної води; 6 – відведення промивної води; 7 – водозливні вікна; 8 – камера барабанного фільтра; 9 – вал барабана; 10 – лоток для збору промивної води; 11 – промивний пристрій; 12 – бактерицидна лампа; 13 – огороження з оргскла; 14 – електродвигун; 15 – редуктор; 16 – шибер; 17 – труби повного скиду води.

Рис.2.1 – Мікрофільтр. Загальний вигляд

### 2.3.2 Контактний освітлювач

Робота контактних освітлювачів основана на використанні явища контактної коагуляції. Ці споруди використовують для очищення природної води, коли загальний вміст завислих речовин не перевищує 150 мг/л при максимальній кольоровості 150 град.

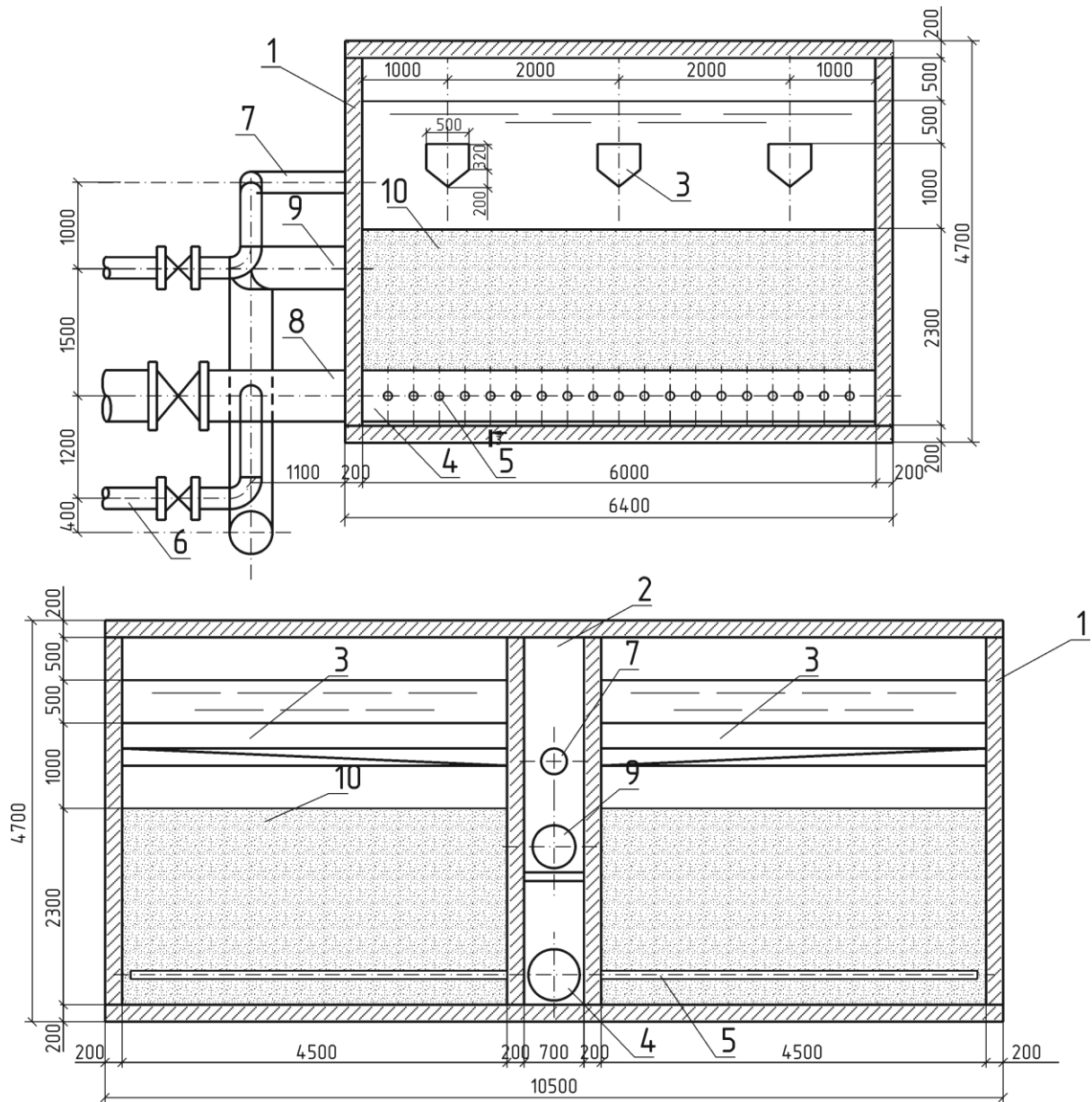
Принцип дії контактних освітлювачів полягає в тому, що на поверхні зерен завантаження при русі води відбувається сорбція на ній колоїдних та завислих речовин. Рух води в контактних освітлювачах проводиться знизу вгору, тому в нижній частині освітлювача, де найкрупніше завантаження, затримується більша частина завислих речовин.

Контактний освітлювач представляє собою залізобетонний резервуар (поз.1), який заповнений шаром піску (поз.10). Річкова вода по трубопроводу (поз.6) подається в колектор трубчатої розподільної системи (поз.4), з допомогою відгалужень (поз.5) рівномірно проходить крізь шар завантаження знизу доверху. Профільтрована вода по жолобам (поз.3) відводиться у збірний канал (поз.2), а потім трубопроводом (поз.7) направляється на знезараження та відводиться в резервуари чистої води.

Промивка контактних освітлювачів здійснюється током води також знизу вгору. В розподільну систему при промивці контактного освітлювача подається промивна вода (поз.8), яка збирається жолобами та відводиться трубопроводом (поз.9) до каналізаційного скиду.

Кількість промивної води від одного контактного освітлювача залежить від:

- корисної продуктивності станції очистки води,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ;
- тривалості роботи станції протягом доби, год.;
- розрахункової швидкості фільтрування при нормальному режимі,  $\text{м}/\text{год.}$ ;
- кількості промивок одного освітлювача за добу при нормальному режимі;
- питомої витрати води на одну промивку одного освітлювача,  $\text{м}^3/\text{м}^2$ ;
- часу простою контактного освітлювача у зв'язку з промивкою, год.;
- тривалості скиду першого фільтрату, хв.;
- інтенсивності подачі води,  $\text{л}/(\text{с}\cdot\text{м}^2)$ ;
- тривалості промивки, хв.



1 – залізобетонний резервуар; 2 – центральний канал; 3 – жолоб для відведення забрудненої промивної води; 4 – колектор розподільної дренажної системи; 5 – відгалуження розподільної системи; 6 – подача води на освітлення; 7 – відведення очищеної води; 8 – подача промивної води; 9 – відведення забрудненої промивної води; 10 – фільтруюча загрузка.

Рис.2.2 – Контактний освітлювач. Загальний вигляд

### 2.3.3 Горизонтальний відстійник

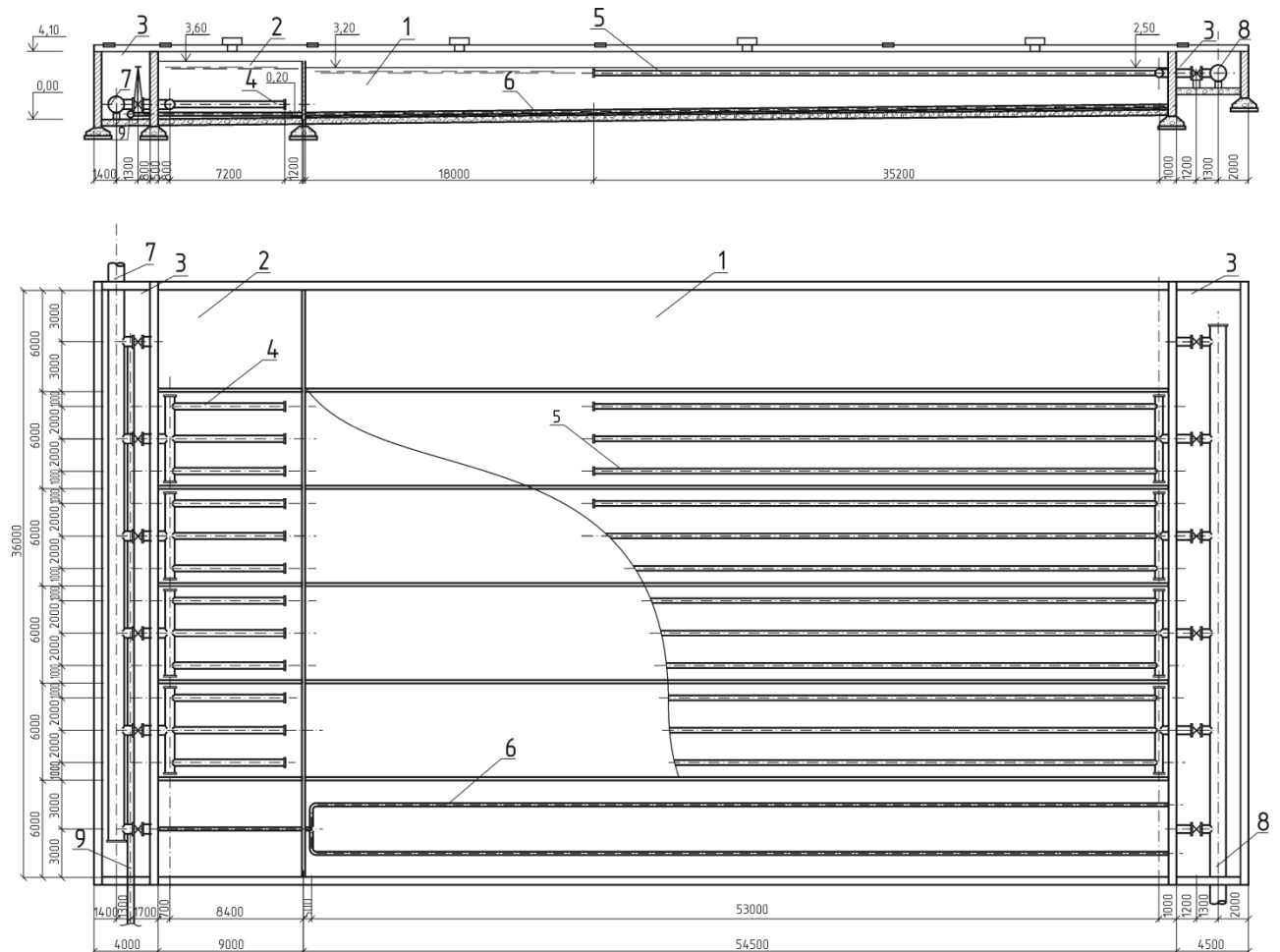
Відстійники використовуються для виділення з води завислих речовин перед подаванням її на другу ступінь освітлення – фільтри. Загальний вигляд горизонтальних відстійників існуючої очисної станції приведений на рис.2.3.

Горизонтальний відстійник представляє собою прямокутний залізобетонний резервуар (поз.1), який об'єднаний з камерою пластівцеутворення (поз.2) гідравлічного типу. Річкова вода після обробки коагулянтном подається по трубопроводу (поз.7) до розподільної системи (поз.4). В камері внаслідок зменшення швидкості води утворюються пластівці зкоагульованих завислих речовин, які агломеруються та збільшуються при переміщенні води вгору. У горизонтальному відстійнику розрізняють дві зони: зону осідання завислих речовин та зону накопичення і ущільнення осаду. Середня висота зони осідання становить 3,0-3,5 м в залежності від висотної схеми очисної станції. Вода надходить у відстійник з торцевого боку, збір освітленої води здійснюється системою горизонтально розташованих дірчастих труб (поз.5). Для гідравлічного видалення осаду передбачена збірна система з дірчастих труб (поз.6), яка забезпечує видалення його протягом 20-30 хв. Освітлена вода трубопроводом (поз.8) подається на фільтрацію. На трубопроводах для підведення води на очистку та відведення освітленої води, а також для періодичного видалення осаду встановлюються засувки в окремих камерах (поз.3).

Кількість води, що скидається з відстійника разом з осадом, залежить від:

- розрахункової витрати води,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;
- коефіцієнта розбавлення;
- періоду роботи відстійника між скидами осаду, год.;
- концентрації завислих речовин у воді, які потрапляють у відстійник,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;
- каламутності води, яка виходить з відстійника,  $\text{г}/\text{м}^3$ ;

– середньої по всій висоті осадової частини концентрації твердої фази осаду,  $\text{г/м}^3$ .



1 – залізобетонний резервуар відстійника; 2 – камера пластівцеутворення; 3 – камера управління засувками; 4 – розподільна система камери пластівцеутворення; 5 – система видалення освітленої води; 6 – система видалення осаду; 7 – подача води на освітлення; 8 – відведення освітленої води; 9 – трубопровід відведення осаду.

Рис.2.3 – Горизонтальний відстійник. Загальний вигляд

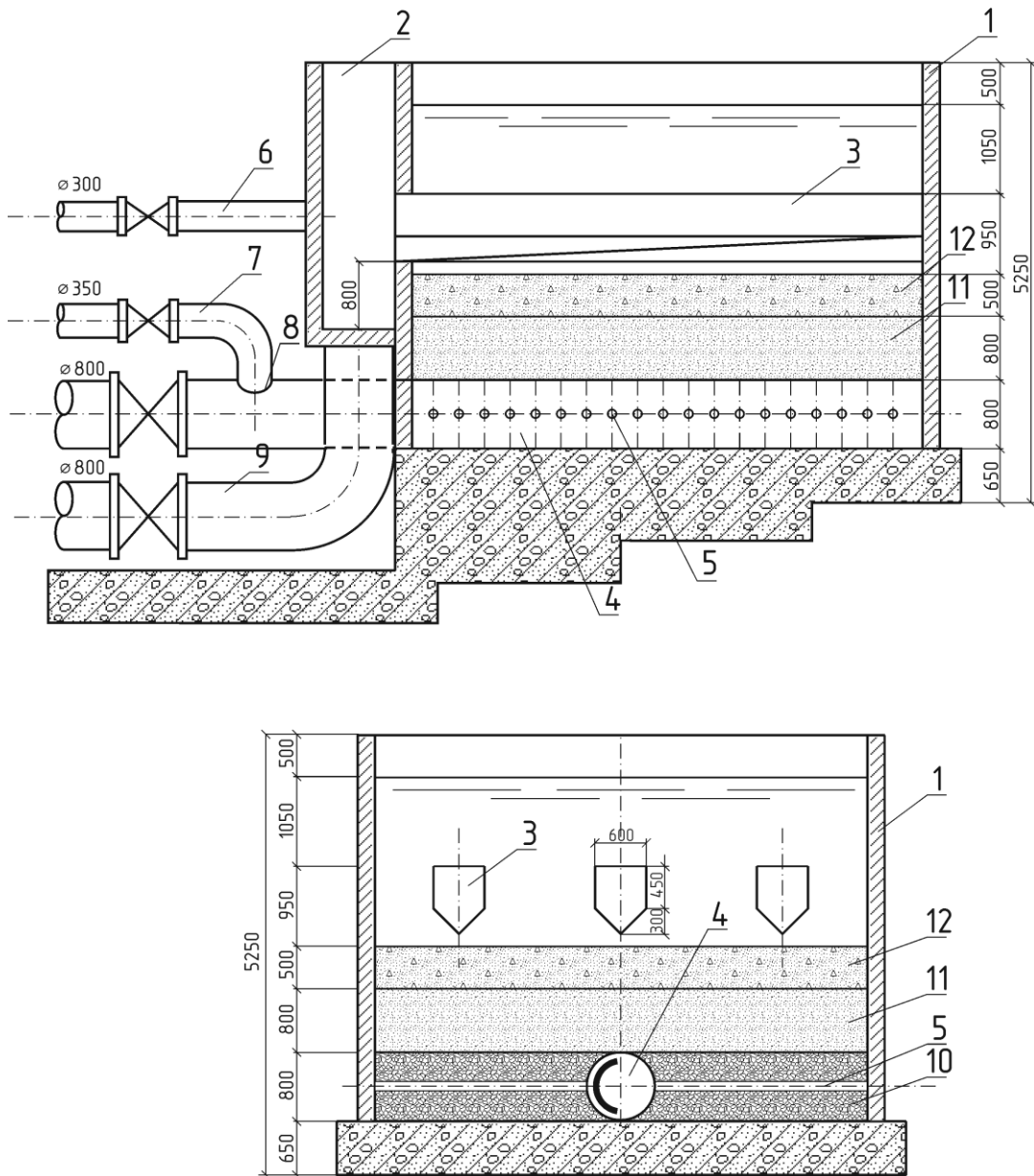
### 2.3.4 Швидкий фільтр

На існуючій очисній станції прийняті швидкі фільтри з двошаровою загрузкою. Загальний вигляд такого фільтру наданий на рис.2.4.

Швидкий фільтр представляє собою залізобетонний резервуар (поз.1), в якому верхній шар висотою 0,5 м складається з зерен дробленого антрациту крупністю 0,8...1,8 мм (поз.12), а нижній шар висотою 0,8 м – з зерен піску крупністю 0,5...1,2 мм (поз.11). Вода з відстійника надходить по трубопроводу (поз.6) та фільтрується зверху вниз, спочатку проходить більш крупні зерна, а потім більш дрібні. В результаті цього затримані фільтром завислі речовини проникають на більшу глибину, і ступінь використання об'єму фільтруючого завантаження зростає. Вихідна вода подається на фільтр по жолобам (поз.3), які розташовані над фільтруючою загрузкою. Профільтрована вода збирається через отвори у відгалуженнях розподільної системи (поз.5) та трубопроводом (поз.7) відводиться до резервуару чистої води.

В процесі фільтрації засмічується зерниста загрузка та збільшується втрата напору в фільтрі. Коли ця втрата досягає гранично допустимого значення, фільтр вимикається з дії та проводиться відновлення фільтруючої спроможності завантаження шляхом промивки його у висхідному потоці води. Тобто фільтр промивається зворотнім током очищеної води з подачею її знизу фільтруючої загрузки. Промивна вода під напором по трубопроводу (поз.8) подається в дренажний пристрій (поз.4), а з нього через розподільну систему надходить в загрузку. Нижня частина фільтра завантажена підтримуючим шаром гравію (поз.10) з зернами крупністю 2-40 мм і товщиною 0,6 м. Забруднена вода при промивці швидких фільтрів збирається та відводиться по жолобам. При відведенні промивної води від фільтра збірний канал (поз.2) запобігає створенню підпору на виході води з жолобів. Забруднена промивна вода відводиться трубопроводом (поз.9) до каналізаційного скиду.





1 – залізобетонний резервуар; 2 – збірний канал; 3 – жолоб; 4 – колектор розподільної дренажної системи; 5 – відгалуження дренажної системи; 6 – подача води на освітлення; 7 – відведення очищеної води; 8 – подача промивної води;  
 9 – відведення забрудненої промивної води; 10 – підтримуючий шар гравію; 11 – шар кварцового піску; 12 – шар антрациту.

Рис.2.4 – Швидкий фільтр. Загальний вигляд

Кількість промивної води від одного швидкого фільтра залежить від:

- корисної продуктивності станції очистки води, м<sup>3</sup>/доб;
- тривалості роботи станції протягом доби, год.;
- розрахункової швидкості фільтрування при нормальному режимі, м/год.;
- кількості промивок одного фільтра за добу при нормальному режимі;
- питомої витрати води на одну промивку одного фільтра, м<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>;
- часу простою фільтра у зв'язку з промивкою, год.;
- інтенсивності промивки, л/(с·м<sup>2</sup>);
- тривалості промивки, хв.

За виробничими даними існуючої очисної станції середньодобова витрата промивних вод від основних споруд становить:

- вода від мікрофільтрів – 6,0 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- вода від контактних освітлювачів – 13,2 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- вода від горизонтальних відстійників – 5,2 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- вода від швидких фільтрів – 5,6 тис.м<sup>3</sup>/доб;
- загальна потужність проектних очисних споруд – 30,0 тис.м<sup>3</sup>/доб.

## 2.4 Розробка заходів з реконструкції очисних споруд

### 2.4.1 Розробка технологічної схеми очистки промивних вод

Запропонована до розробки технологічна схема очистки промивної води після реконструкції очисної станції представлена в графічній частині проекту (лист 2) та функціонує наступним чином.

Технологічні води мікрофільтрів (поз.МФ), контактних освітлювачів (поз.КО), горизонтальних відстійників (поз.В1, В2) та швидких фільтрів (поз.ШФ) самопливними трубопроводами надходять до блоку видалення піску (поз.БП), де встановлені піскоуловлювачі. Пісок, що затримався, надходить на

відмивку та подальше повторне використання в якості фільтруючого матеріалу. Очищена від піску вода подається до резервуарів-усереднювачів (поз.Р2). Оброблена вода надходить до відстійників-освітлювачів (поз.ВО), де обробляється флокулянтами, в яких проходить процес седиментації пластівців і освітлення води. Потім освітлена вода через бустерну насосну станцію (поз.Н2) подається для фільтрації в системи мембранного доочищення мікро- та ультрафільтрації (поз.БМ та БУ). Ущільнений у відстійниках осад збирається в резервуарі (поз.Р7), з якого

половина осаду (50%) насосами (поз.Н3) повертається в резервуари-усереднювачі для рециркуляції. Друга половина осаду (50%) з резервуару насосами подається до цеху механічного зневоднення (поз.ЦЗ), в якому встановлені декантери. Перед зневодненням на декантерах осад обов'язково обробляється флокулянтами (поз.УФ1, УФ2). Зневоднений осад підлягає утилізації у вигляді твердих промислових відходів.

Проектом пропонуються наступні варіанти використання очищеної води: якщо функціонує система доочищення води у блоках мікро- та ультрафільтрації, то очищена вода подається в резервуар очищених технологічних вод (поз.Р6) без обробки на основних технологічних спорудах і далі насосами (поз.Н4) до споживача. Якщо доочищення води не функціонує, то очищена вода повертається на повторне використання в якості технічної води для власних потреб очисної станції.

#### 2.4.2 Розрахунок основних споруд для очистки промивних вод

##### Піскоуловлювач.

Перед тим, як потрапити в резервуари-усереднювачі, технологічні води проходять через блок видалення піску, в якому розміщені два піскоуловлювача. Обидва можуть знаходитися в роботі одночасно або роздільно, в залежності від

навантаження на них та від умов експлуатації. Конструктивно прийняті тангенціальні піскоуловлювачі [6] із зоною зміни швидкісного режиму руху рідини для осадження піску як споруди, які мають мінімальні геометричні розміри, що обумовлено дефіцитом вільної території на існуючій очисній станції.

Розрахункова витрата промивної води, яка надходить в піскоуловлювач, становить (згідно балансової схеми)  $Q_{\text{піс}} = 30000 \text{ м}^3/\text{доб} = 1250 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Площа кожного відділення піскоуловлювача в плані:

$$F_{\text{п}} = Q_{\text{піс}} / q_0, \quad (2.1)$$

де  $q_0$  – навантаження на піскоуловлювач по воді,  $\text{м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ , яке чисельно дорівнює гідравлічній крупності піску розрахункового діаметра  $U_0$ , вираженій в  $\text{м}/\text{год}$ , тобто  $q_0 = U_0 = 27,7 \text{ мм}/\text{с} = 99,52 \text{ м}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{год})$ .

$$F_{\text{п}} = 1250 / 99,52 = 12,56 \text{ м}^2.$$

Діаметр кожного відділення піскоуловлювача визначається за формулою:

$$D = \sqrt{4 \cdot F_{\text{п}} / \pi}, \quad (2.2)$$

$$D = \sqrt{4 \cdot 12,56 / 3,14} = 4,0 \text{ м}.$$

Глибина вертикальної частини піскоуловлювача визначається за формулою [6]:

$$h_1 = D/2; \quad (2.3)$$

$$h_1 = 4,0/2 = 2,0 \text{ м}.$$

Висота конусної основи для накопичування осаду:

$$h_2 = \sqrt{D^2 - h_1^2}; \quad (2.4)$$

$$h_2 = \sqrt{4,0^2 - 2,0^2} = 3,5 \text{ м.}$$

Об'єм конусної частини визначається за формулою:

$$V_{\text{кон}} = \pi \cdot D^2 \cdot h_2 / (3 \cdot 4); \quad (2.5)$$

$$V_{\text{кон}} = 3,14 \cdot 4,0^2 \cdot 3,5 / (3 \cdot 4) = 14,5 \text{ м}^3.$$

Конструкція піскоуловлювача дає можливість затримувати пісок, відмивати його і подавати на фракціонування. Видалення піску з піскоуловлювача здійснюється гідромеханічним способом. Розрахунковий винос піску залежно від умов промивання становить 1 м<sup>3</sup>/доб. Для відмивання піску застосовується класифікатор, де пісок відчищається від забруднень і продуктів коагуляційно-флокуляційної обробки. Після відмивання пісок вивозиться на існуючий пісковий майданчик для підсушування та фракціонування, а в подальшому використовується як фільтруюче завантаження. План та розрізи будівлі блоку видалення піску з розміщенням піскоуловлювачів представлений в графічній частині проекту (лист 4).

Резервуар-усереднювач.

Резервуар-усереднювач призначений для збирання очищених від піску промивних вод мікрофільтрів, контактних освітлювачів, горизонтальних відстійників та швидких фільтрів. Крім основних видів технологічних вод, в резервуари-усереднювачі потрапляють всі технологічні стічні води безпосередньо з блоку очищення технологічних вод, а саме рециркуляційний

об'єм осаду, фугат після зневоднення, рециркуляційна вода та зворотна вода. В роботі постійно знаходиться один резервуар, в який надходять промивні води швидких фільтрів, контактних освітлювачів та мікрофільтрів. Другий резервуар включається в роботу при скиданні осаду горизонтальних відстійників, при цьому весь обсяг технологічних вод рівномірно розподіляється між двома резервуарами. Загальна витрата промивних вод з урахуванням рециркуляції осаду (за балансовою схемою) становить  $q_{\text{заг}} = 30000,0 + 350 = 30350 \text{ м}^3/\text{доб} = 1265,0 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Для мінімізації геометричних розмірів резервуарів-усереднювачів загальний скид промивної води з очисних споруд здійснюється протягом 4 годин.

Загальний об'єм резервуарів-усереднювачів визначається за формулою:

$$V = q_{\text{заг}} \cdot t_3 / n, \quad (2.6)$$

де  $t_3$  – загальна тривалість скиду промивних вод з існуючих очисних споруд, год;

за даними виробництва  $t_3 = 4$  год.;

$n$  – кількість резервуарів-усереднювачів, од.; прийнято  $n = 2$  од.

$$V = 1265,0 \cdot 4 / 2 = 2520 \text{ м}^3.$$

Перемішування води здійснюється механічною мішалкою. Прийняті резервуари робочим об'ємом  $2520 \text{ м}^3$  з розмірами: ширина 21,0 м; довжина 30,0 м. Рівень води в резервуарах становить 4,0 м. План та розрізи резервуара-усереднювача представлений в графічній частині проекту (лист 5).

Радіальний відстійник.

Відстійник представляє собою круглий резервуар, вода в якому рухається від центру до периферії. Осад згрібається до центра днища скребками, які

закріплені на рухомій фермі, та надходить в приямок, з якого під гідростатичним тиском видаляється в збірний резервуар.

З урахуванням продуктивності блоку очистки промивних вод (30,0 тис.м<sup>3</sup>/доб) та вимог до будівництва прийняті до розрахунку радіальні відстійники.

Винос завислих речовин з відстійника визначається за формулою:

$$b' = b_{\text{піс}} \cdot (100 - E) / 100, \quad (2.7)$$

де  $b_{\text{піс}}$  – концентрація завислих речовин, які містяться в промивних водах після очистки на піскоуловлювачах, г/м<sup>3</sup>;

$E$  – ефект освітлення, %; приймається  $E = 50\%$  [1, дод.В, табл.В.1].

В піскоуловлювачах затримується 6% від загальної кількості завислих речовин, тоді концентрація їх на виході з піскоуловлювачів становить:

$$b_{\text{піс}} = b_{\text{заг}} - (8 \cdot b_{\text{заг}}) / 100, \quad (2.8)$$

$$b_{\text{піс}} = 180 - (6 \cdot 180) / 100 = 169 \text{ г/м}^3;$$

$$b' = 169 \cdot (100 - 50) / 100 = 85 \text{ г/м}^3.$$

Винос завислих речовин з відстійника, визначений за формулою (2.7), не перевищує допустимого значення (50...100 г/м<sup>3</sup>) в освітлених водах, які подаються на доочищення.

Діаметр відстійника визначається за формулою:

$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot q_{\text{макс}}}{N \cdot k \cdot \pi \cdot (u_o - w)}}, \quad (2.9)$$

де  $q_{\text{макс}}$  – максимальна витрата води, м<sup>3</sup>/с;  $q_{\text{макс}} = 30000 \text{ м}^3/\text{доб} = 0,347 \text{ м}^3/\text{с}$ ;

$N$  – кількість відстійників; приймається  $N = 2$  од.;

$k$  – коефіцієнт використання об'єму відстійника; для радіальних відстійників  $k = 0,45$  [34, п.10.2.4.5];

$u_0$  – умовна гідравлічна крупність, яка відповідає заданому ефекту освітлення в циліндрі, мм/с;

$w$  – вертикальна турбулентна складова швидкості води, мм/с.

Умовна гідравлічна крупність визначається за формулою:

$$u_0 = \frac{H_1}{t_1 \cdot (H_1/h_1)^n}, \quad (2.10)$$

де  $H_1$  – глибина проточної частини відстійника, м;  $H_1 = 4,0 \text{ м} = 4000 \text{ мм}$ ;

$t_1$  – тривалість відстоювання, яка відповідає заданому ефекту очистки та отримана в лабораторному циліндрі, с; інтерполяцією  $t_1 = 1208 \text{ с}$  при  $b_{\text{пнс}} = 169 \text{ г/м}^3$  та ефекті освітлення  $E = 50 \%$  [34, дод.В, табл.В.1];

$h_1$  – висота лабораторного циліндра, мм;  $h_1 = 500 \text{ мм}$  [34, дод.В];

$n$  – коефіцієнт, що залежить від агломерації завислих речовин в процесі осадження; приймається  $n = 0,38$  [34, дод.В, п.В.1.1].

$$u_0 = \frac{4000}{1208 \cdot (4000/500)^{0,38}} = 1,5 \text{ мм/с.}$$

Вертикальна турбулентна складова швидкості руху води:

$$w = 0,05 \cdot v, \quad (2.11)$$

де  $v$  – середня швидкість руху води на половині радіуса, мм/с; приймається

$$v = 5 \text{ мм/с} [34, \text{ п.10.2.4.5}].$$

$$w = 0,05 \cdot 5 = 0,25 \text{ мм/с};$$



$$D = \sqrt{\frac{4 \cdot 1000 \cdot 0,347}{2 \cdot 0,45 \cdot 3,14 \cdot (1,5 - 0,25)}} = 19,8 \text{ м.}$$

Приймаються відстійники діаметром 20 м.

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

$$v_{\phi} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot q_{\text{макс}}}{N \cdot \pi \cdot D \cdot H_1}, \quad (2.12)$$

$$v_{\phi} = \frac{2 \cdot 1000 \cdot 0,347}{2 \cdot 3,14 \cdot 20 \cdot 4,0} = 1,38 \text{ мм/с.}$$

Фактична швидкість не перевищує прийняту середню розрахункову швидкість в проточній частині відстійника ( $v = 5 \text{ мм/с}$ ).

Об'єм зони відстоювання одного відстійника:

$$V_{\text{від}} = \frac{H_1 \cdot q_{\text{макс}}}{10^{-3} \cdot N \cdot k \cdot (u_0 - w)}, \quad (2.13)$$

$$V_{\text{від}} = \frac{4,0 \cdot 0,347}{2 \cdot 0,45 \cdot (1,5 - 0,25) \cdot 10^{-3}} = 616,0 \text{ м}^3.$$

Теоретична тривалість освітлення води при максимальній витраті:

$$t = N \cdot V_{\text{від}} / q_{\text{макс}}, \quad (2.14)$$

$$t = 2 \cdot 616,0 / 0,347 = 3548 \text{ с} = 1,04 \text{ год.}$$

Об'єм мулової камери відстійника визначається за формулою:

$$W_{oc} = \frac{b_{inc} \cdot Q \cdot E \cdot T}{(100 - P) \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot N \cdot \rho}, \quad (2.15)$$

де  $Q$  – середня годинна витрата стоків, м<sup>3</sup>/год;  $Q=30000,0/24=1250,0$  м<sup>3</sup>/год;

$E$  – ефект освітлення, %; прийнятий  $E = 50\%$ ;

$T$  – тривалість накопичування осаду, год; при видаленні осаду під гідростатичним тиском  $T = 24$  год [34, п.10.2.4.11];

$P$  – вологість видаленого осаду; приймається  $P = 96\%$  [34, п.10.2.4.12];

$\rho$  – густина осаду;  $\rho = 1,1$  т/м<sup>3</sup>.

$$W_{oc} = \frac{169 \cdot 1250,0 \cdot 50 \cdot 24}{(100 - 96) \cdot 1000 \cdot 1000 \cdot 2 \cdot 1,1} = 28,8 \text{ м}^3.$$

Загальна висота відстійника визначається за формулою:

$$H_{заг} = H_1 + H_2 + H_3 + H_4, \quad (2.16)$$

де  $H_2$  – висота зони накопичування осаду біля зовнішньої стінки відстійника, м; приймається  $H_2 = 0,5$  м [34, п.10.2.4.8];

$H_3$  – перевищення борту відстійника над кромкою збірною кільцевого водозливу, м; приймається  $H_3 = 0,5$  м [34, п.10.2.4.8];

$H_4$  – максимальна висота приямку, м; прийнято  $H_4 = 1,5$  м.

$$H_{заг} = 4,0 + 0,5 + 0,5 + 1,5 = 6,5 \text{ м.}$$

Максимальна секундна витрата стічних вод на один відстійник:

$$q_{макс1} = q_{макс} / N, \quad (2.17)$$

$$q_{макс1} = 0,347 / 2 = 0,17 \text{ м}^3/\text{с} = 170 \text{ л/с.}$$

Для даної витрати при швидкості  $v \approx 1,3$  м/с діаметр трубопроводів, які підводять і відводять стічну воду для одного відстійника  $d = 400$  мм.

Фактична швидкість руху води в трубопроводах:

$$v_{\phi} = 4 \cdot q_{\text{макс1}} / (\pi \cdot d^2), \quad (2.18)$$

$$v_{\phi} = 4 \cdot 0,17 / (3,14 \cdot 0,4^2) = 1,33 \text{ м/с.}$$

Ширина прямокутного збірного кільцевого лотка дорівнює  $b_{\text{л}} = 0,5$  м, а ухил його  $i = 0,001$  [34]. В кінці кожного півкільця лотка витрата води становить:

$$q_{\text{л}} = q_{\text{макс1}} / 2, \quad (2.19)$$

$$q_{\text{л}} = 0,17 / 2 = 0,09 \text{ м}^3/\text{с.}$$

При вільному зливі води в кінці кожного півкільця лотка буде встановлюватися критична глибина води:

$$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{q_{\text{л}}^2 / (g \cdot b_{\text{л}}^2)}, \quad (2.20)$$

$$h_{\text{кр}} = \sqrt[3]{0,09^2 / (9,81 \cdot 0,5^2)} = 0,15 \text{ м.}$$

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

$$h_{\text{поч}} = h_{\text{кр}} \cdot \sqrt{3}, \quad (2.21)$$

$$h_{\text{поч}} = 0,15 \cdot \sqrt{3} = 0,25 \text{ м.}$$

Випуск осаду проводиться 1 раз за добу, тому об'єм осаду з 1 відстійника  $W_{\text{ос}} = 28,8 \text{ м}^3$  (за формулою (2.15)). Швидкість руху осаду в трубопроводі – не менше 1,1 м/с. Для виключення засмічування трубопроводу  $d_{\text{ос}} = 0,2 \text{ м}$  [34, п.10.2.4.10].

При швидкості  $v_{\text{ос}} = 1,1 \text{ м/с}$  витрата осаду по трубопроводу становить:

$$q_{\text{ос}} = \pi \cdot d_{\text{ос}}^2 \cdot v_{\text{ос}} / 4, \quad (2.22)$$

$$q_{\text{ос}} = 3,14 \cdot 0,2^2 \cdot 1,1 / 4 = 0,035 \text{ м}^3/\text{с.}$$

Тривалість вивантаження осаду визначається за формулою:

$$t_{\text{ос}} = W_{\text{ос}} / q_{\text{ос}}, \quad (2.23)$$

$$t_{\text{ос}} = 28,8 / 0,035 = 835 \text{ с} \approx 14 \text{ хв.}$$

Для забезпечення швидкості руху осаду в трубопроводі  $v_{\text{ос}} = 1,1 \text{ м/с}$  встановлюється відповідний перепад між рівнем води у відстійнику та центром труби в муловому колодязі з урахуванням втрат напору в трубі.

Освітлена вода через системи переливу збирається в резервуарі освітленої води, з якого насосами подається до блоку мікро- та ультрафільтрації.

Технологічні процеси освітлення у відстійнику (утворення пластівців забруднень і їхня седиментація) відбуваються завдяки застосуванню флокулянтів як основного методу інтенсифікації роботи гравітаційних відстійників. Весь об'єм технологічних вод перед подачею у відстійники обробляється розчином флокулянту. Розміщення радіальних відстійників, устаткування для приготування та дозування розчину флокулянту, а також насосів-дозаторів показане в графічній частині проекту (лист 6).

Блок мікро- та ультрафільтрації.

Система тонкого фільтрування на мембранних модулях здійснює мікрофільтрацію води скрізь порожнисті волокна, які дають можливість затримувати нерозчинні сполуки, не змінюючи складу вихідної води. В склад системи входять фільтри попереднього очищення, насоси подачі освітленої води,

Промивні насоси, промивні хімічні насоси, а також блок керування та автоматизації. Обладнання мембранного фільтрування виконує фінішне видалення з обробленої технологічної води залишків колоїдних та розчинених забруднень. Присутність залишкового алюмінію є основним забруднюючим фактором для довкілля. Фільтрування у дві стадії (мікрофільтрування та ультрафільтрування) забезпечує вміст в освітленій воді залишкового алюмінію на рівні не більше  $0,2 \text{ мг/дм}^3$ . Після мембранного фільтрування очищена вода надходить в резервуар очищених технологічних вод і далі до споживача. Розташування основного обладнання блоку мікро- та ультрафільтрації приведено в графічній частині проекту (лист б).

Механічне зневоднення осаду.

Попередньо ущільнений осад з приямків радіальних відстійників самопливними трубопроводами подається до резервуару збирання осаду. В резервуарі накопичується осад, тим самим забезпечується рівномірна робота обладнання механічного зневоднення і системи рециркуляції осаду. Нерівномірність утворення осаду залежить від режиму зливання відстійників та режиму коагуляції. З резервуару половина осаду об'ємом  $350 \text{ м}^3/\text{доб}$  насосами подається до цеху механічного зневоднення, і також половина осаду надходить до резервуарів-усереднювачів (рециркуляція осаду). Основним обладнанням цеху механічного зневоднення є центрипреси (декантери), які укомплектовані системами загрузки та вигрузки, шнековими транспортерами. Перед подачею осаду в декантери здійснюється введення флокулянтів насосами-дозаторами. Після зневоднення осад шнековими транспортерами подається на утилізацію.

Фугат після механічного зневоднення самопливним трубопроводом подається в систему резервуарів-усереднювачів. Розташування обладнання цеху механічного зневоднення представлено в графічній частині проекту (лист 6).

Насосні станції подачі очищеної води та осаду.

Насосні станції подачі очищеної води та подачі осаду розташовані в будівлі блоку обробки технологічної води на позначках -10,3 та -11,3 м. (лист 6). Плани та розрізи насосних станцій також надані в графічній частині проекту (лист 7).

Насосна станція подачі очищеної води перекачує промивну воду з резервуару очищених промивних вод об'ємом  $300 \text{ м}^3$  в голову очисних споруд. За ступенем надійності подачі води дана насосна станція відноситься до II категорії.

В машинному залі насосної станції води розміщуються агрегати марки ПЛ200/330-55/4 продуктивністю  $Q = 350 \text{ м}^3/\text{год}$  з напором  $H = 30 \text{ м}$  (4 робочих, 2 резервних), для забезпечення нормальної роботи яких обладнується ряд допоміжних систем: система всмоктувальних і напірних трубопроводів з необхідною арматурою; системи запуску насосів, електропостачання, автоматики, управління, контролю та інші допоміжні системи.

Насосна станція осаду обладнана шнековими насосами марки ВТQ 17-6LS продуктивністю  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$  з напором  $H = 15 \text{ м}$  (2 робочих, 1 резервний), які подають осад з резервуару об'ємом  $250 \text{ м}^3$  до цеху механічного зневоднення.

#### 2.4.3 Еколого-економічне обґрунтування заходів з реконструкції

Реалізація запропонованої безстічної схеми очистки технологічних вод від промивки мікрофільтрів, контактних освітлювачів, горизонтальних

відстійників та швидких фільтрів мінімізує об'єм стоків, що скидаються в основній технологічній схемі водопідготовки.

Для очистки природної води господарсько-питного призначення застосовуються реагенти, тому утворюються значні кількості технологічних осадів. Використання для обробки таких осадів спеціальних майданчиків наносить матеріальний і соціальний збиток, а також створює антисанітарні умови поблизу населених пунктів і погіршує якість вихідної води. Основними компонентами осадів є продукти гідролізу коагулянту у поєднанні з мінеральними і органічними речовинами, що містяться у вихідній воді. Споруди механічного зневоднення забезпечують зниження вологості осаду з 96% до 85%, зменшення об'єму осаду у 18-20 разів. Це дозволяє ефективно утилізувати осад та зменшити навантаження на довкілля.

Ультрафільтрація дає можливість споживати воду з дуже низьким вмістом завислих і колоїдних речовин. При цьому скорочується доза хлору на вторинному хлоруванні. Використання систем мікро- та ультрафільтрації максимально скорочує безповоротні втрати води, забезпечує створення мінімум виробничих відходів.

Повторне використання очищених технологічних вод зменшує навантаження на загальну систему каналізації, запобігає забрудненню довкілля та замулюванню джерела водопостачання.

Запроектована технологічна схема значно зменшує експлуатаційні витрати очисної станції після реконструкції.

## РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

### 3.1 Загальні вимоги до споруд системи водопостачання

Система водопостачання населеного пункту та промислових підприємств включає в себе складні споруди, машини та апарати, до яких відносяться водопровідні мережі з пристроями на них, насосні станції та очисні споруди. В цих об'єктах відбуваються різні механічні, гідравлічні та фізико-хімічні процеси. Оперативний контроль за перебігом цих процесів утруднений їх складністю, швидким перебігом, взаємодією та запізненням інформації про змінення окремих параметрів. До числа основних загальних особливостей системи водопостачання відносяться:

- висока ступінь відповідальності роботи споруд, яка вимагає забезпечення їх надійної безперебійної роботи;
- робота споруд в умовах навантаження, яке постійно змінюється, а також в умовах відсутності складів готової продукції;
- залежність режиму роботи споруд від змінення якості стічної води, що надходить на очистку;
- територіальна віддаленість споруд і необхідність координації їх роботи з одного центру;
- складність технологічного процесу та необхідність забезпечення високої якості обробки води;
- необхідність постійного збільшення продуктивності системи внаслідок зростання населених пунктів та пов'язаного з цим збільшення водоспоживання;
- необхідність забезпечення найбільш економічної роботи насосних агрегатів, які є крупними споживачами електроенергії, що вимагає швидкого змінення кількості працюючих агрегатів залежно від режиму водопостачання;



- необхідність збереження працездатності при аваріях на окремих ділянках системи.

Наведені особливості роботи системи водопостачання показують, що для оптимального управління нею необхідні: наявність кваліфікованого персоналу, створення безпечних умов праці на відкритому повітрі та у виробничих приміщеннях з використанням сучасних засобів автоматичного контролю та управління.

### 3.2 Аналіз потенційних небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на станції очистки промивної води

Схема очистки промивної води наступна. Технологічні води фільтрів, контактних освітлювачів, відстійників та мікрофільтрів направляється до піскоуловлювачів. Пісок, що затримався, подається на відмивку, а потім повторно використовується як фільтруюче завантаження. Очищена від піску вода збирається в резервуарі-усереднювачі, обробляється флокулянтами та надходить у радіальний відстійник. Після освітлення вода насосами подається для доочищення мікрофільтрацією. Осад з радіального відстійника подається на механічне зневоднення. Зневоднення здійснюється декантерами з обов'язковим введенням флокулянтів перед подачею осаду в декантери. Зневоднений осад підлягає утилізації у вигляді твердих промислових відходів.

Піскоуловлювачі, відстійники та резервуари відносяться до ємних споруд. При проведенні в них ремонтних робіт може виникнути небезпека наповнення ємностей водою. Ємні споруди після звільнення їх від води відносять до приміщень особливо сирих і тому особливо небезпечних у відношенні ураження електричним струмом.

Вологість повітря має значний вплив на терморегуляцію організму. Підвищена вологість повітря є несприятливим фактором не тільки в умовах

спеки, але й при заниженій температурі, коли виникає різке збільшення тепловіддачі організму, що створює особливо несприятливі умови для людини.

В основній будівлі блоку обробки технологічної води використовується електрообладнання з напругою до 1000 В і силою струму 200...500 А. Схема постачання електричним струмом – трифазні трипровідні мережі напруги до 1000 В з ізольованою нейтраллю.

Електричний струм представляє значну небезпеку, так як тіло людини є провідником електричного струму. При протіканні крізь організм людини струм може призвести до уражень різного характеру: термічні опіки, механічні розриви тканин, ураження скелету, світлове ураження очей, електролітичне розкладення крові та таке інше. Смертельним для людини є струм вище 0,1 А при частоті 50 Гц.

Робота насосів у приміщеннях насосних станцій супроводжується виникненням постійного шуму (рівень звука шуму змінюється за 8-годинний робочий день не більше ніж на 5 дБА).

Шум має шкідливий вплив на організм людини. При його тривалому впливі знижується гострота слуху, змінюється кров'яний тиск, послаблюється увага, погіршується зір, виникають зміни в центрах дихання, порушується координація руху. Крім того, значно збільшується витрата енергії при однаковому фізичному навантаженні. Інтенсивний шум є причиною порушення роботи серцево-судинної системи та ряду інших порушень в організмі людини. В шумних виробничих приміщеннях найбільш часті випадки травматизму. При звуковому тиску 200 Па та інтенсивності звука  $10 \text{ Вт/м}^2$  виникають болеві відчуття. Допустимий рівень шуму в виробничих приміщеннях становить 65 дБА [35].

Робота насосів також супроводжується виникненням загальної вібрації. Болеві відчуття виникають у людини при коливальній швидкості вібрації 1,0 м/с. Систематичний вплив загальної вібрації при високому рівні віброшвидкості може бути причиною вібраційної хвороби (неврита) – стійких

порушень фізіологічних функцій організму (насамперед центральної нервової системи). Загальна вібрація не повинна перевищувати 92 дБ [36].

В якості підйомно-транспортного обладнання в будівлі блоку обробки технологічної води застосовуються: таль електрична вантажністю 1,0 т висотою підйому 6,0 м, таль електрична вантажністю 2,0 т висотою підйому 9,0 м, електричний мостовий однобалочний кран вантажністю 1,0 т, висотою підйому 12,0 м і прольотом 9,0 м.

Підвищена небезпека, яка виникає при експлуатації підйомно-транспортного обладнання, зумовлена наступними факторами:

- можливістю випадкового наїзду крана або вантажу, який він переміщує, на об'єкти обладнання, встановленого в приміщенні, де працює кран;
- випадковим падінням вантажу;
- травмуванням обслуговуючого персоналу неогородженими частинами механізмів, що рухаються;
- ураженням електричним струмом внаслідок ушкодження ізоляції електричного обладнання крану.

Очисні споруди з'єднані між собою напірними та самопливними трубопроводами, що прокладені під землею, тому арматура на них встановлюється в колодязях або камерах. Враховуються специфічні небезпечні та шкідливі фактори при обслуговуванні трубопроводів:

- загазованість колодязів або камер;
- небезпечність вибуху, опіків, удушення та отруєння працюючих;
- можливість падіння працюючих і удари їх при відкриванні та закриванні кришки люків колодязів і при спусканні в колодязі;
- можливість падіння усіляких предметів у відкриті люки;
- можливість завалювання ґрунту при земляних роботах;
- можливість наїзду транспорту при роботах на вулиці;
- незадовільне освітлення;
- знижена температура повітря в зимовий час.

Причиною травм при роботах в колодязях може явитися недостатня міцність ходових скоб, які втрачають міцність внаслідок корозії металу та бетону; порушення кріплення до стін колодязя, незадовільної обробки при будівництві.

### 3.3 Вимоги до експлуатації насосних станцій

#### 3.3.1 Заходи з поліпшення умов праці

Для покращення умов праці обслуговуючого персоналу на насосних станціях води та осаду передбачаються інженерні та організаційні заходи з техніки безпеки. В якості інженерних передбачені наступні заходи.

Безпека експлуатації підйомно-транспортного обладнання забезпечується:

- встановленням обмежувачів підйому вантажу та ходу візка з вантажем уздовж мосту крану;
- обладнанням підкранових шляхів кінцевими вимикачами;
- застосуванням звукового сигналу для попередження людей про рух крану;
- використанням блокувань, що відключають електрообладнання при раптовому зникненні напруги;
- всі частини вантажопідйомних кранів, що представляють небезпеку при експлуатації, огорожуються.

Зменшення впливу шуму та вібрації на персонал досягається шляхом розміщення насосів з електродвигунами в окремих приміщеннях. Насоси встановлюються на окремих фундаментах з амортизаторами для послаблення вібрації в джерелі її виникнення. Для виключення контакту машиніста з вібруючими насосами застосовуються дистанційне керування та

автоматичний контроль за роботою обладнання.

За необхідності ведення робіт персоналом в приміщеннях вентиляції або машинному залі насосної станції передбачається використання індивідуальних засобів захисту від шуму (протишумових навушників) [37] та вібрації (віброзахисного взуття, рукавиць) [38].

Для поліпшення умов обслуговування насосів, трубопроводів та арматури прийнято:

- ширина проходів між агрегатами 1,0 м; між агрегатами і стіною в заглибленій станції 0,7 м; між нерухомими виступаючими частинами обладнання та трубопроводами 0,7 м;

- сходи для виходу з заглиблених приміщень шириною не менше 0,9 м з кутом нахилу не більше  $45^\circ$ ; для підйому на майданчики обслуговування ширина сходів не менше 0,7 м, кут нахилу не більше  $60^\circ$ ;

- для поодиноких переходів через труби та для підйому до окремих засувок використовуються сходи шириною 0,5 м з кутом нахилу більше  $60^\circ$  або драбини.

Ширина сходів, що з'єднують наземну та заглиблену частину будівлі, – 0,9 м; висота дверей – 2,5 м; ширина дверних проходів – 1,0 м; ширина коридорів – 1,4 м.

Організаційні заходи з техніки безпеки: допуск до роботи осіб не молодше 18 років, що пройшли інструктаж; дотримання технологічних параметрів та інструкцій для запобігання аваріям.

Планування виробничих приміщень, розташування будівлі та транспортних шляхів забезпечує найбільш сприятливі умови для виробничого процесу та праці, а також можливість планомірного розширення станції при рості водоспоживання.

Будівля насосної станції очищеної води є частково заглибленою, тобто підлога розташовується нижче поверхні землі для того, щоб встановлені в ній насоси знаходились під заливом. Заглиблена частина будівлі виконана з монолітного залізобетону для забезпечення її водонепроникності. Заглиблена

частина приміщення сполучається з наземною частиною за допомогою сходів завширшки 1,0 м при куті нахилу  $45^\circ$ . Для переходів над трубами використовуються драбини завширшки 0,5 м та з кутом нахилу  $60^\circ$ .

Висота машинної зали забезпечує відстань між низом вантажу, який переміщується підйомним обладнанням, і верхом встановленого обладнання не менше 0,5 м.

### 3.3.2 Опалення та вентиляція

За тепловою характеристикою основне виробниче приміщення насосної станції відноситься до приміщень з незначними надмірами явної теплоти (не більше  $23 \text{ Дж}/(\text{м}^3 \cdot \text{с})$ ) [39]. Так як основні роботи механізовані та автоматизовані і виконуються персоналом сидячи або стоячи та не вимагають систематичного фізичного напруження або підняття та перенесення важких предметів, то вони відносяться до категорії легкої (категорія 1). Енерговитрати складають менше 72 Вт. Для цієї категорії робіт допустимими параметрами мікроклімату є:

- для холодного та перехідного сезону температура повітря  $20\text{...}23^\circ \text{C}$ , відносна вологість повітря  $40\text{...}60\%$ , швидкість руху повітря не більше  $0,2 \text{ м/с}$ ;

- для теплого сезону температура повітря  $22\text{...}25^\circ \text{C}$ , відносна вологість повітря  $40\text{...}60\%$ , швидкість руху повітря не більш  $0,2 \text{ м/с}$ .

Вказані параметри є оптимальними тому, що при такому їх сполученні забезпечується збереження нормального функціонального й теплового стану організму. Для забезпечення оптимального мікроклімату передбачається центральна система опалення.

В залежності від способу подачі до приміщень свіжого повітря та видалення забрудненого застосовується природна та механічна системи вентиляції. Передбачена приточно-витяжна вентиляція з механічним

спонуканням при 3-кратному обміні повітря на годину [16], яка складається з вентиляторів та повітроводів та забезпечує підтримання постійного повітрообміну незалежно від зовнішніх метеорологічних умов.

Об'єм витяжного повітря при об'ємі машинного відділення  $11 \times 12 \times 5 = 660 \text{ м}^3$  становить  $1980 \text{ м}^3/\text{год}$ .

### 3.3.3 Освітлення

Освітлення в виробничих приміщеннях повинно бути таким, щоб персонал міг без напруження зору виконувати свою роботу. Незадовільне освітлення викликає перевтому організму в цілому, а також може бути причиною травматизму в погано освітлених небезпечних зонах.

В приміщеннях насосних станцій передбачається застосування штучного освітлення. Так як зорова робота пов'язана з загальним наглядом за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей в приміщенні, то розряд зорових робіт VIII б [40]. Для даних робіт мінімальна освітленість при штучному освітленні 50 лк. Для штучного освітлення застосовуються лампи накаливання потужністю до 150 Вт и люмінесцентні лампи ЛБ в світильниках типу ЛДОР потужністю до 80 Вт. Коефіцієнт відбивання стелі  $\rho_{\text{ст}} = 70\%$ , стін  $\rho_{\text{стін}} = 50\%$ , підлоги  $\rho_{\text{п}} = 10\%$ . Всі лампи підвішуються симетрично під перекриттями.

Так як відключення робочого освітлення може викликати тривале порушення технологічного процесу, передбачається обладнання аварійного освітлення не менше 5 лк; для евакуації людей освітленість основних проходів та сходів становить не менше 0,5 лк. Також використовується охоронне освітлення не менше 0,5...1,0 лк на рівні землі в горизонтальній площині.

### 3.4 Вимоги до експлуатації споруд для освітлення води

#### 3.4.1 Вимоги до виконання ремонтних робіт

Перед ремонтом, очисткою і промивкою ємні споруди (піскоуловлювачі, відстійники, резервуари) звільняють від води і ретельно провітрюють. Перед тим як почати роботу в цих спорудах, визначають їх загазованість, використовуючи газоаналізатори (індикатори газу) або лампи типу ЛБВК. При безпосередньому виконанні робіт в ємних спорудах забезпечується приток в них свіжого повітря. Для цього відкриваються люки і лази, а при необхідності застосовується примушена подача повітря ручним або механічним вентилятором. При виконанні ремонтних робіт в ємних спорудах передбачаються заходи, які виключають можливість наповнення ємностей водою: перевірка герметичності закриття засувки; вимикання струму для електрообладнання; розміщення на пускових пристроях, маховиках засувки і в небезпечних місцях попереджувальних знаків.

При проведенні ремонтних робіт в ємних спорудах через підвищену електронезбезпеку освітлення забезпечується переносними акумуляторними ліхтарями або електричними лампами, які підпитуються від трансформатора з вторинною напругою не вище 12 В [40].

Перед спуском в ємні споруди перевіряється наявність, цілість і міцність скоб. При роботі з лебідкою, якщо неможливо відійти в бік від вантажу, що піднімається, заборонено знаходитися всередині споруд та камер, направляти трос на барабан лебідки руками або ногами. Шестерні лебідки закриваються спеціальним кожухом.

Роботи, які пов'язані зі спуском персоналу в споруди та камери, відносяться до розряду небезпечних, тому до них допускається бригада, яка складається не менше чим з трьох чол.: один працює в камері, другий – на поверхні, третій наглядає за працюючими та здійснює їм допомогу на разі



необхідності. Забороняється відволікати на інші роботи спостерігаючого робітника до тих пір, поки працюючий в споруді не вийде на поверхню.

### 3.4.2 Санітарно-побутові та допоміжні приміщення

В наземній частині будівлі блоку обробки технологічної води передбачені приміщення для адміністрації та для експлуатаційного персоналу (чергових, ремонтних бригад), а також комора для зберігання прибирального інвентарю.

Згідно [41] передбачені наступні побутові приміщення: гардеробна - 1; душова - 1; санвузол – 1; кімната приймання їжі - 1. В побутових приміщеннях підлоги виконані з вологостійких матеріалів з неслизькою поверхнею, стіни та перегородки облицьовані вологостійкими матеріалами світлих тонів на висоту 1,8 м. В гардеробній для зберігання різних видів одягу передбачені шафи розміром: глибина 300 мм, висота 1650 мм, ширина 400 мм.

Кількість шаф відповідає штатній кількості працівників. Душова обладнана закритими душовими кабінами розміром 1,5×0,9 м. Вмивальні та душові приміщення виконані з розрахунку на 7 осіб. Передбачаються наступні допоміжні приміщення площею: дозаторна – 28 м<sup>2</sup>; приміщення для зберігання – 10 м<sup>2</sup>, диспетчерська – 18 м<sup>2</sup>; офіс – 36 м<sup>2</sup>.

В приміщеннях блоку обробки технологічної води передбачається застосування в денний час суміщеного освітлення, при якому використовується одночасно природне та штучне світло. Природне освітлення здійснюється крізь прозорі частини стін, які виконані з пустотілих скляних блоків. В побутових і допоміжних приміщеннях використовуються світильники типу ШЛП розсіяного світла і світильники ПЧН-100 на стелі. Освітленість 50...75 лк [40].

### 3.5 Пожежна безпека

Пожежна небезпека на очисній станції обумовлена наявністю в електрообладнанні, яке застосовується, горючих ізоляційних матеріалів. Горючою є ізоляція обмоток електричних машин, трансформаторів, різних електромагнітів (реле, контрольно-вимірювальні прилади). Небезпечною щодо пожежі також є ізоляція проводів ( гума, поліетилен і ін.) і кабелів.

Різного роду лаки та компаунди, ізоляційне (трансформаторне) масло, бітум та ряд інших електроізоляційних і конструкційних матеріалів є горючими та пожежонебезпечними.

Для кожного класу електроізоляційного матеріалу встановлена гранично допустима робоча температура. Теплота, яка виділяється ізолюваними провідниками при проходженні по них електричного струму, викликає підвищення температури. У випадку значних перевантажень провідників і особливо при проходженні струмів короткого замикання КЗ температура ізоляції зростає настільки, що матеріал розкладається з виділенням горючих парів і газів, що дуже часто стає причиною загоряння.

У силових трансформаторах з масляним охолодженням не виключене міжвиткове КЗ, у результаті якого в частині обмотки (витку) виникає настільки великий струм, що ізоляція швидко розкладається з виділенням горючих газів. При відсутності належного захисту, що відключає ушкоджений трансформатор, можливий вибух газової суміші з руйнуванням стінок кожуха та наступним викидом палаючого масла в приміщення.

Робота електродвигунів із перевантаженням або у двофазному режимі тривалий час внаслідок неприпустимого перегріву обмоток також може призвести до загоряння ізоляції їх обмоток. Значну пожежну небезпеку представляють комутаційні апарати відкритого типу, у яких при відключенні струмів виникає небезпечне іскроутворення. Тому рубильники, перемикачі та запобіжники застосовуються закритого виконання.

Джерелом пожежі може бути навіть лампа розжарювання, якщо її потужність не відповідає типу світильника, і внаслідок перегріву контактних з'єднань і проводів можливе загоряння ізоляції.

Згідно класифікації виробництва за вибуховою, вибухо-пожежною та пожежною небезпекою блок обробки технологічної води відноситься до категорії Д [42]. Ступінь вогнестійкості будівлі – III, межа вогнестійкості конструкцій – 3 години [43]. Зовнішні стіни наземної частини будівлі з навісних панелей, протипожежні стіни виконані з неспалимого матеріалу. Плити, перекриття, внутрішні стіни виконані з важкоспалимих матеріалів. Все обладнання вкрито важкоспалимими фарбами та лаками. Електрообладнання захищене неспалимими кожухами.

Для профілактичних протипожежних заходів передбачені:

- обладнання будівлі двома евакуаційними виходами (відстань від найбільш віддаленого робочого місця до евакуаційного виходу становить 12 м);
- обладнання будівлі двома пожежними драбинами завширшки 0,8 м;
- обладнання приміщень засобами сповіщення (телефонний зв'язок, пожежна сигналізація).

В будівлі встановлюються автоматично діючі спринклерні системи для гасіння пожеж. Спринклерна установка – це система труб, прокладених по стелі. Вода в труби потрапляє із водогінної мережі. Спринклерні головки закриті легкоплавкими замками, що розраховані на спрацювання при температурі 72, 93, 141 та 182°C. Площа змочування одним спринклером становить 9...12 м<sup>2</sup>, а інтенсивність подачі води – 0,1 л/с/м. Важлива частина установки – контрольно-сигнальний клапан, який пропускає воду в спринклерну мережу, при цьому одночасно подає звуковий сигнал, контролює тиск води до і після клапана.

Організаційні заходи: навчання всього персоналу прийомам правильного поводження з первинними засобами пожежогасіння, застосування пожежного інструменту та відповідних вогнегасників, інструктаж на робочому місці з протипожежної безпеки.

Для розкриття і розбирання конструкцій і проведення аварійно-рятувальних робіт при гасінні пожежі передбачене використання ручного пожежного інструменту. До нього відносяться гаки, ломи, ножиці для різання металу, арматури тощо. Інструмент розміщується на видному і доступному місці на стендах, щитах.

Згідно [16] передбачене пожежне водопостачання: господарсько-протипожежний водопровід високого тиску для гасіння пожежі протягом 3 годин з витратою води 5 л/с. Внутрішнє протипожежне водопостачання здійснюється пожежними кранами, які встановлюються на висоті 1,35 м від підлоги всередині приміщень біля входів, у коридорах, на сходових клітках. Кожний пожежний кран споряджається прогумованим рукавом та пожежним стволом. Довжина рукава – 10 або 20 м. Продуктивність кожного крана не менша, ніж 2,5 л/с. Витрати води на зовнішнє пожежогасіння становить 40 л/с.

Для гасіння пожеж, що виникають, передбачаються вогнегасники: ручні вуглекислотні ОУ-2, ОУ-5 в машинному залі (2 од.), в приміщенні пульту керування (1 од.); хімічні пінні ОХП-8 в побутових приміщеннях в загальній кількості 5 од.

Будівлі очисної станції за необхідністю влаштування блискавкозахисту відносяться до III категорії. Застосовуються стрижневі блискавковідводи.

### 3.6 Електроустаткування

Приміщення блоку обробки технологічної води та насосних станцій за небезпекою ураження людей електричним струмом відноситься до приміщень підвищеної безпеки [44]. Для приміщень з підвищеною небезпекою характерна наявність однієї з наступних умов: сирості; струмопровідних підлог; можливості одночасного доторкання людини до струмопровідних частин, які

мають з'єднання з землею, та до корпусів електрообладнання, які можуть опинитися під напругою при пошкодженні ізоляції.

Основним обладнанням, яке споживає електроенергію, є електродвигуни насосів, що встановлені в основній будівлі, а також насосів подачі очищеної води та осаду. Для запобігання ураження персоналу електричним струмом при експлуатації електроустановок передбачається застосування заземлення, ізоляція струмоведучих частин, застосування огорожувальних приладів. Електродвигуни прийняті в захищеному виконанні, електропроводка – неблокований кабель з гумовою ізоляцією в полівінілхлоридній оболонці.

Відстань до струмоведучих частин від людей та інструментів і приладів, що ними використовуються, залежно від напруги електроустановки становить 2...3,5 м, від механізмів та вантажопідйомних машин в робочому положенні – 2,5...4,5 м.

Підвищена небезпека при роботі з ручними електричними пристроями зумовлена, з одного боку, щільним та тривалим контактом робітників з корпусами приладів, а з другого – схильністю їх до швидкого зносу. Сильні коливання та поштовхи, які часто зустрічаються при роботі з переносними приладами, руйнують їх ізоляцію та приводять до замикання на корпус. Часті переміщення та натягання переносних проводів приводять до руйнації їх ізолюючої оболонки, оголенню струмопровідної жили та ослабленню контакту, в результаті чого оголений провід нерідко торкається корпусу приладу.

В ряді випадків ручні прилади використовують для роботи при наявності вологи, високої температури, струмопровідної підлоги, коли небезпека ураження струмом збільшена.

Основними причинами нещасних випадків при роботі з ручними електричними приладами є:

- доступність струмопровідних частин, закриття яких не передбачено конструкцією;
- застосування невідповідного проводу, що швидко зношується;
- відсутність заземлення.

У зв'язку з цим боротьба з нещасними випадками проводиться шляхом використання приладів нових безпечних конструкцій, переносних електроламп і електрифікованого інструменту, а також шляхом постійного надзору за ними в процесі експлуатації. Найбільш дієвою мірою є застосування пониженої напруги.

До роботи з електроінструментом допускаються особи, які мають кваліфікацію не нижче групи II.

Перед початком роботи з електроінструментом перевіряються:

- затяжка гвинтів, кріплення вузлів і деталей електроінструменту;
- стан щіток і колектору;
- стан проводу, цілість ізоляції, відсутність зломів жил;
- справність заземлення.

Таким чином, в результаті застосування заходів з усунення шкідливих та небезпечних факторів, що мають місце на очисній станції, а також застосування обслуговуючим персоналом індивідуальних засобів захисту досягається виконання безпечних умов праці, виключається можливість травматизму та ураження електричним струмом.

## РОЗДІЛ 4 ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНЕ ОБГРУНТУВАННЯ

## 4.1 Планування додаткових капітальних витрат

Капітальні вкладення розраховуються з дотриманням технічних рішень по проектуванню станції очистки промивної води помноженням об'ємних показників відповідних елементів на їх питомі вартості. Вартість установки і монтажу нового обладнання приймається в розмірі 30% його вартості, а вартість монтажу комунікацій – в розмірі 15% вартості комунікацій. Накладні витрати спеціалізованої організації, яка здійснює монтаж – 25% вартості встановленого обладнання.

Таблиця 4.1 - Капітальні вкладення

№ з/п	Показник	Сума, тис.грн.	
		Будівлі та споруди	Обладнання
1	Резервуари-усереднювачі	9979,60	6892,78
2	Піскоуловлювачі	41242,9248	18759,84
3	Відстійники	53166,96	28575,36
4	Блок обробки піску	21705,55	10751,05
5	Блок обробки осаду	28303,44	18759,84
6	Насосні станції піску та осаду	51849,60	36816,12
7	Блок мікро- та ультрафільтрації	35343,36	16336,32
8	Блок виробничих та побутових приміщень	46196,30	13535,28
9	Комунікації	32402,44	20539,20
10	Монтаж нового обладнання		45127,98
11	Монтаж комунікацій		4860,37
12	Накладні витрати спеціалізованим організаціям		37606,65
	Разом	320190,17	258560,77
	Всього капітальних затрат	578750,94	

## 4.2 Планування поточних витрат

Річні поточні витрати визначаються за формулою:

$$B = \sum_{i=1}^n C_i, \quad (4.1)$$

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

$$\sum_{i=1}^n C_i = C_M + C_T + C_e + C_{\text{осн}} + C_{\text{дод}} + C_{\text{сс}} + C_{\text{вусо}} + C_{\text{заг}} + C_{\text{ін}} - C_{\text{пр}} - C_{\text{зв}}, \quad (4.2)$$

де  $C_M$  – витрати на сировину і матеріали;

$C_T$  – витрати на паливо на технологічні цілі;

$C_e$  – витрати на електроенергію на виробничі потреби;

$C_{\text{осн}}$  – основна заробітна плата виробничих працівників;

$C_{\text{дод}}$  – додаткова заробітна плата виробничих працівників;

$C_{\text{сс}}$  – відрахування на соціальне страхування;

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

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

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

$C_{\text{пр}}$  – попутна продукція;

$C_{\text{зв}}$  – зворотні витрати.

### 4.2.1 Витрати на сировину і матеріали (реагенти)

Вартість матеріалу складається з: відпускної вартості матеріалу, вартості завантажувально-розвантажувальних робіт, транспортних витрат, вартості тари.

Вартість матеріалів приймається з урахуванням перевезення матеріалів автотранспортом. Питомі витрати прийняті за [16].



Вартість матеріалів, які витрачаються за рік:

$$C_m = Q \cdot m_{\text{пит}} \cdot \text{Ц}, \quad (4.3)$$

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

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

$\text{Ц}$  – вартість 1 т матеріалу, грн./т.

Річна виробнича потужність визначається за формулою:

$$Q = N \cdot T, \quad (4.4)$$

де  $N$  – технічна норма продуктивності основного агрегату,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ; за матбалансом, представленим в графічній частині проекту (лист 3),

$$N = 30000 \text{ м}^3/\text{доб} = 1250 \text{ м}^3/\text{год};$$

$T$  – річний фонд фактичного часу роботи станції, діб;  $T = 366$  діб.

$$Q = 30000 \cdot 366 = 10980000 \text{ м}^3/\text{рік}.$$

Витрата реагентів визначається за формулою,  $\text{т}/\text{рік}$ :

$$R = r \cdot Q, \quad (4.5)$$

де  $r$  – витрата реагенту на очистку  $1 \text{ м}^3$  промивної води, т.

Для покращення процесу осадження завислих речовин застосовується флокулянт, питома норма витрати якого становить  $m_{\text{пит}} = 0,0003 \text{ кг}/\text{м}^3 = 0,0000003 \text{ т}/\text{м}^3$ .

$$R = 0,0000003 \cdot 10980000 = 3,294 \text{ т}/\text{рік};$$

$$C_m = 10980000 \cdot 0,0000003 \cdot 89000 = 293166 \text{ грн./рік.}$$

#### 4.2.2 Витрати на енергію на технологічні потреби

Основним технологічним обладнанням, яке споживає електроенергію, є насосні агрегати. Витрати електроенергії прямо пропорційні кількості поданої промивної води на очисні споруди і визначаються за питомими витратами.

Основними групами насосних агрегатів в даній технологічній схемі є:

- насоси подачі очищеної промивної води ІЛ200/330-55/4 продуктивністю

$Q = 350 \text{ м}^3/\text{год}$  з напором  $H = 30 \text{ м}$  – 4 шт.;

- насоси подачі осаду на механічне зневоднення ВТQ 17-6LS продуктивністю  $Q = 15 \text{ м}^3/\text{год}$  з напором  $H = 15 \text{ м}$  – 2 шт.

Для виробничої насосної станції при рівномірній подачі стоків однотипними насосами протягом доби річні витрати електроенергії визначаються:

$$E_p = Q_{\text{сер.доб.}} \cdot n \cdot \rho, \quad (4.6)$$

де  $Q_{\text{сер.доб.}}$  – добова витрата води очисної станції на відповідних ділянках технологічного процесу,  $\text{м}^3/\text{доб}$ ; за матеріальним балансом

$$Q_{\text{сер.доб.1}} = 30000,0 \text{ м}^3/\text{доб}; \quad Q_{\text{сер.доб.2}} = 700,0 \text{ м}^3/\text{доб};$$

$n$  – кількість днів роботи насосів за рік, діб;  $n = 366$  діб;

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

Питома витрата електроенергії визначається за формулою:

$$\rho = 0,00273 \cdot H / \eta_1, \quad (4.7)$$

де  $0,00273$  – коефіцієнт питомої витрати електроенергії на підйом  $1 \text{ м}^3$  води на висоту  $1 \text{ м}$ ;

$H$  – висота підйому води, м;  $H_1 = 30,0$  м;  $H_2 = 15,0$  м;

$\eta_1$  – коефіцієнт корисної дії насосів; за характеристикою насосів  $\eta_1 = 0,82$ ,

$$\eta_2 = 0,73 .$$

До загальної величини додається 30% електроенергії, що додатково витрачається на мілкі механізми та інші потреби.

Витрати на електроенергію за рік визначаються за формулою:

$$C_e = E_{p.зaг} \cdot C_e, \quad (4.8)$$

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

$C_e$  – вартість 1 кВт·год, грн.; приймається  $C_e = 3,0$  грн/кВт·год.

Результати розрахунку річних витрат на електроенергію на технологічні потреби представлені в табл.4.2.

Таблиця 4.2 – Розрахунок витрат на електроенергію

Найменування витрат	Число робочих насосів	Режим роботи насосів	Число днів роботи	Питома витрата, кВт·год/м <sup>3</sup>	Витрата води, м <sup>3</sup> /доб	Річна витрата електроенергії, кВт·год за рік	Вартість електроенергії, грн/кВт·год	Річна вартість електроенергії, грн/рік
Насоси подачі води	4	Рівном.	366	0,100	30000	1096661	3,000	3289983
Насоси подачі осаду	2	Рівном.	366	0,056	700	14372	3,000	43115
Разом						1111033	3,000	3333098
Додаткові витрати						333310	3,000	999929
Всього $C_e$						1444343	3,000	4333028

#### 4.2.3 Витрати на заробітну плату виробничих працівників

В дану статтю включаються витрати на основну і додаткову заробітну плату виробничих працівників станції очистки промивної води. Розрахунок фонду заробітної плати виробничих працівників проведений за [45].

Вихідними матеріалами для розрахунку чисельності працівників є дані про продуктивність очисних споруд, протяжність трубопроводів каналізації та нормативи чисельності. Розряд працівників основного виробництва визначається у відповідності з розрядом робіт, які виконуються даною категорією працівників, а кількісний склад робітників визначається переліком робіт основного та допоміжного виробництва.

При плануванні штату робітників враховуються наступні показники:

- явочна чисельність:

$$Ч_{\text{яв}} = A \cdot N_{\text{ч}} \cdot C_{\text{р}}, \quad (4.9)$$

- штатна чисельність:

$$Ч_{\text{шт}} = A \cdot N_{\text{ч}} \cdot (C_{\text{р}} + C_{\text{підм}}), \quad (4.10)$$

- облікова чисельність:

$$Ч_{\text{сп}} = Ч_{\text{шт}} \cdot K_{\text{об}}, \quad (4.11)$$

де  $A$  – кількість однотипного устаткування (споруд), од.;

$N_{\text{ч}}$  – норматив чисельності для обслуговування обладнання, чол/доб;

$C_{\text{р}}$  – кількість робочих бригад, од.; для безперервного режиму  $C_{\text{р}}^{\text{б}} = 3$  од.;

для перервного режиму (в одну зміну з 08.00 до 16.00) –  $C_{\text{р}}^{\text{п}} = 1$  од.;

$C_{\text{підм}}$  – кількість підмінних бригад, од.; для даного режиму роботи очисної станції  $C_{\text{підм}}^{\text{б}} = 1$  од.;  $C_{\text{підм}}^{\text{п}} = 0$  од.;

$K_{об}$  – обліковий коефіцієнт, який розраховується на основі прийнятого режиму роботи станції.

Номінальний час роботи визначається за формулою:

$$\tau_{н} = \tau_{г} - \tau_{в}, \quad (4.12)$$

де  $\tau_{г}$  – календарний час за кількістю днів у запланованому році;  $\tau_{г} = 366$  дн.;

$\tau_{в}$  – вихідні та святкові дні за графіком; для безперервного режиму

$\tau_{в}^{\circ} = 366/4 = 91,5$  доби; для перервного –  $\tau_{в}^{\text{п}} = 52 + 10 = 62$  доби.

$$\tau_{н}^{\circ} = 366 - 91,5 = 274,5 \text{ доб};$$

$$\tau_{н}^{\text{п}} = 366 - 62 = 304 \text{ доб}.$$

Тарифна відпустка складається відповідно для даних режимів роботи з 24 та 20 днів. Втрати часу в зв'язку з виконанням державних обов'язків приймаються 2 дні, втрати часу в зв'язку з хворобою – 3 дні, інші невиходи – 1 день.

Фактичний час становить відповідно для різних режимів:

$$\tau_{ф}^{\circ} = 274,5 - 24 - 3 - 2 - 1 = 244,5 \text{ дн.}; \quad (4.13)$$

$$\tau_{ф}^{\text{п}} = 304 - 20 - 3 - 2 - 1 = 278 \text{ дн}.$$

Обліковий коефіцієнт визначається за формулою:

$$K_{об} = \tau_{н} / \tau_{ф}. \quad (4.14)$$

$$K^{\text{об}} = 274,5 / 244,5 = 1,123;$$

$$K^{\text{н}}_{\text{об}} = 304 / 278 = 1,090.$$

Чисельність спеціалістів визначається залежно від обсягу виробництва, чисельності робітників та загальної чисельності працюючих на виробництві.

Фонд заробітної плати представляє собою суму грошових коштів, яка планується підприємством на період року для оплати праці робітників залежно від виробничої програми. В основу розрахунку фонду заробітної плати приймається тарифна система, форма и система заробітної плати, прийняті в даній галузі, тобто почасово-преміальна система оплати праці.

Заробітна плата за рік за тарифом (основна заробітна плата), грн.:

$$Z_{\text{т}} = T_{\text{сеп}} \cdot \Pi \cdot В \cdot Ш, \quad (4.15)$$

де  $T_{\text{сеп}}$  – середньозважена годинна тарифна ставка, грн./год:

$$T_{\text{сеп}} = \frac{T_1 \cdot Ш_1 + \dots + T_n \cdot Ш_n}{Ш_1 + \dots + Ш_n}, \quad (4.16)$$

де  $T_1, \dots, T_n$  - тарифні ставки робочих відповідних розрядів, грн./год;

$Ш_1, \dots, Ш_n$  – кількість робітників відповідного розряду, чол.;

$\Pi$  – тривалість зміни, год; приймається  $\Pi = 8$  год;

$В$  – кількість фактичних виходів одного робітника в рік, змін;

$Ш$  – штат, чол.

Розрахунок фонду заробітної плати робітників наданий в табл.4.3.

Таким чином, для різних режимів праці відповідно:

$$T_{\text{сеп}}^{\text{б}} = \frac{38,636 \cdot 5 + 34,091 \cdot 25 + 31,136 \cdot 18}{5 + 25 + 18} = 33,456 \text{ грн./год};$$

$$T_{\text{сер}}^{\text{п}} = \frac{31,136 \cdot 1}{1} = 31,136 \text{ грн./год.}$$

Таблиця 4.3 – Розрахунок основної заробітної плати працівників

№ з/п	Найменування професій	Кіл-ть робочих, чол.	Тарифний розряд	Годинна тарифна ставка, грн./год	Номінальний час, дні	Тривалість зміни, год	Річний фонд зарплати, грн./рік
<b>Основне виробництво</b>							
1	Машиніст насосної станції	6	3	34,091	244,50	8	400091
2	Оператор на піскоуловлювачах	4	3	34,091	244,50	8	266727
3	Оператор на відстійниках	9	2	31,136	244,50	8	548125
4	Оператор блоку мікро- та ультрафільтрації	6	2	31,136	244,50	8	365416
5	Оператор блоку зневоднення	3	2	31,136	244,50	8	182708
6	Оператор реагентного господарства	6	3	34,091	244,50	8	400091
	Разом	34					2163158
<b>Допоміжне виробництво</b>							
7	Транспортний робітник	6	3	34,091	244,50	8	400091
8	Слюсар-ремонтник	4	4	38,636	244,50	8	302291
9	Електротехнік	3	3	34,091	244,50	8	200045
10	Слюсар КВП і автоматики	1	4	38,636	244,50	8	75573
11	Газоелектрозварник	1	2	31,136	278,00	8	69247
	Разом	15					1047247
	Всього	49					3210405

Заробітна плата за рік по тарифу для різних режимів праці відповідно:

$$З_{\text{т}}^{\text{б}} = 33,456 \cdot 8 \cdot 244,5 \cdot 48 = 3141158 \text{ грн/рік};$$

$$З^п_{т} = 31,136 \cdot 8 \cdot 278 \cdot 1 = 69247 \text{ грн/рік.}$$

Основна заробітна плата за рік становить  $З_{осн} = З_{т} = З^б_{т} + З^п_{т} = 3141158 + 69247 = 3210405$  грн/рік.

Додаткова заробітна плата розраховується згідно [45] за наступними формулами:

$$З_{дод} = З_{прем} + З_{свят} + З_{ніч} + З_{веч} + З_{пер} + З_{від} ;$$

$$З_{прем} = P_{прем} \cdot З_{т} / 100,$$

$$З_{веч} = 0,2 \cdot T_{сер} \cdot V_{веч} \cdot Ш \cdot П,$$

$$З_{ніч} = 0,4 \cdot T_{сер} \cdot V_{ніч} \cdot Ш \cdot П, \quad (4.17)$$

$$З_{свят} = T_{сер} \cdot Д \cdot Е \cdot Ш \cdot П,$$

$$З_{пер} = 0,5 \cdot T_{сер} \cdot 0,75 \cdot Л \cdot Ш,$$

$$З_{від} = (З_{осн} + З_{дод1}) \cdot О / В.$$

Результати розрахунку загальної додаткової заробітної плати наведені в табл.4.4

Таблиця 4.4 – Розрахунок загальної додаткової заробітної плати працівників

№	Найменування	Позначення	Одиниця виміру	Значення
1	Премія	$З_{прем}$	грн./рік.	1123642
2	Доплата за роботу в вечірній час	$З_{веч}$	грн./рік.	176329



Продовження таблиці 4.4

3	Доплата за роботу в нічні години	$Z_{\text{ніч}}$	грн./рік.	470210
4	Доплата за роботу в святкові дні	$Z_{\text{свят}}$	грн./рік.	96355
5	Доплата за переробку по графіку	$Z_{\text{пер}}$	грн./рік.	46973
6	Річна оплата відпусток	$Z_{\text{від}}$	грн./рік.	386238
7	Загальна додаткова заробітна плата	$Z_{\text{дод}}$	грн./рік.	2299747

Річний фонд заробітної плати визначається за формулою:

$$Z_{\text{заг}} = Z_{\text{осн}} + Z_{\text{дод}}; \quad (4.18)$$

$$Z_{\text{заг}} = 3210405 + 2299747 = 5510152 \text{ грн./рік.}$$

Середня заробітна плата за місяць визначається за формулою:

$$Z_{\text{сер}} = \frac{Z_{\text{заг}}}{\text{Ш} \cdot 12}; \quad (4.19)$$

$$Z_{\text{сер}} = \frac{5510152}{49 \cdot 12} = 9371 \text{ грн./міс.}$$

Фонд заробітної плати керівників та спеціалістів для кожної посади:

$$Z_{\text{кер, спец.}} = Ч \cdot O_{\text{м}} \cdot 12, \quad (4.20)$$

де Ч – чисельність робітників на даній посаді, чол.;

$O_{\text{м}}$  – посадовий місячний оклад, грн.

В цьому разі оплата відпусток включається в загальний фонд заробітної плати, тому оплата відпусток додатково не розраховується.

Фонд заробітної плати керівників та спеціалістів наданий в табл.4.5.

Таблиця 4.5 - Фонд зарплати керівного складу та спеціалістів станції

№ з/п	Найменування посади	Чисельн., чол.	Посадовий оклад, грн./міс.	Річний фонд зарплати, грн./рік
1	Начальник очисної станції	1	17500	210000
2	Майстер насосної станції	1	10000	120000
3	Майстер очисних споруд	1	6000	72000
4	Майстер блоку обробки осаду	1	5000	60000
5	Майстер блоку ультрафільтрації	1	5500	66000
6	Черговий технік по станції	1	7500	90000
7	Майстер ділянки комунікацій	1	6500	78000
	Загальний фонд зарплати	7		696000

#### 4.2.4 Витрати на відрахування на соціальне страхування

Витрати на відрахування на соціальне страхування приймаються в розмірі 38% від загального фонду оплати праці. Ці витрати включають:

- 2,9% - відрахування на соціальне страхування;
- 32% - відрахування на пенсійне страхування;
- 2,1% - відрахування на страхування на випадок безробіття;
- 1% - відрахування на індивідуальне страхування від нещасного випадку.

Витрати на відрахування на соціальне страхування:

$$C_{cc} = 0,38 \cdot \text{ФОП}, \quad (4.21)$$

де 0,38 – процент відрахування на соціальне страхування, долях одиниці;

ФОП – фонд оплати праці, грн./рік, який визначається за формулою:

$$\text{ФОП} = Z_{\text{заг}} + Z_{\text{кер, спец.}}; \quad (4.22)$$

$$\text{ФОП} = 5510152 + 696000 = 6206152 \text{ грн./рік};$$

$$C_{cc} = 0,38 \cdot 6206152 = 2358338 \text{ грн./рік.}$$

#### 4.2.5 Витрати на утримання та експлуатацію обладнання

Витрати на утримання та експлуатацію обладнання:

$$C_{\text{утр}} = C_a + C_{\text{екс об}} + C_{\text{рем}} + C_{\text{доп}} + C_{\text{сс.доп}}, \quad (4.23)$$

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

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

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

$C_{\text{доп}}$  – основна і додаткова зарплата робітників допоміжного виробництва, грн./рік; за табл.4.3 і формулами (4.17, 4.18)

$$C_{\text{доп}} = 1047247 + 750187 = 1797434 \text{ грн./рік;}$$

$C_{\text{сс.доп}}$  – відрахування на соціальне страхування допоміжних робочих, грн./рік; з урахуванням (4.21)  $C_{\text{сс.доп}} = 0,38 \cdot 1797434 = 683025 \text{ грн./рік.}$

Вартість основних виробничих фондів визначається шляхом сумування вартостей окремих споруд і блоків за табл.4.1. Величина амортизаційних відрахувань визначається за встановленими нормами амортизації у відсотках до балансової вартості об'єкту для будов і споруд в розмірі 5% їх вартості, для комунікацій, мереж та інших видів обладнання – в розмірі 15% вартості. Результати розрахунку амортизаційних відрахувань надані в табл.4.6.

Таблиця 4.6 – Розрахунок амортизаційних відрахувань

№ з/п	Основні фонди	Первинна (балансова) вартість основних фондів, грн.	Амортизаційні відрахування	
			Норма, %	Сума, грн.
1	Будівлі та споруди	287787737	5	14389387
2	Обладнання	170965784	15	25644868
3	Комунікації	32402436	15	4860365
	Разом $C_a$	491155957		44894620

$$C_{\text{рем}} = 44894620 \cdot 0,06 = 2693677 \text{ грн./рік};$$

$$C_{\text{екс об}} = 44894620 \cdot 0,1 = 4489462 \text{ грн./рік};$$

$$C_{\text{утр}} = 44894620 + 4489462 + 2693677 + 1797434 + 683025 = 54558218 \text{ грн./рік}.$$

#### 4.2.6 Загальновиробничі витрати

До загальновиробничих витрат відносяться: витрати на керування виробництвом (на утримання робітників апарату керування); амортизація основних фондів; витрати на обслуговування виробничого процесу; витрати на охорону праці.

Витрати за цією статтею приймаються в розмірі витрат на охорону праці та 30% від суми основної заробітної плати виробничих робочих, адміністрації та витрат на експлуатацію обладнання:

$$C_{\text{заг}} = C_{\text{о.п.}} \cdot N_{\text{пр.}} + 0,3 \cdot (C_{\text{осн}} + 3 \cdot z_{\text{кер, спец}} + C_{\text{утр}}), \quad (4.24)$$

де  $C_{\text{о.п.}}$  – витрати на охорону праці одного працівника, грн.;  $C_{\text{о.п.}} = 300$  грн.;

$N_{\text{пр.}}$  – загальна кількість працівників основного і допоміжного виробництва, чол.; за табл.4.3  $N_{\text{пр.}} = 49$  чол.;

$Z_{\text{кер, спец}}$  – заробітна плата керівного персоналу, грн./рік; за табл.4.5

$$Z_{\text{кер, спец}} = 696000 \text{ грн./рік.}$$

$$C_{\text{заг}} = 300 \cdot 49 + 0,3 \cdot (3210405 + 54558218 + 696000) = 17554087 \text{ грн./рік.}$$

#### 4.2.7 Інші виробничі витрати

Витрати за цією статтею затрат пов'язані з періодичною та епізодичною перевіркою якості очищеної води, прийняті в розмірі 1% від суми основної заробітної плати виробничих працівників і витрат на утримання обладнання:

$$C_{\text{ін}} = 0,01 \cdot (C_{\text{осн}} + C_{\text{утр}}); \quad (4.25)$$

$$C_{\text{ін}} = 0,01 \cdot (3210405 + 54558218) = 577686 \text{ грн./рік.}$$

#### 4.2.8 Зворотні витрати

В дану статтю калькуляції включається вартість продукції, яка повертається у виробництво. Її вартість також віднімається від собівартості очистки води. Зворотною продукцією в даному варіанті є очищені промивні води, які повертаються на основні споруди очисної станції.

Вартість зворотної продукції визначається за формулою:

$$C_{\text{зв}} = Q_{\text{зв}} \cdot \Pi_{\text{зв}}, \quad (4.26)$$

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

за матеріальним балансом  $Q_{\text{зв}} = 26000 \text{ м}^3/\text{доб} = 9516000 \text{ м}^3/\text{рік}$ ;

$\Pi_{\text{зв}}$  – ціна зворотної продукції,  $\text{грн./м}^3$ ;  $\Pi_{\text{зв}} = 4,156 \text{ грн./м}^3$ .

$$C_{зв} = 9516000 \cdot 4,156 = 39548496 \text{ грн./рік.}$$

#### 4.3 Планування тарифу

Для визначення собівартості очистки 1 м<sup>3</sup> води всі виконані розрахунки за статтями калькуляції зведені в табл.4.7.

Собівартість очистки виробничих стоків визначається за формулою:

$$C_{1м^3} = В/П, \quad (4.27)$$

де П – річний обсяг очистки, м<sup>3</sup>/рік; за формулою 4.4 П = 10980000 м<sup>3</sup>/рік.

$$C_{1м^3} = 45636179/10980000 = 4,156 \text{ грн./м}^3.$$

Таблиця 4.7 – Калькуляція собівартості

№ з/п	Статті витрат	Сума витрат, грн.	
		на річний обсяг води	на одиницю (1м <sup>3</sup> )
1	Матеріали	293166	0,027
2	Електроенергія	4333028	0,395
3	Основна зарплата робочих	3210405	0,292
4	Додаткова зарплата робочих	2299747	0,209
5	Відрахування на соціальне страхування	2358338	0,215
6	Утримання та експлуатація обладнання	54558218	4,969
7	Загальновиробничі витрати	17554087	1,599
8	Інші виробничі витрати	577686	0,053
9	Всього витрат на експлуатацію без урахування надходжень від попутної продукції та зворотніх витрат	85184675	7,758

## Продовження таблиці 4.7

10	Зворотні витрати	39548496	4,156
11	Річні експлуатаційні витрати	45636179	4,156

## 4.4 Розрахунок основних показників ефективності реконструкції

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

$$E_a = (Z_{в.зб.} - C_{п.}) / K, \quad (4.28)$$

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

$C_{п.}$  – річні поточні витрати на природоохоронні заходи, грн./рік; за табл.4.7  $C_{п.} = 85184675$  грн./рік;

$K$  – сума капітальних витрат, грн.; за табл.4.1  $K = 578750943$  грн.

Річна сума відверненого збитку визначається за формулою:

$$Z_{в.зб.} = \Pi_{н.ск} + Z_{над} + E_{в.}, \quad (4.29)$$

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

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

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

Розмір платежів за скид неочищених стоків визначається за формулою:

$$\Pi_{н.ск} = \sum_{i=1}^m (C_i \cdot Q_{ск} \cdot N_i) \cdot k_1 \cdot k_2 \cdot k_3 \cdot k_4 / 10^6, \quad (4.30)$$

де  $C_i$  – концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини, г/м<sup>3</sup>;

$Q_{ск}$  – річний об'єм неочищених стічних вод, який міг би скидатися у водойму, м<sup>3</sup>/рік; за матеріальним балансом  $Q_{ск} = 10980000$  м<sup>3</sup>/рік;

$N_i$  – норматив платежів за скид 1 т  $i$ -тої забруднюючої речовини, грн./т; приймається для різних забруднюючих речовин за [45];





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

$C_{\text{д}}$  – дозволена для скиду концентрація і-тої забруднюючої речовини,  $\text{г/м}^3$ ; приймається рівною гранично допустимій концентрації (ГДК) речовин у воді водойми за [45];

$Q_{\text{звор}}$  – річний об'єм очищених зворотних стічних вод, який міг би скидатися у водойму,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ;

0,003 – базова ставка відшкодування збитків, в частках неоподаткованого

мінімуму доходів громадян;

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

$m$  – кількість забруднюючих речовин;

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

$\delta_{\text{к}}$  – безрозмірна константа відносної шкідливості забруднень поверхневих

водних об'єктів господарсько-питного водокористування  $\delta_{\text{к}} = 1,4$ ;

0,001 – коефіцієнт, що враховує розмірність величин.

Показник відносної шкідливості скиду визначається за формулою:

$$A_i = 1/\text{ГДК}. \quad (4.32)$$

Розрахунок збитків від наднормативних скидів наданий в табл.4.9.

Таблиця 4.9 - Розрахунок збитків за наднормативний скид стоків

Найменування забруднень	$C_{i\text{ ф.}}$ , $\text{г/м}^3$	ГДК, $\text{г/м}^3$	$Q_{\text{звор}}$ , $\text{м}^3/\text{рік}$	$A_i$ , умов.т	$n$	$\delta_{\text{к}}$	$\text{П}_{\text{н.ск.}}$ , грн./рік
Азот амонійний	2,20	1,0	10980000	1,00	17	1,4	941
Алюміній	1,18	0,5	10980000	2,00	17	1,4	1066
БСК <sub>5</sub>	2,16	3,0	10980000	0,33	17	1,4	220

Продовження таблиці 4.9

Нітрати (аніон)	3,20	45,0	10980000	0,02	17	1,4	728
Нітриди (аніон)	0,032	3,3	10980000	0,30	17	1,4	776
Сульфати (аніон)	71,30	500,0	10980000	0,00	17	1,4	672
Фосфати (аніон)	0,34	3,5	10980000	0,29	17	1,4	708
Хлориди (аніон)	36,30	350,0	10980000	0,00	17	1,4	703
Інші завислі	180,10	25,0	10980000	0,04	17	1,4	4864
Разом $Z_{\text{над}}$							10677

Сума економії від зменшення використання свіжої води на технологічні потреби:

$$E_B = Q_{\text{звор}} \cdot C_B, \quad (4.33)$$

де  $C_B$  – тариф на свіжу технічну воду для промислового підприємства, грн./м<sup>3</sup>;  $C_B = 12,47$  грн./м<sup>3</sup>.

$$E_B = 10980000 \cdot 12,47 = 136908537 \text{ грн./рік};$$

$$Z_{\text{в.зб.}} = 1073199 + 10677 + 136908537 = 137992413 \text{ грн./рік};$$

$$E_a = (137992413 - 85184675) / 578750943 = 0,158 \text{ грн./рік/грн.}$$

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

$$Y_{\text{вод}} = \gamma \cdot \delta_k \cdot f \cdot M, \quad (4.34)$$

де  $\gamma$  – константа, чисельне значення якої дорівнює на 2020 р з урахуванням коефіцієнту перерахунку  $\gamma = 13690$  грн./умов.т.;

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

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

$$M = \sum_{i=1}^N (A_i \cdot m_i), \quad (4.35)$$

$N$  – загальна кількість домішок, що скидаються у водойму;

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

$$m_i = Q_{\text{звор}} \cdot C_{i\phi} / 10^6, \quad (4.36)$$

де  $C_{i\phi}$  – фактична концентрація  $i$ -тої забруднюючої речовини у очищених зворотних водах, г/м<sup>3</sup>.

Розрахунок відверненого збитку від скиду речовин наданий в табл.4.10.

Термін окупності природоохоронних заходів:

$$T = 1/E_a; \quad (4.37)$$

$$T = 1/0,158 = 6,34 \text{ років.}$$

Таблиця 4.10 - Розрахунок загальної економічної оцінки збитку від скиду

Найменування забруднень	$C_{i\phi}$ , г/м <sup>3</sup>	$Q_{\text{звор}}$ , м <sup>3</sup> /рік	$m_i$ , т/рік	$A_i$ , умов.т	$M$ , умов.т/рік	$Y_{\text{вод.}}$ , грн./рік
Азот амонійний	2,20	10980000	24,16	1,00	24,16	463014
Алюміній	1,18	10980000	12,96	2,00	25,91	496688
БСК <sub>5</sub>	2,16	10980000	23,72	0,33	7,91	151532

Продовження таблиці 4.10

Нітрати (аніон)	3,20	10980000	35,14	0,02	0,78	14966
Нітрити (аніон)	0,032	10980000	0,35	0,30	0,11	2041
Сульфати (аніон)	71,30	10980000	782,87	0,00	1,57	30012
Фосфати (аніон)	0,34	10980000	3,73	0,29	1,07	20445
Хлориди (аніон)	36,30	10980000	398,57	0,00	1,14	21828
Інші завислі	180,10	10980000	1977,50	0,04	79,10	1516162
Разом $U_{\text{вод}}$						2716688

Ефективність використання водних ресурсів:

$$P_{\text{звор}} = (Q_{\text{звор}} / Q_{\text{заг}}) \cdot 100\% , \quad (4.38)$$

де  $P_{\text{звор}}$  – відсоток води в обороті, %;

$Q_{\text{звор}}$  – річний об'єм очищених зворотних стічних вод, який міг би скидатися у водойму,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ; за матеріальним балансом прийнято

$$Q_{\text{звор}} = 26000 \text{ м}^3/\text{Год} = 9516000 \text{ м}^3/\text{рік};$$

$Q_{\text{заг}}$  – річний об'єм загальних стічних вод, які надходять на очисну станцію,  $\text{м}^3/\text{рік}$ ; за формулою (4.4)  $Q_{\text{заг}} = 10980000 \text{ м}^3/\text{рік}$ .

$$P_{\text{звор}} = (9516000 / 10980000) \cdot 100 = 87\% .$$

Основні техніко-економічні показники станції очистки промивної води наведені в табл.4.11 і в графічній частині проекту (лист 8).

Таблиця 4.11 - Основні техніко-економічні показники очисної станції

Основні показники	Од.виміру	Значення
Річна виробнича потужність	тис.м <sup>3</sup>	10980,000
Капітальні вкладення	тис. грн.	578750,943
Річні експлуатаційні витрати	тис. грн./рік	45636,179
Собівартість очистки 1м <sup>3</sup> води	грн./м <sup>3</sup>	4,156
Ефективність природоохоронних заходів	грн./рік/грн.	0,158
Термін окупності природоохоронних заходів	років	6,34
Ефективність використання водних ресурсів	%	87

Таким чином, на основі техніко-економічних розрахунків показано, що для даних природоохоронних заходів термін окупності капітальних вкладень нижче нормативного максимального строку окупності, прийнятого в даній галузі виробництва. При цьому абсолютна економічна ефективність для очисної станції вище єдиного нормативного коефіцієнту (0,158 грн./рік/грн. > 0,12 грн./рік/грн.). Тому розроблений проект природоохоронних заходів вважається ефективним.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Реалізація запропонованої безстічної схеми обробки технологічної води після промивки існуючих споруд мікрофільтрів, контактних освітлювачів, горизонтальних відстійників та швидких фільтрів дозволяє досягнути мети повторного використання очищених промивних вод очисної станції, і тим самим забезпечує скорочення забору води з ріки для власних потреб.

2. Повторне використання очищених технологічних вод зменшує навантаження на загальну систему каналізації, запобігає забрудненню довкілля та замулюванню джерела водопостачання.

3. За рахунок використання споруд мембранної фільтрації стає можливим доведення якісних показників очищеної технологічної води до рівня питної з дуже низьким вмістом завислих і колоїдних речовин. При цьому скорочується доза хлору на вторинному хлорванні та створюється мінімум виробничих відходів.

4. Споруди механічного зневоднення осаду забезпечують зниження його вологості з 96% до 85%, а також зменшення об'єму у 18-20 разів, що дозволяє ефективно утилізувати осад та зменшити навантаження на довкілля.

5. Запроектована технологічна схема зменшує експлуатаційні витрати очисної станції після реконструкції, за рахунок повернення промивної води до технологічного процесу собівартість очистки знижується з 7,76 до 4,16 грн/м<sup>3</sup>.

## ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАННИХ ДЖЕРЕЛ

1. Душкин С. С. Разработка научных основ ресурсосберегающих технологий подготовки экологически чистой питьевой воды: монография / С. С. Душкин, Г. И. Благодарная ; Харьков. нац. акад. город. хоз-ва. – Харьков: ХНАГХ, 2009. – 95 с.
2. Душкин С. С., Коваленко А. Н., Дегтярь М. В., Шевченко Т. А. Ресурсосберегающие технологии очистки сточных вод ; монография: Харьков. нац. акад. город. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2011. – 146 с.
3. Эпоян С. М. Повышение эффективности работы сооружений при очистке питьевой воды : монография / С. М. Эпоян, Г. И. Благодарная, С. С. Душкин, В. А. Сташук ; Харьков. нац. акад. гор. хоз-ва. – Харьков : ХНАГХ, 2013. – 190 с.
4. Грабовский П.А. Промывка водоочистных фильтров. Одесса: Оптимум, 2012. 240 с.
5. Толстопалова Н.М., Концевой А.Л., Косогіна С.А. Концевой І.В. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Фізикохімічні основи і алгоритми розрахунків процесів водопідготовки [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» /; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,347 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 130
6. Кульский Л. А. Технология очистки природных вод / Л. А. Кульский, П. П. Строкач. – К. : Высшая школа, 1981. – 238с.
7. Фрейндлих Л. Коллоидная химия и биология / Л. Фрейндлих. – Л. : Издво хим.-техн. ин-та, 1925. – 34 с.
8. Українець М.О., Сокольник В.І. Водопровідні мережі. Навчально – методичний посібник. Запоріжжя, ЗДІА, 2009, 298с.

9. Минц Д. М. Фильтры АКХ и расчеты промывки скорых фильтров / Д. М. Минц, С. А. Шуберт. – Ленинград: Изд. Мин. ком. хоз-ва РСФСР, 1951. – 174 с.
10. Журба М. Г. Очистка Воды на зернистых фильтрах / М. Г. Журба. – Львов : Высшая школа, 1980. – 200 с. 30
11. Дренажные распределительные системы скорых фильтров [Электронный ресурс] – Режим доступа до ресурсу:
12. Петрук В.Г., Васильківський І.В., Безвозюк І.І., Петрук Р.В., Турчик П.М. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.3: Методи переробки осадів стічних вод – Вінниця: ВНТУ, 2013. – 324 с.
13. Интернет ресурс КП «Водоканал» «Технологічний регламент очисних споруд Дніпровської водонапірної станції №1» [Електронний ресурс] – Режим доступ до ресурсу URL: <http://www.bibliotekar.ru/spravochnik15/92.htm>.(дата звернення 12.11.20).
14. Правила технічної експлуатації систем водопостачання та каналізації населених пунктів України. Київ. 2005. 155 с.
15. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 113 с
16. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 115 с.
17. Кравчук. А.М. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. – К.: КНУБА, 2016. – 451 с.
18. Кравчук А.М. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 28.. – К.: КНУБА, 2017. – 408 с.
19. Бугай Н.Г. Контактная реагентная очистка воды фильтрами из волокнисто-пористого полиэтилена. // Прикладна гідромеханіка. К., 2007. Т. 9,



№1. С. 8–19. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. /Головний редактор А.М. Кравчук. – К.: КНУБА, 2016. – 451 с.

20. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. – Затверджено МОЗ України 12.05.2010. – Київ, 2010. – 25 с.

21. Хільчевський В. К. Водопостачання і водовідведення. Гідроекологічні аспекти / В. К. Хільчевський – К. : ВЦ "Київський університет", 1999. - 319 с.

22. Петрук В. Г. Природоохоронні технології. Навчальний посібник. Ч.2 : Методи очищення стічних вод / [Петрук В. Г., Северин Л. І., Васильківський І. В., Безвозюк І. І.] – Вінниця : ВНТУ, 2014. – 258 с. ISBN

23.. Беляєва В. М, Сорокіна К. Б. Методичні вказівки для виконання курсового проекту «Технологія очистки природних вод» з навчальної дисципліни «Технологія очистки природних вод» (для студентів 3 – 4 курсів усіх форм навчання напряму підготовки 6.060103 – Гідротехніка (водні ресурси)) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2017. – 57 с.

24. Шевелєв Ф.А. Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб : Справ. пособие. / Ф.А. Шевелєв А.Ф. Шевелєв. – М.: Стройиздат, 1984.– 116 с.

25. Толстопалова Н.М., Концевой С.А., Косогіна І.В., Концевой С.А. Технологія та обладнання одержання питної та технічної води: Фізикохімічні основи і алгоритми розрахунків процесів водопідготовки [Електронний ресурс] : навч. посіб. для студ. спеціальності 161 «Хімічні технології та інженерія», спеціалізації «Хімічні технології неорганічних речовин та водоочищення» ; КПІ ім. Ігоря Сікорського. – Електронні текстові данні (1 файл: 5,347 Мбайт). – Київ : КПІ ім. Ігоря Сікорського, 2018. – 130 с.

26. Інтернет ресурс для розрахунку основних параметрів ультрафільтраційних мембран: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу URL: <http://uf-inge.ru>.

27. Інтернет ресурс Каталог продукції НПО «Екософт»: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу URL: <http://ecosoft.ua/>.

28. Тертишний О.О., Тертишна О.В. Конспект лекцій з курсу «Процеси та апарати хімічної технології», розділ «Мембранні процеси» для студентів II-V курсів усіх спеціальностей : Дніпропетровськ: ДВНЗ УДХТУ, 2011. – 79 с.

29. Огляд технологій біологічного очищення питної води для видалення забруднень із забруднених водних ресурсів. (дата звернення: 12.11.2020).: [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу URL: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2214714419304453>.

30. O.V. Kravchenko, O.S. Panchenko, V.V. Motronenko, E.Ya. Smelyanets. BIOLOGICAL NITRIFICATION-DENITRIFICATION IN THE DRINKING WATER TREATMENT PROCESS: CURRENT STATUS AND MAIN BIOLOGICAL AGENTS. [Электронный ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://doaj.org/article/29d39cae71fd4e1e812bdf7b63522e74>

31. Anastasios I. Zouboulis and Ioannis A. Katsoyiannis. Recent Advances in Water and Wastewater Treatment with Emphasis in Membrane Treatment Operations.

[Електронний ресурс] – URL: Режим доступу до ресурсу: <https://www.mdpi.com/2073-4441/11/1/45>

32. Awa Kangama, Defang Zeng, Xu Tian, and Jinfu Fang. Application of Chitosan Composite Flocculant in Tap Water Treatment. [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://www.hindawi.com/journals/jchem/2018/2768474/>.

33. Sara Bonetta, Cristina Pignata , Silvia Bonetta, Lorenza Meucci, Donatella Giacosa, Elena Marino, Giorgio Gilli, Elisabetta Carraro. Viability of Legionella pneumophila in Water Samples:A Comparison of Propidium Monoazide (PMA) Treatment on Membrane Filters and in Liquid. . [Електронний ресурс] – Режим доступу до ресурсу: URL: <https://www.mdpi.com/1660-4601/14/5/467>.

34. ДБН В.2.5-75-2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіон України, 2013. – 128 с.

35. ДБН 3.3.6.037-99. Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. – Київ: МОЗ України, 2000 – 29 с.
36. ДБН 3.3.6.039-99. Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації – Київ: МОЗ України, 2000 – 45 с.
37. ДСТУ EN 352-5:2005 Засоби індивідуального захисту органів слуху. Вимоги безпеки і випробування. Частина 5. Навушники протишумові з системою активного зниження шуму.
38. ГОСТ 12.4.024-76. ССБП. Взуття спеціальне віброзахисне. Загальні технічні вимоги – М., 1984. – с.75 – 78.
39. ДБН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми параметрів мікроклімату. – Київ: МОЗ України, 2000. – 28 с.
40. ДБН В.2.5-28-2006. Природне і штучне освітлення. – Київ.: Мін буд України, 2006. – 76 с.
41. ДБН В.2.2-28-2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. – 28 с.
42. ДБН В.1.1.7–2002. Пожежна безпека об'єктів будівництва. – Київ: Мінрегіон України, 2007. – 17 с.
43. ДБН В.2.5-56-2014 Системи протипожежного захисту. – Київ: Мінрегіон України, 2014. – 28 с.
44. ДСТУ ГОСТ 12.1.038:2008. Електробезопасность. Предельно допустимые значения прикосновения и токов. – Київ, 2008. – 331 с.
45. Світлична В.Б Економічне обґрунтування проектів водопровідно-каналізаційного господарства. Методичні вказівки до виконання розділу дипломного проекту для студентів спеціальності «Водопостачання та водовідведення» денної та заочної форми навчання /Укладач Світлична В.Б.- Запоріжжя: ЗДІА, 2007.-39 с.

## Рецензія

на магістерську роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Новосолової  
Оксани Анатоліївни  
на тему Реконструкція системи водопостачання  
з метою економії витрат води на власній  
потребі очисної станції

Магістерська робота виконана згідно до завдання відповідає темі,  
(не) згідно (не) відповідає

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 101 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Вирішення проблеми повторного  
використання очищених промислових вод  
дозволяє вирішити питання раціонального  
використання водних ресурсів і є актуальним  
для колективних підприємств

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)

запропоновані заходи з реконструкції  
очисних споруд мають екологічне та еконо-  
мічне обґрунтування. Розрахунки виконані  
з дотриманням норм проектування  
систем інженерного обладнання будівель

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу)

робота оформлена достатньо якісно  
лієється дуже сучасною терміно-  
логією, що пов'язано з особливостями  
викладення матеріалу державною  
мовою.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко-економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи)

результиатив досліджень можуть бути використані в роботі проектних організацій, які спеціалізуються на розробці алгоритмів системного водопостачання. Результати роботи опубліковані в матеріалах ХХІ науково-технічної конференції студентів, магістрантів аспірантів, молодих вчених, викладачів.

5. Недоліки кваліфікаційної роботи

некоректно виконано нумерацію речень (дорядок Б)

6. Кваліфікаційна магістерська робота у цілому виконана (ний) на високому рівні

і заслуговує оцінки: відмінно

кількість балів 93

за національною шкалою відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент проректор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

  
(підпис)



д.т.н. проф. В.А. Банах  
(П.І.Б.)

ВІДГУК

керівника на магістерську роботу

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Новосолової Оксани  
(П.І.Б.) Анатоліївни

Магістерська робота на тему Реконструкція системи водопостачання з метою екологічної безпеки води на високій потребі теплої води

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів  
(не) згідно (не) відповідає

графічного матеріалу і пояснювальну записку з 101 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) Ризико екологічної шкоди покращення екологічної води, що дозволяють повторно використовувати воду в технологічних процесах, мають важливе значення для хороших водних ресурсів.

Ризико екологічної шкоди покращення екологічної води, що дозволяють повторно використовувати воду в технологічних процесах, мають важливе значення для хороших водних ресурсів.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багато-варіантності) заходи з реконструкції технологічного процесу водопідготовки мають еколого-економічне обґрунтування; необхідні розрахунки з інших споруд представлені в повному об'єкті

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» здобувач має високий рівень підготовки, досвід роботи за спеціальністю, ерудована і технічно грамотна.

и виконанні роботи проявили самостійність та достатньо високий творчий потенціал

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач робота не має дослідницького характеру

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень робота не має дослідницького характеру

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі

Будь виконані роботи заготововані (інтер-активні технології) (виконані аналізи літературних досліджень, оформлені теоретичної і графічної частини)

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів робота оформлена відповідно до вимог діючих стандартів

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи графік дотримано

9. Наукова цінність роботи, практична значимість в роботі представлені технологічні рішення, які дозволяють повторно використати проєктивних вод, що зменшує експлуатаційні та енергетичні витрати.

10. У магістерській роботі можна відмітити такі недоліки:

при виконанні аналізу літературних джерел не розглянуті альтернативні методи очищення проєктивних вод.

Магістерська робота у цілому виконана на високому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку відмінно

Керівник доцент, канд. техн. н. Олександр Добровольський О.Т.  
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)