

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**
«Розробка пілотної установки для відпрацювання технології очищення питної
води на Деснянській водопровідній станції м. Київ»

Бакуновського Олега Олеговича

Київ 2025 р.

**КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БУДІВНИЦТВА І
АРХІТЕКТУРИ**

Факультет інженерних систем та екології
Кафедра водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри
водопостачання та водовідведення

« ___ » _____ 20__ року

**КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА
ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЯ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР**

«Розробка пілотної установки для відпрацювання технології очищення питної
води на Деснянській водопровідній станції м. Київ»

*Я, як здобувач вищої освіти КНУБА,
розумію і підтримую політику
закладу з академічної
добросовісності. Я не надавав(-ла) і не
одержував(-ла) недозволених
допомог під час підготовки цієї
роботи. Використання ідей,
результатів і текстів інших
авторів мають посилання на
відповідне джерело.*

Здобувач: Бакуновський Олег Олегович
Спеціальність: 192 Будівництво та
цивільна інженерія
Освітня програма: Водопостачання та
водовідведення
Керівник: Кравченко О.В.
професор, д.т.н
Рецензент: Хоружий В.П.
професор, д.т.н
Ідентичність підтверджую

Київ 2025 р.

КИЇВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

Факультет інженерних систем та екології

Випускова кафедра: водопостачання та водовідведення

Освітній ступінь: магістр

Спеціальність: 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітня програма: Водопостачання та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри

водопостачання та водовідведення

Віктор ХОРУЖИЙ

«__» _____ 20__ року

ЗАВДАННЯ

ДО ВИКОНАННЯ ПРОЕКТНОЇ РОБОТИ

ЗДОБУВАЧА СТУПЕНЮ ВИЩОЇ ОСВІТИ МАГІСТР

Бакуновський Олег Олегович

1. Тема роботи: «Розробка пілотної установки для відпрацювання технології очищення питної води на Деснянській водопровідній станції м. Київ», затверджена наказом ректора КНУБА №377/24/25 від 07.03.2025 року.
2. Керівник роботи: Кравченко О.В, професор, д.т.н.
3. Термін подання роботи до захисту: 20.05.2025р.
4. Зміст пояснювальної записки за розділами:

Вступ

Розділ 1. Загальні положення та вихідні дані

Розділ 2. Оцінка можливостей впровадження технологічних схем на Деснянській водоочисної станції

Розділ 3. Вимоги для виготовлення пілотної установки

Розділ 4. Розробка проєкту програми досліджень

Розділ 5. Електротехнічні рішення (ЕТР)

Розділ 6. Охорона праці та безпека експлуатації

Висновки

Список використаних джерел

5. Графічний матеріал за розділами (згідно "Склад проєкту" та "Відомість основних комплектів робочих креслень" з "Проект Деснянська водозабірна станція Київводоканал.pdf"):

2022-00-ПЗ Загальна пояснювальна записка

2022-00-ТХ Технологічні рішення (креслення)

2022-ТХ-00 Загальна технологічна схема. План розміщення технологічного обладнання

2022-ТХ-01 Блок безнапірний управління гідравлічними напрямками та комутації...

2022-ТХ-02 Блок напірний управління гідравлічними напрямками та комутації...

2022-ТХ-03 Блок моделювання горизонтальних відстійників...

2022-ТХ-04 Блок моделювання напірної лінії...

2022-ТХ-05 Блок технологічних ємностей... (напірна лінія)

2022-ТХ-06 Блок технологічних ємностей... (безнапірна лінія)

2022-ТХ-07 Блок моделювання швидких безнапірних фільтрів...

2022-ТХ-08 Блок моделювання змішувачів та блок подачі вугільної пульпи

2022-ТХ-09 Блок подачі вихідної води...

2022-СК Конструкторська документація. Складальне креслення.

2022-ЕТР-00 Електротехнічні рішення

6. Консультанти розділів кваліфікаційної випускної роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Перевірів	
		дата	підпис
Розділ 1.			
Розділ 2.			
Розділ 3.			
Розділ 4.			
Розділ 5.			
Розділ 6.	Клімова І.В., доцент	20.05.2025 р.	

7. Календарний план виконання роботи:

Види робіт та їх зміст	Дата виконання
Розділ 1.	01.10.2024 р. – 31.10.2024 р.
Розділ 2.	01.11.2024 р. – 29.11.2024 р.
Розділ 3.	02.12.2024 р. – 23.12.2024 р.
Розділ 4.	13.01.2025 р. – 17.02.2025 р.
Розділ 5.	14.02.2025 р. – 10.03.2025 р.
Розділ 6.	10.03.2025 р. – 31.03.2025 р.
Остаточне оформлення роботи	07.04.2025 р. – 12.05.2025 р.
Направлення роботи для перевірки на плагіат	20.05.2025 р.
Попередній захист роботи на кафедрі	
Направлення роботи на рецензування	

8. Дата видачі завдання: 01.10.2024 рік.

Зав.кафедри _____ Віктор ХОРУЖИЙ

Керівник _____ Олександр КРАВЧЕНКО

Здобувач _____ Олег БАКУНОВСЬКИЙ

РЕЗЮМЕ (SUMMARY)	Бакуновський Олег Олегович Bakunovskyi Oleg Olegovych		
Назва ЗВО	Київський національний університет будівництва і архітектури		
Тема (українською та англійською)	«Розробка пілотної установки для відпрацювання технології очищення питної води на Деснянській водопровідній станції м. Київ» «Development of a pilot plant for testing drinking water purification technology at the Desnyanska water supply station in Kyiv»		
Освітній ступень	магістр		
Факультет	інженерних систем та екології		
Кафедра	водопостачання та водовідведення		
Спеціальність	192 Будівництво та цивільна інженерія		
Освітня програма	Водопостачання та водовідведення		
Керівник	Кравченко Олександр Валерійович		
Обсяг роботи:	пояснювальна записка,	розділів	креслень формату
	стор.		A1
	128	6	15
Розділ 1	В розділі 1 розглядається історія Деснянської водоочисної станції, технічні та технологічний опис об'єкта, аналізи якості води з джерела водопостачання з 2011 по 2017 роки. Розглядається мета виконання пілотних випробувань, та технологічні схеми, що будить випробовуватись.		
Розділ 2	В розділі 2 розглядається перелік заходів для визначення		

	можливостей впровадження технологічних схем, що випробовуються під час виконання пілотних випробувань.
Розділ 3	В розділі 3 розглядаються технічні та технологічні вимоги для виготовлення пілотної установки з урахуванням мети та завдань пілотних випробувань, та вимог щодо автоматизації роботи пілотної установки.
Розділ 4	В розділі 4 висвітлюються питання які треба дослідити, визначаються показники які треба контролювати під час проведення пілотних випробувань. Розглядається план-графік проведення експериментально-дослідницьких робіт, наслідки заміни хімічних реагентів для очищення та знезараження води.
Розділ 5	В розділі 5 розглядаються електротехнічні рішення (ЕТР) для проекту по проведенню пілотних випробувань на Деснянській водопровідній станції.
Розділ 6	В розділі 6 розглядаються вимоги, щодо охорони праці та безпеки експлуатації під час проведення пілотних випробувань на Деснянській водопровідній станції.
<p>Ключові слова: пілотна установка, очищення води, знезараження, Деснянська водопровідна станція, технологія, проектування, конструкторська документація, водопостачання.</p> <p>Keywords: pilot plant, water purification, disinfection, Desna Waterworks, technology, design, design documentation, water supply.</p>	

ЗМІСТ

ВСТУП	10
РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВИХІДНІ ДАНІ.....	11
1.1. Нормативні документи	11
1.2 Загальні положення та вихідні дані	12
РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ НА ДЕСНЯНСЬКОЇ ВОДООЧИСНОЇ СТАНЦІЇ	30
2.1. Загальна методологія оцінки	30
2.2. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №1	31
2.3. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №2	35
2.4. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №3	38
2.5. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №4	41
2.6. Переваги і недоліки запропонованих методів знезараження води	43
РОЗДІЛ 3. ВИМОГИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІЛОТНОЇ УСТАНОВКИ.....	50
3.1. Принципові вимоги до виготовлення пілотної установки	50
3.2. Загальний опис технологічної схеми пілотної установки	53
3.3. Опис ключових елементів пілотної установки	60
3.4. Фільтруюче завантаження і реагенти	64
3.5. Формування переліку обладнання для проведення тендерної процедури	65
РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ.....	74
4.1 Опис і основні характеристики та шляхи утворення органічних і неорганічних сполук у гідросфері.....	74
4.2 Актуальні питання, які належить дослідити і вирішити.....	75

4.3 Перелік показників досліджень.....	95
4.4 План-графік проведення експериментально-дослідницьких робіт	102
4.5 Методики виконання вимірювань.....	105
4.6 Обладнання.....	107
4.7 План відбору проб, проведення лабораторних досліджень і гігієнічне оцінювання ефективності очищення природної води запропонованих технологічних схем.....	108
4.8 Оцінка якості альтернативних досліджуваних реагентів	118
РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ (ЕТР).....	121
5.1. Загальні дані по ЕТР	121
5.2. Електропостачання та електрообладнання.....	121
5.3. Заземлення, блискавкозахист та протипожежні заходи	121
5.4. Плани та схеми	121
РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ.....	122
6.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів	122
6.2. Заходи для уникнення шкідливої та небезпечної дії факторів.....	122
6.3. Інженерний розрахунок небезпечного фактора (приклад розрахунку рівня шуму).....	124
ВИСНОВКИ.....	126
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....	127

ВСТУП

Дана пояснювальна записка є частиною кваліфікаційної роботи «Пілотна установка для відпрацювання удосконалення технології очищення і знезараження води на Деснянській водопровідній станції».

Метою роботи є створення пілотної установки, яка дозволить досліджувати та відпрацьовувати різні технологічні схеми та режими очищення і знезараження води, що актуально для Деснянської водопровідної станції. Це включає моделювання існуючих процесів, таких як коагуляція, відстоювання, фільтрація, а також впровадження та тестування удосконалених методів, зокрема використання порошкоподібного активованого вугілля, безнапірних вугільних фільтрів, багатостадійних напірних фільтрів та мембранних технологій (ультрафільтрації).

Пілотна установка призначена для забезпечення гнучкості в експериментах, дозволяючи паралельну роботу двох ліній (напірної та безнапірної) з розрахунковою продуктивністю до 1 м³/год кожна. Передбачена можливість подачі різних реагентів та моделювання УФ-знезараження.

Кваліфікаційна робота виконувалась з дотриманням чинних нормативних документів України у сфері водопостачання, проектування та безпеки.

РОЗДІЛ 1. ЗАГАЛЬНІ ПОЛОЖЕННЯ ТА ВИХІДНІ ДАНІ

1.1. Нормативні документи

Під час виконання кваліфікаційної роботи були використані такі основні нормативні документи:

- Закон України від 10.01.2002 р. № 2918-III «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» (із змінами і доповненнями).
- Постанова Кабінету Міністрів України від 16.01.2019 № 27 «Про затвердження Технічного регламенту обладнання, що працює під тиском».
- Постанова КМУ від 25.03.1999р. №465 «Про затвердження Правил охорони поверхневих вод від забруднення зворотними водами».
- ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування».
- ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».
- ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості».
- ПУЕ «Правила улаштування електроустановок».
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».
- НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- РМ 14-177-05 «Инструкция по монтажу электрических проводок систем автоматизации»;
- Серія 4.904-69 «Деталі кріплення санітарно-технічних приладів і трубопроводів»;
- ДСТУ ISO 13056:2018 (ISO 13056:2011, IDT) «Системи пластмасових трубопроводів. Системи гарячої та холодної води. Метод випробування на герметичність під дією вакуума»;

- ДСТУ-Н Б В.2.5-68 - 2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації»;
- ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем (СНиП 3.05.01-85, MOD);
- ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 «Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб».

1.2 Загальні положення та вихідні дані

Деснянська водопровідна станція (далі – ДВС) є складовою частиною системи централізованого водопостачання м. Київ. Джерело водопостачання – р. Десна, яка очищується, знезаражується і подається у водопровідні мережі міста.

Проект ДВС був розроблений АТ «Київпроект». Проектом передбачалось будівництво водозабірної ковша, берегових водоприймальних споруд, три черги очисних водопровідних споруд (далі – ОВС), насосних водопровідних станцій I, II та III-підйомів (далі – НВС-I, НВС-II, НВС-III), реагентного господарства.

Підготовка питної води на ДВС здійснюється за загальноприйнятою двоступеневою схемою очищення, а саме: коагуляція, освітлення у відстійниках, фільтрування на швидких фільтрах та знезараженням води.

Проектна потужність ДВС становить 1080 тис. м³ води на добу.

У 1961 році було введено в експлуатацію першу чергу будівництва – ОВС-1 проектною потужністю 300 тис. м³/добу. До їх складу входять: відкритий водозабірний ківш з береговою водоприймальною спорудою № 1, три сифонні водоводи від водозабірних споруд до НВС-I, НВС-I, два напірні водоводи від НВС-I до ОВС-1, ОВС-1, резервуари чистої води (далі – РЧВ) № 1, 2, НВС-II «Міська», два напірні водоводи з дюкерними переходами через Русанівську і Венеціанську протоки, а далі через р. Дніпро до НВС-III «Печерська», НВС-III «Печерська» з РЧВ № 1, 2.

У 1968 році проведено модернізацію ОВС-1 із збільшенням проектною потужності до 380 тис. м³/добу. Введено в експлуатацію третій напірний водовід з

НВС-I до очисних споруд, два напірні водоводи з дюкерними переходами через Русанівську і Венеціанську протоки та через р. Дніпро до НВС-III «Печерська». На НВС-III «Печерська» побудовано 3-й РЧВ.

У 1968 році введено в експлуатацію видатковий склад хлору ємністю до 100 тон.

У 1972 році в експлуатацію введено другу чергу будівництва – ОВС-2 проектною потужністю 300 тис. м³/добу, до складу яких входять: два сифонні водоводи від водозабірних споруд до НВС-I № 2, НВС-I № 2, три напірні водоводи від НВС-I № 2 до очисних споруд, ОВС-2, РЧВ № 3, 4, НВС-II «Дарницька», п'ять напірних водоводів для подачі води у розподільну мережу, РЧВ № 4 на НВС-III «Печерська». Під час будівництва другої черги було також реконструйовано водозабірний ківш із зведенням берегової водоприймальної споруди № 2.

У 1986 році введено в експлуатацію третю чергу будівництва – ОВС-3 (проектна назва «Північна водопровідна станція») проектною потужністю 400 тис. м³/добу. До їх складу входять: два сифонні водоводи від водозабірних споруд до НВС-I, ОВС-3, РЧВ № 5, 6, НВС-II «Північна», два напірних водоводи від НВС-II «Північна» до НВС-III «Смородинська». Під час будівництва третьої черги також реконструйовано водозабірний ківш із будівництвом каміннонакидної дамби, потоковипрямляючих перегородок та металеві естакади з касетами для рибозахисту.

У 1997 році введено в експлуатацію реагентне господарство, яке включає приміщення розчинних баків, баків зберігання, повітрорудної та насосної станції. Окремо знаходяться вантажно-розвантажувальна та залізнична дільниця, які разом з реагентним господарством входять до складу цеху реагентного господарства.

На даний час фактична потужність ДВС становить 450-500 тис. м³/добу. У її складі передбачені наступні споруди.

Водозабір ковшового типу з проектною продуктивністю 1,12 млн м³/добу розташований в 3-х км вище за гирло річки на лівому березі р. Десни, його площа

становить 5200 м²; середня глибина - 4,5 м. Водоприймальний ківш відокремлений від річки фільтруючою каміннонакидною дамбою. На відстані близько 40 м від входу в ківш знаходиться рибозахисна споруда. З ковша вода забирається двома водозабірними спорудами (водоприймачами) берегового типу; далі вода по 3-х сталевих сифонних водоводах $d=1200$ мм і 4-х сифонних водоводах $d=1400$ мм надходить до НВС I-підйому, яка знаходиться на відстані 2,7 км.

Перший підйом води Деснянського водозабору включає дві насосні станції № 1 та № 2, які збудовано у 1960 та 1970 роках відповідно. Виробнича продуктивність НВС-I № 1 становить 499,2 тис. м³/добу, № 2 – 1180,8 тис. м³/добу; загальна встановлена виробнича потужність - 1680,0 тис. м³/добу.

НВС-I №1 має розміри в плані 24×30 м. Підземна частина виконана у формі круглого стакану із монолітного залізобетону діаметром 22 м заглиблена на 18 м. Насосні агрегати 24 НДСВ – 4 од. продуктивністю 5200 м³/год, напором 52 м. НВС-I № 2 з прямокутною основою розмірами 24×42 м із монолітного залізобетону, заглиблена на 21 м, обладнана чотирма насосними агрегатами 40В–16М продуктивністю 12300 м³/год, напором 60 м.

НВС-I подає воду на очисні водопровідні споруди по шести напірних водоводах діаметром 1200-1400 мм, протяжністю 7,5 км.

Очисні споруди ДВС включають три самостійні технологічні лінії (блоки): ОВС-1, ОВС-2 та ОВС-3. Склад очисних споруд на всіх трьох блоках однаковий: змішувачі, відстійники з вбудованими камерами реакції, швидкі фільтри. ОВС-1, ОВС-2 та ОВС-3 відрізняються між собою кількістю, розмірами та конструкцією споруд.

Відповідно до проекту очищення води р. Десни здійснюється реагентним методом, зокрема коагуляцією води. Як реагенти застосовуються сульфат алюмінію ($Al_2(SO_4)_3 \cdot 18H_2O$), а при низькій температурі води – гідроксихлорид алюмінію ($Al_2(OH)_nCl_{6-n}$). Для інтенсифікації процесу коагуляції в окремі періоди року використовуються аніонні або катіонні флокулянти.

Реагенти (аміак, хлор, коагулянт, флокулянт) подаються у змішувачі, звідки оброблена реагентами вода самопливом надходить до камер реакції і далі - до відстійників та фільтрів. У змішувачах відбувається швидке змішування води з реагентами; у камерах реакції - повільне змішування, яке сприяє процесу утворення пластівців. Утворені в процесі коагуляції завислі речовини під впливом гравітаційної сили осідають у відстійниках, а їх залишки (що залишилися у товщі води) після відстоювання затримуються (сорбуються) у завантаженні швидких фільтрів. Після фільтрування очищена питна вода надходить у колектори чистої води і збирається у резервуарах чистої води, де піддається фінішному знезараженню. З РЧВ вода забирається насосами НВС-II і подається у водопровідні мережі міста.

Для знезараження води використовується хлор-аміачний метод, ціллю якого є запобігання утворенню у питній воді побічних хлорорганічних сполук. За існуючого технологічною схемою в процесі підготовки питної води може використовуватися первинне і вторинне знезараження.

Оптимальні дози реагентів (коагулянту, флокулянту, хлору та аміачної води) залежать від якості води джерела водопостачання і визначаються лабораторно методом пробної коагуляції та хлоропоглинання. При встановленні оптимальних доз реагентів також враховуються статистичні дані роботи очисних споруд за попередні роки.

Після очищення та знезараження вода з ОСВ-1, ОСВ-2, ОСВ-3 подається у резервуари чистої води НВС-II «Міська» (РЧВ № 1, № 2), «Дарницька» (РЧВ № 3, № 4) і «Північна» (РЧВ № 5, № 6), які розташовані на одному з очисними спорудами майданчику, звідки вода подається у лівобережну та правобережну частини м. Київ. Загальна ємність шести РЧВ - 91 тис. м³. РЧВ призначені для зменшення впливу нерівномірності водоспоживання та зменшення максимальних витрат води на очисних спорудах, а також для зберігання технологічного і протипожежного запасу питної води та забезпечення безперебійної роботи насосних водопровідних станцій

II-підйому: «Міської», «Дарницької» і «Північної». РЧВ ВНС-II обладнані системою сифонного вирівнювання рівнів для забезпечення рівномірної роботи очисних споруд та незалежних режимів роботи насосних станцій II-підйому. Конструктивно РЧВ виконані як заглиблені споруди із збірно-монолітного залізобетону з цементно-піщаним гідроізоляційним покриттям, що забезпечує їх водонепроникність. В них влаштовані спеціальні перегородки, що направляють потік води від входу до виходу з нього для попередження утворення застійних зон. Повний обмін води в РЧВ відбувається впродовж 2-4 годин. РЧВ також облаштовані віддушинами, системами спецвентиляції та подачі води для періодичної мийки.

Загальна установлена виробнича потужність НВС-II становить 1080 тис.м³/добу, зокрема, «Міська» – 360 тис.м³/добу; «Дарницька» – 360 тис.м³/добу; «Північна» – 360 тис.м³/добу. Фактична потужність цих насосних станцій відповідно складає 150-180, 140-170 та 130-160 тис. м³/добу.

НВС-II «Міська» по трьох водоводах d=1000-1400 мм подає воду на НВС-III «Печерська». НВС-II «Дарницька» і частина НВС-II «Північна» - по шести водоводах d=700-1200 мм подають воду у зони водопостачання лівого берега та на НВС-III «Крутогірна». Друга частина НВС-II «Північна» по двох водоводах d=1400 мм подає воду на НВС-III «Сморозинська» та на жилий масив «Троєщина».

Проектна потужність НВС-III «Печерська» становить 190 тис.м³/добу (без урахування самопливних водоводів № 1 і № 2). На ВНС III-підйому знаходяться чотири резервуари чистої води ємністю 20 тис. м³ кожний. В експлуатації перебувають РЧВ № 1, 2, 3; РЧВ № 4 – на реконструкції.

Проектна потужність НВС-III «Крутогірна» становить 183 тис.м³/добу. Вона призначена для накопичення води з ДВС та забезпечення безперебійного водопостачання житлових масивів Теремки, Голосіївський, Виставка, Батієва гора, Чоколівка, Микільська Борщагівка тощо. На насосній станції знаходяться один РЧВ ємністю 10 тис. м³.

Експлуатаційний персонал насосних водопровідних станцій другого та третього підйомів утримує резервуари чистої води в належному санітарному стані, періодично проводить їх чистку, мийку та дезінфекцію згідно з затвердженими графіками.

Контроль за якістю річкової води, води в ході технологічного процесу очистки та питної води здійснюється хіміко-бактеріологічною лабораторією. Точність дозування реагентів контролюється обслуговуючим персоналом очисних споруд.

Хімбакалаторія (далі – лабораторія) є структурним підрозділом управління експлуатації Деснянської водопровідної станції (УЕДВС) департаменту експлуатації водопровідного господарства ПрАТ «АК «Київводоканал», основною функцією якої є проведення лабораторно-виробничого контролю якості води та реагентів.

До складу лабораторії входять хімічний сектор з цеховими лабораторіями, бактеріологічний та гідробіологічний сектори. Лабораторія забезпечена засобами вимірювальної техніки, випробувальним обладнанням, організаційною, нормативною та методичною документацією.

Лабораторно-виробничий контроль якості води проводиться відповідно до чинного ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Робочою програмою лабораторії передбачено відбір та дослідження проб води за мікробіологічними, санітарно-хімічними, гідробіологічними показниками, зокрема:

- ▲ води джерела водопостачання р. Десни;
- ▲ питної води з водоводів на НВС-ІІ «Міська», «Дарницька» та «Північна»;
- ▲ питної води в контрольних точках міської водопровідної мережі.

За неможливості визначення деяких показників якості води через відсутність необхідного обладнання, методик виконання вимірювань і реактивів, дослідження проводяться сторонніми організаціями за укладеними договорами.

Стосовно якості води слід зазначити, що р. Десна є транскордонною водною магістраллю, яка протікає через Смоленську, Брянську області Росії та Чернігівську і Київську області України. На момент проектування і будівництва ДВС санітарний режим річки Десна був задовільним, здатність річки до самоочищення була досить високою, лабораторні дослідження на той час свідчили про значну перевагу р. Десни порівняно з р. Дніпро як джерела водопостачання міста.

Але з часом в басейні р. Десни та її притоках розвиток промислових підприємств, хімізація сільського господарства, забудова прибережних територій, погіршення екологічного стану довкілля призвели до забруднення річки значною кількістю неочищених і недостатньо очищених стічних вод, що спричинило суттєве техно-антропогенне навантаження на деснянську воду. В останнє десятиліття спостерігається тенденція погіршення санітарного режиму річки. Найкраща якість води у р. Десна взимку (у січні) за період 2002-2019 років спостерігалась у 2015 та 2019 роках, найгірша – у 2007 та 2014 роках. Так, у січні 2015 та 2019 років забарвленість води фіксувалась на рівні 17 градусів (стандартної шкали забарвленості), окиснюваність - 4,5 мг/л. У 2018 році забарвленість води р. Десни дорівнювала 50 градусів, окиснюваність – 10,8 мг/л.

Довготривалий і стійкий льодостав взимку, висока температура води влітку призводять до зниження вмісту розчиненого кисню в річковій воді, що вкрай негативно впливає на її органолептичні показники. Крім того, знижений вміст кисню під товщою льоду призводить до десорбції забруднень з донних відкладів у товщу води, внаслідок чого спостерігається збагачення води сполуками марганцю і заліза, що створює труднощі при подальшій підготовці питної води. Вода р. Десни характеризується високим рівнем мікробіологічних забруднень та органічних сполук природного походження, а також масовим розвитку фітопланктону у теплий період року та його відмиранням у холодний, що спричиняє значні труднощі у роботі водоочисних споруд. Показники якості води р. Десна за період 2008-2017 років наведені у табл. 1.1.

Отже, підсумовуючи вищевикладене стосовно Деснянської водопровідної станції м. Київ, потрібно відзначити наступні важливі фактори. Насамперед, очисні споруди будувались протягом 1961-1986 років (дуже давно) і були розраховані на зовсім іншу якість вихідної річкової води та очищеної питної води (вимоги ГОСТ 2874-82 «Вода питна» суттєво відрізняються від встановлених на даний час нормативів питної води). Тобто наявний на водоочисній станції набір споруд, технологій, матеріалів тощо на сьогодні виявляється неадекватним сучасним умовам і не може у повній мірі забезпечити підготовку води відповідно до нормативних вимог, встановлених ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною».

Як основний знезаражуючий реагент на ДВС використовується скраплений хлор, який має багато недоліків, зокрема:

- хлор відноситься до сильнодіючих отруйних речовин 2-го класу небезпеки, внаслідок чого водопровідні станції, які його використовують, відносяться до об'єктів підвищеної небезпеки;

- необхідність точного дозування хлору: недостатня доза не дозволить одержати потрібний бактерицидний ефект, а залишня доза призводитиме до погіршення органолептичної якості води. Достатність дози хлору встановлюється через критерій концентрації так званого залишкового хлору, який за діючими нормами на виході із РЧВ повинен знаходитися у межах 0,3–0,5 мг/дм³ після 30 хвилин контакту хлору з водою, а вміст залишкового зв'язаного хлору - у межах 0,8-1,2 мг/дм³ після 60 хвилин контакту;

- необхідність зберігання значного запасу хлору на станціях водоочищення: при великих загальних витратах хлору може виникнути необхідність одночасного використання значної кількості ємностей;

- дотримання особливих правил безпеки при улаштуванні хлораторних: при проектуванні та експлуатації хлораторних установок треба враховувати вимоги,

спрямовані на захист обслуговуючого персоналу очисної станції від шкідливої дії хлору.

Крім хлору у процесі знезараження застосовується аміак, зберігання якого також є дуже небезпечним (аміак відноситься до токсичних речовин, а його пари – вибухонебезпечні). Виходячи з реалій сьогодення, коли внаслідок ракетних ударів відбулось руйнування об'єктів критичної інфраструктури України, зберігання хлору, аміаку та інших токсичних, вибухо- та пожежонебезпечних реагентів створює надзвичайно високі техногенні ризики.

Враховуючи усі наведені фактори, очевидно, що ДВС м. Київ потребує реконструкції, модернізації та удосконалення існуючих технологій та очисних споруд, переходу на більш безпечні для людини і оточуючого середовища реагенти, матеріали та ін., що сприятиме підвищенню рівня підготовки питної води та експлуатації водоочисної станції.

Після ретельного опрацювання інформації щодо джерела водопостачання, очисних споруд, режимів експлуатації, методів знезараження тощо підготовлено кілька варіантів схем очистки води, які можна запровадити на ДВС.

Таблиця 1.1

Показники якості води поверхневого джерела централізованого питного водопостачання (р. Десни) у період з 2011 по 2017 рр.

Показники	Од. вим.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	min max
		Температура води	°С	0,2 26,0	0,2 27,2	0,2 25,5	0,2 27,4	0,3 26,0	0,2 27,0
Запах	бали	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем
		1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем	1/2зем
Каламутність	мг/л	1,2	1,3	1,9	1,2	1,1	1,1	1,2	1,1
		15,3	14,4	10,6	11,6	13,6	13,1	12,1	18,0
Забарвленість	градус	18	18	20	17	14	18	18	14
		44	57	57	41	29	50	44	57
Водневий показник (рН)		7,50	7,40	7,40	7,50	7,75	7,75	7,45	7,40
		8,70	8,40	8,30	8,95	8,95	8,50	8,80	8,95
Лужність загальна	ммоль	2,70	2,60	2,45	3,3	3,1	2,5	3,3	2,45
	/л	4,50	4,65	4,55	4,85	4,8	4,85	5,0	4,85
Гідрокарбонати	мг/л	–	–	–	–	–	–	–	156
									293
Жорсткість загальна	ммоль	3,2	2,8	2,8	3,9	3,7	3,6	3,8	2,8
	/л	4,9	5,2	5,1	5,8	5,3	5,5	5,7	5,8
Кальцій	мг/л	52	48	47	64	55	52	60	46
		78	78	77	83	80	85	84	85
Магній	мг/л	6,1	8,5	7,3	11,6	9,7	7,3	10,3	6,1
		13,9	14,6	17,0	19,0	15,4	22,5	17,0	22,5
Кремній	мг/л	4,1	4,0	4,8	2,4	4,7	3,4	4,0	2,4
		8,7	8,0	8,5	9,5	8,5	8,8	8,8	11,3
Окиснюваність перманганатна	мг/л	5,2	4,0	4,8	3,8	3,6	4,5	4,6	3,6
		11,4	13,6	13,1	9,4	8,0	11,4	10,0	13,6
Окиснюваність	мг/л	20,5	20,8	24,2	18,6	16,2	19,4	19,0	16,2

Показники	Од. вим.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	min max	
									біхроматна	
БСК повне	мг/л	1,04	0,64	0,88	0,9	0,7	0,8	0,8	0,8	0,64
		3,68	2,00	2,56	4,0	4,0	4,4	3,4	4,40	
Розчинений кисень	мг/л	3,5	3,4	3,0	3,6	3,2	3,4	3,8	3,0	3,0
		12,8	12,8	12,5	13,0	13,4	12,8	12,5	13,4	
Загальний органічний вуглець	мг/л	–	5,7	9,1	6,9	6,1	7,3	7,1	5,7	5,7
			14,3	14,7	14,25	9,6	13,8	13,7	14,7	
Вуглекислота вільна	мг/л	відс.	2,6	5,1	<1	<1,0	<1,0	<1,0	відс.	відс.
		21,5	31,7	28,6	19,4	11,0	15,4	22,8	31,7	
Вуглекислота зв'язана	мг/л	59	57	54	72,6	68	55	73	54	54
		99	102	100	107	106	107	110	110	
Вуглекислота агресивна	мг/л	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.
Показник стабільності		1,09	1,03	1,0	1,03	1,03	1,01	1,0	1,0	1,0
		1,31	1,34	1,2	1,18	1,19	1,09	1,16	1,4	
Хлориди	мг/л	9,8	6,9	7,0	10,1	10,0	8,9	10,0	6,9	6,9
		18,4	15,8	19,0	16,1	16,2	16,2	16,0	19,4	
Сульфати	мг/л	17,0	16,4	18,2	19,7	17,5	17,6	15,3	10,3	10,3
		52,6	39,5	34,9	38,2	33,8	42,0	28,6	52,6	
Мінералізація (сухий залишок)	мг/л	223	286	227	274	286	259	282	207	207
		336	326	339	322	328	318	328	361	
Амоній	мг/л	0,20	0,15	0,20	0,18	0,15	0,21	0,20	0,14	0,14
		0,76	0,70	0,70	0,87	0,70	0,53	0,56	0,87	
Нітрати	мг/л	0,6	0,6	0,5	0,5	0,5	<0,5	<0,5	<0,5	<0,5
		9,5	5,6	6,7	4,3	5,0	10,0	7,6	10,0	
Нітриди	мг/л	0,017	0,011	0,010	0,008	0,010	0,012	0,010	0,008	0,008
		0,270	0,067	0,057	0,108	0,098	0,060	0,097	0,270	

Показники	Од. вим.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	min max
Алюміній	мг/л	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	<0,04	відс. 0,04
Залізо загальне	мг/л	0,20	0,23	0,25	0,19	0,17	0,22	0,18	0,15
		1,14	1,15	1,25	1,03	0,92	1,00	0,96	1,40
Марганець	мг/л	0,028	0,030	0,02	0,02	0,02	0,01	0,02	0,01
		0,180	0,180	0,124	0,20	0,10	0,12	0,09	0,20
Фториди	мг/л	0,20	0,20	0,20	0,19	0,20	0,20	0,20	0,18
		0,28	0,25	0,24	0,27	0,25	0,25	0,24	0,33
Поліфосфати	мг/л	<0,01	–	–	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01
		<0,01	–	–	0,61	0,08	0,29	0,19	0,61
АПАР	мг/л	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	<0,025
		<0,025	<0,025	<0,025	<0,025	0,045	0,029	0,044	0,045
Натрій	мг/л	10,76	–	7,0	14,1	5,3	15,0	25,8	5,3 25,8
Калій	мг/л	–	–	–	–	–	–	–	2,83
Свинець (Pb)	мг/л	0,009	<0,001	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,001 0,0105
Миш'як (As)	мг/л	0,006	0,0018 6	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005	<0,005 0,006
Молібден (Mo)	мг/л	0,0025	0,0025	<0,001	<0,000 7	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0007 0,005
Селен (Se)	мг/л	–	0,0004	–	–	<0,006	<0,006	<0,006	0,0002 <0,006
Берилій (Be)	мг/л	–	<0,000 01	–	–	–	–	–	<0,0000 1 0,00011
Бор (B)	мг/л	–	<0,15	–	–	–	–	–	<0,05 <0,15
Олово (Sn)	мг/л	–	–	–	–	–	–	–	0,0002

Показники	Од. вим.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	min max
Хром (Cr)	мг/л	–	<0,015	–	–	<0,005	<0,005	<0,005	0,0025 <0,015
Сурма (Sb)	мг/л	–	0,0019 6	–	–	–	–	–	0,00196 <0,02
Цинк (Zn)	мг/л	0,011	<0,08	<0,000 5	<0,000 5	<0,001	<0,001	<0,001	<0,0005 <0,08
Кадмій (Cd)	мг/л	0,001	<0,000 002	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,000 1	<0,0000 02 <0,001
Кобальт (Co)	мг/л	–	0,0002	–	–	<0,001	<0,001	<0,001	0,0002 0,011
Мідь (Cu)	мг/л	0,003	0,0009	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	<0,002	0,0009 0,003
Нікель (Ni)	мг/л	–	0,0014 4	–	–	<0,001	<0,001	<0,001	<0,001 0,0035
Барій (Ba)	мг/л	–	–	–	–	–	–	–	<0,1
Талій (Tl)	мг/л	–	<0,000 001	–	–	–	–	–	<0,0000 01 <0,0001
Ртуть (Hg)	мг/л	<0,000 5	<0,000 04	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,000 2	<0,0000 4 <0,0005
Бенз(а)пірен	мкг/л	–	–	–	–	0,0003 2	<0,005	<0,005	0,00032 <0,005
Сума фенолів легколетких	мг/л	–	–	–	–	–	–	–	0,00064
Нафтопродукти	мг/л	<0,005 0,025	0,011 0,099	0,010 0,021	0,011 0,018	0,010 0,045	<0,005 0,042	<0,005 0,014	<0,005 0,18
Фітопланктон	кл/см ³	125	110	205	240	170	170	80	80

Показники	Од. вим.	2011 р.	2012 р.	2013 р.	2014 р.	2015 р.	2016 р.	2017 р.	min max	
		39170	17400	14620	40935	11655	31550	61060	134915	
						0				
Фітопланктон	мг/л	0,20	0,10	0,10	0,3	0,2	0,2	0,1	0,09	
		67,20	22,90	22,5	59,0	100	33,0	122,8	233,40	
Зоопланктон	екз./м ³	50	50	50	50	75	75	50	25	
		1500	1075	3150	2750	3500	2850	675	4575	
Загальне мікробне число	КУО/ см ³	18	19	8	5	9	7	19	5	
		1100	1300	1000	930	900	820	460	2500	
Загальні коліформи (ЛКП), індекс БГКП	КУО/л	<9	<9	<9	<9	<9	9	<9	<9	
		4954	3636	2727	1272	2000	2380	8181	8181	
ТКБ, E.coli	КУО/ 100 см ³	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	<9	
		2162	1636	1818	363	909	909	8181	8181	
Патогенні мікроорганізми	КУО/л	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	відс.	
4,4-ДДТ та метаболіти	мкг/л	–	–	–	–	<0,01	<0,01	<0,01	<0,01	0,2
4,4-ДДЕ	мкг/л	–	–	–	–	–	<0,01	<0,01	<0,01	
4,4-ДДД	мкг/л	–	–	–	–	–	<0,01	<0,01	<0,01	
Ацетохлор	мкг/л	–	–	–	–	–	–	–	<2	
γ-ГХЦГ (ліндан)	мкг/л	–	–	–	–	<0,01	–	<0,01	<0,01	
									<0,1	

Технологічна схема №1 ґрунтується на максимально повному застосуванні існуючих споруд з проведенням (за необхідності) їх часткової реконструкції. Оскільки за більшістю показників існуючі водоочисні споруди забезпечують відповідність якості питної води вимогам чинного ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», а проблеми виникають переважно за показником перманганатної окиснюваності (який опосередковано характеризує вміст легкоокиснюваних органічних речовин), в існуючу технологічну схему доцільно включити додаткову стадію видалення органічних речовин, наприклад, шляхом застосування порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ).

Для забезпечення необхідного часу контакту вугілля з оброблюваною водою подача (і відповідно склад зберігання) ПАВ повинен бути організований на водозаборі або на проміжній ділянці водоводу подачі сирогої води до ДВС. У разі неможливості реалізації такого підходу може бути побудований додатковий змішувач та контактний резервуар, розрахований на потрібний час контакту води з ПАВ.

Для підвищення надійності роботи і зниження навантаження очисних споруд під час масового розвитку фітопланктону («цвітіння» води) технологічну схему варто також доповнити стадією механічної фільтрації на самопромивних сітчастих мікрофільтрах.

В рамках реконструкції існуючих споруд необхідно передбачити заходи зі збільшення ефективності їх роботи, а саме:

- впровадження механічних мішалок в камерах пластівцеутворення відстійників;
- впровадження системи безперервного видалення осаду з відстійників;
- впровадження ламінарних модулів у відстійниках (за потреби при відповідному обґрунтуванні);
- заміна завантаження фільтрів на більш сучасне (за необхідності);

- перехід на водоповітряну промивку фільтрів і за необхідності заміна системи промивки фільтрів на більш сучасну;
- впровадження системи обробки і повторного використання промивних вод фільтрів та системи обробки осадів з відстійників;
- перехід на більш ефективні коагулянти і флокулянти (за необхідності);
- удосконалення реагентного господарства, систем дозування;
- заміна і удосконалення обв'язки споруд та запірно-регулюючої арматури;
- автоматизація технологічних процесів.

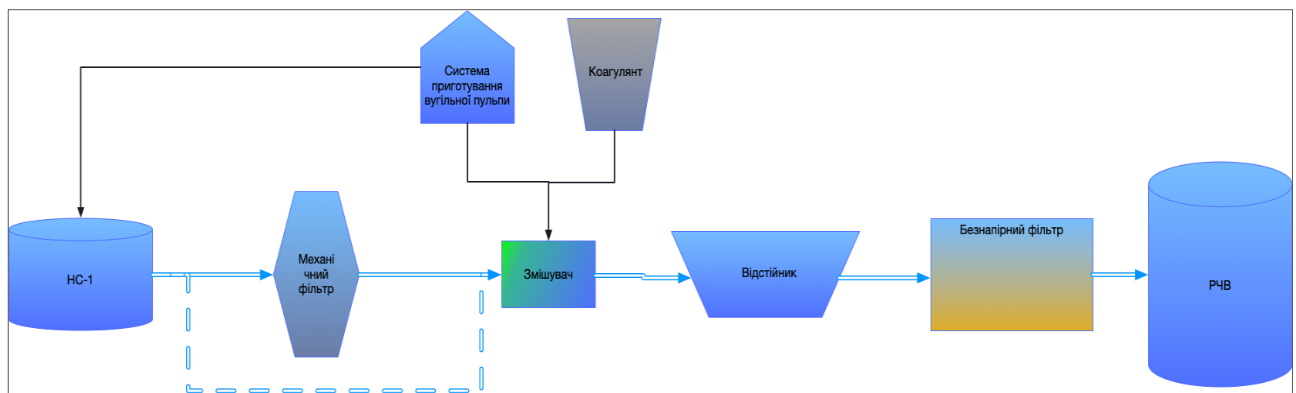


Рис. 1.1. Удосконалена технологічна схема №1

За технологічною схемою №1 вихідна вода обробляється ПАВ на водозабірних спорудах в трубопроводі або у спеціально улаштованих контактних резервуарах (детальне обґрунтування буде зроблено при виконання робіт етапу 1). Завдяки сорбційній здатності активованого вугілля з води видаляються розчинені органічні сполуки, а також (в разі використання хлорвмісних дезінфектантів) утворені тригалогенметани (ТГМ).

В періоди масового розвитку фітопланктону («цвітіння») вода подається на сітчасті мікрофільтри з діаметром прозорів 50 мкм, що забезпечує затримання переважної кількості водоростей і знижує навантаження на наступні очисні споруди. В інші періоди року вода байпасом проходить у змішувачі.

При обробленні води коагулянтном утворені пластівці, крім іншого,

забезпечують ефективне затримання ПАВ, з вже сорбованими на ньому органічними сполуками. ПАВ також сприяє утворенню додаткових центрів кристалізації, що підвищує ефективність процесу коагуляції і подальшої седиментації.

Для більш рівномірного розподілення коагулянту (флокулянту) по всьому об'єму води, що сприятиме процесу утворення пластівців та економії коагулянтів, в камерах пластівцеутворення встановлюються повільні механічні мішалки.

За необхідності підвищення ефективності відстоювання (детальне обґрунтування буде зроблено при виконання робіт етапу 1) у горизонтальних відстійниках можуть встановлюватися тонкошарові модулі, за рахунок яких досягається зменшення турбулентної складової швидкості потоку та скорочення відстані осадження забруднень.

Освітлена в горизонтальних відстійниках вода подається на швидкі гравітаційні фільтри, де остаточно видаляються нерозчинні забруднення та залишки активованого вугілля. Очищена вода збирається в РЧВ для фінішного знезараження.

Технологічна схема № 2 аналогічна схемі №1, але ґрунтується на використанні у фільтрах гранульованого активованого вугілля (ГАВ). Блок вугільних фільтрів реалізується у вигляді безнапірних або напірних фільтрів (визначається на етапі 1). В будь-якому випадку через неможливість надходження води на фільтри самопливом за висотною схемою, необхідне улаштування додаткової насосної станції (або групи насосів) для подачі води на блок вугільних фільтрів.

Аналогічно технологічній схемі №1 при реконструкції здійснюються заходи зі збільшення ефективності роботи споруд та передбачається впровадження мікрофільтрів.

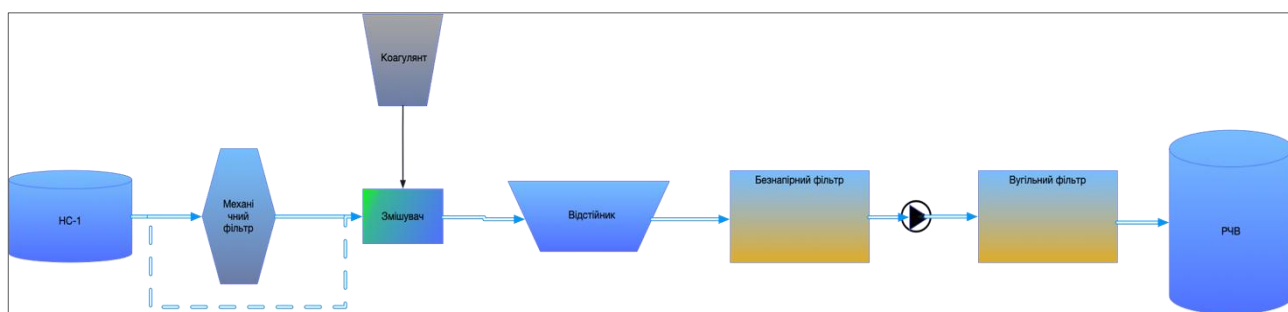


Рис. 1.2. Принципова технологічна схема №2

За технологічною схемою №2 вода в періоди «цвітіння» подається на сітчасті мікрофільтри з діаметром прозорів 50 мкм, де затримується більша частина фітопланктону, що знижує навантаження на наступні очисні споруди. В інші періоди року вода байпасом проходить у змішувачі. В змішувачах вода обробляється знезаражуючим реагентом, коагулянт і (за необхідності) флокулянт. Утворення пластівців відбувається в камерах пластівцеутворення з повільними механічними мішалками, процес осадження - у горизонтальних відстійниках. Освітлена вода поступає на швидкі фільтри, де остаточно очищується від нерозчинних часток і утворених пластівців.

Далі вода насосною станцією подається на блок вугільних фільтрів, де відбувається сорбція органічних речовин і зниження внаслідок цього показника перманганатної окиснюваності, загального органічного вуглецю, а також хлорорганічних сполук (у разі їх наявності у воді після первинного знезараження). Час контакту води з вугіллям (швидкість фільтрування) обирається таким чином, щоб забезпечити необхідну глибину видалення органічних речовин до рівня встановлених нормативів.

Після вугільних фільтрів вода піддається обов'язковому термінальному знезараженню. Запобігання розвитку бактерій в товщі активованого вугілля досягається за рахунок залишкової кількості знезаражуючого агента при первинному знезараженні або шляхом періодичної дезінфекції завантаження.

Після вичерпання сорбційної ємності фільтрів здійснюється заміна активованого вугілля.

Технологічна схема №3 базується на застосуванні системи послідовних напірних фільтрів. Використання системи напірних фільтрів, з одного боку, призводить до великих капітальних затрат (оскільки існуюча безнапірна схема не буде задіяна), а, з іншого боку, відкриває деякі перспективи, серед яких слід відзначити наступні:

- можливість почергового переведення станції на напірну схему шляхом запуску окремих комплексів;
- можливість ефективнішого використання площі споруд (напірні фільтри працюють при більш високих швидкостях фільтрування);
- можливість інтенсифікації режимів промивки фільтрів і скорочення витрат води на власні потреби;
- можливість розташування поза висотною схемою;
- простота експлуатації і обслуговування.

Враховуючи якість вихідної води, технологічна схема очищення води на напірних фільтрах повинна включати наступні стадії:

- видалення фітопланктону (у періоди його масового розвитку або відмирання) на сітчастих мікрофільтрах (в напірному режимі);
- контактна коагуляція на фільтрах першого ступеню;
- глибоке очищення від механічних домішок на фільтрах другого ступеню;
- видалення органічних забруднювачів на вугільних фільтрах.

За технологічною схемою №3 вода в періоди «цвітіння» подається на сітчасті мікрофільтри, де видаляється значна частина фітопланктону, в інші періоди вода подається поза фільтрами байпасною лінією.

Далі вода за рахунок залишкового тиску у водоводах від НС-І або за рахунок додатково улаштованої насосної групи надходить на напірні фільтри. Безпосередньо в напірний трубопровід насосами-дозаторами подаються необхідні реагенти, зокрема для дезінфекції та коагуляції води.

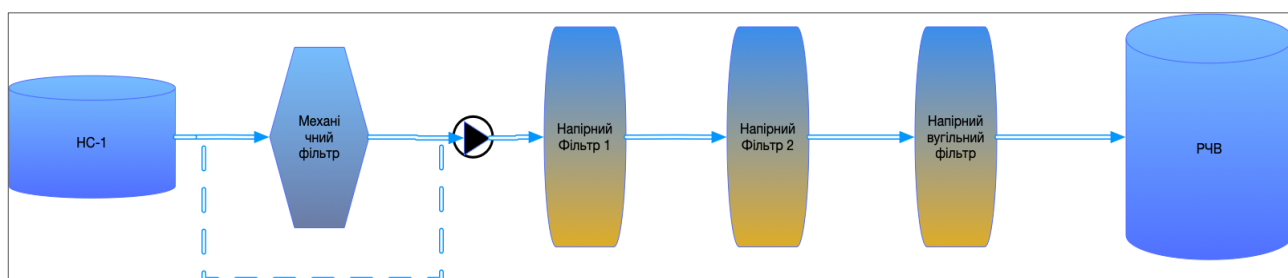


Рис. 1.3. Технологічна схема №3

Вода з коагулянтном поступає на перший ступінь напірних фільтрів з інертним або багат шаровим завантаженням, де реалізується процес контактної коагуляції. Освітлена на першому ступені вода подається для більш глибокого доочищення від механічних часток на фільтри другого ступеню, а далі для видалення розчинних органічних речовин – на вугільні фільтри третього ступеня.

Вторинне знезараження води здійснюється безпосередньо в резервуарі чистої води.

Технологічна схема №4 передбачає застосування безреагентних мембранних технологій: на першому етапі використовується напірний фільтр у безреагентному режимі, на другому – ультрафільтрація. Для надійного очищення води за показниками вмісту органічних речовин на останньому етапі улаштовуються напірні вугільні фільтри, аналогічно схемі №3.

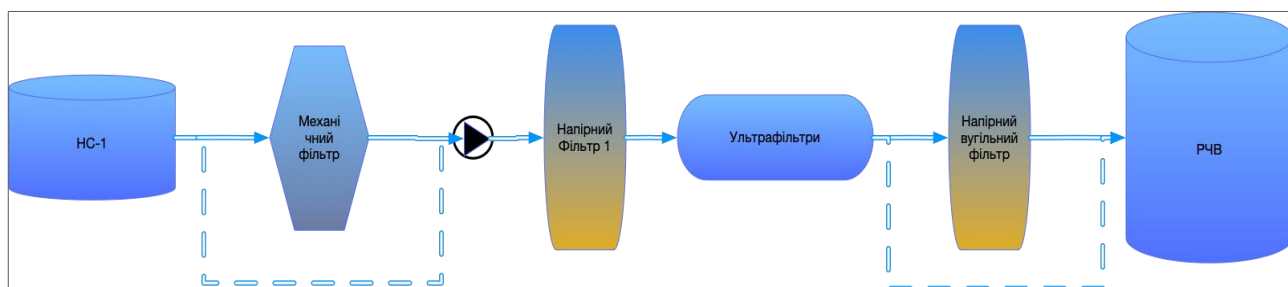


Рис. 1.4. Технологічна схема №4

За технологічною схемою №4 вода, збагачена фітопланктоном, подається на сітчасті мікрофільтри, де звільняється від більшої його частини. В інші періоди (за відсутності «цвітіння») вода подається байпасною лінією навкруги фільтрів.

Далі вода проходить дві стадії мембранних фільтрів з різним розміром

прозорів: мікрофільтрація та ультрафільтрація. Видалення органічних речовин здійснюється на напірних вугільних фільтрах, аналогічних схемі №3. Вторинне знезараження води відбувається у резервуарі чистої води.

Удосконалення процесу знезараження води. Крім основної технологічної схеми кондиціювання води окреме дослідження стосується вибору оптимальної технології знезараження води.

У теперішній час на ДВС застосовується технологія знезараження води скрапленим хлором з преамонізацією. Обидва реагенти (хлор та аміак), як вже відзначалось раніше, відносяться до сильнодіючих отруйних речовин і від їх використання в перспективі потрібно відмовитись. Тому, доцільно дослідити ефективність застосування інших знезаражуючих реагентів та їх комбінації, зокрема:

- **гіпохлориту натрію** (електролізного). Використання цього реагенту для знезараження води р. Десна без преамонізації може призводити до утворення значної кількості ТГМ. Проте у технологічних схемах передбачається застосування активованого вугілля (ГАВ або ПАВ), що дозволить знизити до встановлених нормативів концентрацію не тільки цих речовин, але також і значної кількості інших органічних інгредієнтів;

- **діоксиду хлору** - сучасного дезінфікуючого реагенту, який не призводить до утворення ТГМ. Діоксид хлору також має більший час елімінації, що дозволить покращити якість води безпосередньо в точках розбору (кранах споживачів);

- **комбінацію цих реагентів**, а також **ультрафіолетового опромінення та перманганату натрію** (Carusol). Застосування для знезараження комбінації реагентів дасть можливість максимально використовувати переваги кожного з них та нівелювати їх недоліки.

Отже, підсумовуючи вищевикладене, можна зробити наступні висновки. Для можливості досягнення якості питної води відповідно до національних вимог (ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для

споживання людиною») та європейських стандартів (Директива (EU) 2020/2184 від 16 грудня 2020 року щодо якості води, призначеної для споживання людиною) необхідне суттєве оновлення Деснянської водопровідної станції, як у напрямку водоочисних споруд, так і технологій, реагентів, матеріалів тощо. З цією метою запропоновані 4 альтернативні схеми, кожна з яких у випадку її реалізації дозволяє при надійній експлуатації водоочисних споруд отримати гарантовану якість питної води. Стислий зміст вказаних технологічних схем полягає в наступному:

1) Технологічна схема №1 ґрунтується на максимально повному застосуванні існуючих споруд з проведенням (за необхідності) їх часткової реконструкції. Для зниження найбільш «проблемного» показника перманганатної окиснюваності технологічна схема доповнюється стадією видалення органічних речовин із застосування порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ).

2) Технологічна схема №2 аналогічна схемі №1, але для зниження концентрації органічних речовин застосовуються фільтри з гранульованим активованим вугіллям (ГАВ). Для цього улаштовується блок безнапірних або напірних фільтрів та додаткова насосна станція (або група насосів) для подачі води на фільтри.

3) Технологічна схема №3 передбачає застосування системи послідовних напірних фільтрів. Використання системи напірних фільтрів хоча і призводить до значних капітальних затрат, але й відкриває деякі перспективи.

4) Технологічна схема №4 базується на застосуванні сучасних безреагентних методів - мембранних технологій, зокрема, ультрафільтрації. У схемі також передбачені і напірні вугільні фільтри, аналогічно схемі №4.

Для визначення пріоритетної технологічної схеми вони усі мають бути змодельовані на спеціальній пілотній установці. Крім того, по кожній технологічній схемі потрібно встановити попередню оціночну вартість будівництва, обладнання, введення в експлуатацію та ін.

РОЗДІЛ 2. ОЦІНКА МОЖЛИВОСТЕЙ ВПРОВАДЖЕННЯ ТЕХНОЛОГІЧНИХ СХЕМ НА ДЕСНЯНСЬКОЇ ВОДООЧИСНОЇ СТАНЦІЇ

2.1. Загальна методологія оцінки

На першому етапі робіт було розроблено чотири технологічні схеми реконструкції Деснянської водоочисної станції (ДВС), за якими можна досягти гарантованої якості питної води згідно вимог чинного ДСанПіН, а в перспективі - також і норм Європейського законодавства стосовно якості води. На даний час визначити вартість кожного з варіантів з достатньою точністю неможливо, оскільки невідомими залишаються оптимальні технологічні режими експлуатації споруд, витрати реагентів, архітектурно-планувальні рішення тощо.

Однак, вже під час планування пілотних досліджень варто орієнтуватись в тому, яким саме чином може бути впроваджена кожна з запропонованих технологій, і які саме ключові параметри мають бути визначені на кожному етапі досліджень, щоб в майбутньому гарантувати оптимальність обладнання, обраного при розробленні проектно-кошторисної документації.

На етапі попередніх досліджень важливо скласти перелік необхідних заходів для кожного з варіантів, оцінити основні параметри, що впливають на подальшу вартість будівельних робіт та експлуатації (наприклад, продуктивність обладнання, розміри споруд та ін.).

Тому метою даного етапу є не визначення більш-менш точного значення капітальних або експлуатаційних затрат по кожному з варіантів, а лише встановлення правильного підґрунтя для програми їх дослідження на пілотній установці. Для кожної схеми можна також встановити головні переваги та недоліки.

Оскільки доступ до інформації про місця розташування і майданчики очисних споруд водоканалів на час військових дій обмежено, в даному розділі не наводяться схеми і плани розташування. Вони можуть бути розроблені пізніше на стадії передпроектних робіт, або в рамках стадії техніко-економічного обґрунтування.

2.2. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №1

Технологічна схема №1 ґрунтується на максимально повному застосуванні існуючих споруд з проведенням (за необхідності) їх часткової реконструкції. Детально перелік заходів з реконструкції існуючих споруд повинен визначатися під час розроблення проектно-кошторисної документації на основі аналізу стану конструкцій основного обладнання.

Як вже відзначалось раніше, за переважною більшістю показників існуючі споруди забезпечують відповідність якості очищеної води вимогам чинного ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», за виключенням показника перманганатної окиснюваності (який опосередковано характеризує вміст органічних речовин), доцільно доповнити цю схему стадією видалення органічних речовин, приміром, шляхом додавання порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ).

Для забезпечення необхідного часу контакту вугілля з оброблюваною водою подача ПАВ (відповідно і склад його зберігання) повинна бути улаштована на водозаборі або на проміжній ділянці водоводу подачі сирієї води до ДВС. У цьому випадку, щонайбільше буде потрібно:

- будівництво блоку дозування зі складом ПАВ в окремій будівлі;
- обладнання для приготування і дозування вугільної пульпи.

Для підвищення надійності роботи головних очисних споруд у період масового розвитку фітопланктону технологічну схему доцільно також доповнити стадією механічної фільтрації на самопромивних сітчастих або дискових мікрофільтрах. Для її реалізації може бути використане існуюче приміщення ДВС або побудована нова будівля з сендвіч-панелей з відповідним опаленням та внутрішньо майданчиковими під'єднаннями.

Крім того, в рамках реконструкції існуючих споруд передбачається ряд заходів зі збільшення ефективності їх роботи, а саме:

- впровадження мішалок в камерах пластівцеутворення відстійників;
- впровадження систем безперервного видалення осаду з відстійників;
- впровадження ламінарних модулів у відстійниках (за потреби при відповідному обґрунтуванні);
- заміна завантаження фільтрів на більш сучасне (за необхідності);
- перехід на водоповітряну промивку фільтрів і за необхідності заміна системи промивки фільтрів на більш сучасну;
- впровадження системи обробки і повторного використання промивних вод фільтрів та системи обробки осадів з відстійників;
- перехід на більш ефективні коагулянти і флокулянти (за необхідності);
- удосконалення реагентного господарства, систем дозування;
- заміна і удосконалення обв'язки споруд та запірно-регулюючої арматури;
- автоматизація технологічних процесів.

Згідно з існуючою схемою оптимізації систем водопостачання та водовідведення м.Київ будівництво системи обробки промивних вод передбачається здійснювати за кошти окремого Французького пільгового кредиту, на що передбачене фінансування в обсязі 2 353 млн. грн. Вказані кошти і заходи, а також система обробки промивних вод не будуть включатись у варіанти реконструкції.

Таблиця 2.1. Орієнтовний перелік робіт для реалізації технологічної схеми №1

Стадія робіт	Технічні характеристики
1. Будівництво системи обробки води вугільною пульпою	
1.1. Обладнання системи приготування вугільної пульпи	420 кг/год
1.2. Обладнання будівлі складу вугільної пульпи	Ємність 300 т. Будівля з сендвіч панелей 600 м ²
1.3. Підведення електроенергії, забезпечення системи захисту, опалення/вентиляції	Згідно ТУ
2. Самопромивні мікрофільтри	
2.1. Закупівля самопромивних мікрофільтрів	23 од. x 1000 м ³ /год
2.2. Будівля для самопромивних мікрофільтрів	Сендвіч панелі, 150 м ²
2.3. Підведення електроенергії, опалення/вентиляції	Згідно проекту
3. Реконструкція існуючої станції	
3.1. Впровадження мішалок в камерах пластівцеутворення відстійників	121 мішалка, швидкість 30 об/хв з відповідним приводом
3.2. Впровадження систем безперервного видалення осаду з відстійників	121 відстійник
3.3. Впровадження ламінарних модулів у відстійниках (за потреби при відповідному обґрунтуванні)	121 відстійник
3.4. Заміна завантаження фільтрів на більш сучасне (за необхідності)	90 м ³

3.5 Перехід на водоповітряну промивку фільтрів і за необхідності заміна системи промивки фільтрів на більш сучасну	46 фільтрів, площа фільтрування - 5520 м ²
3.6. Удосконалення реагентного господарства, систем дозування	156 насосів-дозаторів, об'єднаних в системи дозування для різних типів реагентів.
заміна і удосконалення обв'язки споруд та запірно-регулюючої арматури	Згідно проекту
3.7. Автоматизація технологічних процесів	Згідно проекту
ВСЬОГО	

Переваги цієї схеми:

- найменша вартість реалізації у порівнянні з іншими варіантами;
- найменші строки впровадження технології;
- максимальне використання існуючих споруд;

Недоліки цієї схеми:

- необхідність постійного використання досить коштовного ПАВ. Наприклад, для забезпечення його дози - 20 мг/л необхідно приблизно 10 т вугілля щоденно;
- склад зберігання ПАВ через вибухонебезпечність відноситься до об'єктів підвищеної небезпеки;
- за неможливості розташування блоку дозування і складу ПАВ на майданчику НС-І буде потрібно додаткове виділення землі поза межами, переданої водоканалу;
- під час реконструкції основні споруди лише відновлюються, отже сумарний строк служби станції буде меншим у порівнянні з будівництвом нової станції.

Ключовими завданнями, які повинні бути вирішені під час пілотних досліджень цієї технологічної схеми, є визначення оптимальної дози ПАВ в різні пори року в залежності від якості вихідної води, часу контакту вугільної пульпи з водою та відстані, на якій має бути розташований блок приготування і дозування ПАВ.

2.3. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №2

Технологічна схема № 2 аналогічна схемі №1, але ґрунтується на застосуванні безнапірних фільтрів з гранульованим активованим вугіллям (ГАВ). Внаслідок неможливості подачі води на фільтри самопливом за висотною схемою, необхідне улаштування додаткової насосної станції (або створення групи насосів) для подачі води на блок вугільних фільтрів.

Таким чином, реалізація технологічної схеми №2 передбачає наступні заходи:

- будівництво блоку вугільних фільтрів загальною корисною площею 2600 м²;
- закупівля ГАВ - 4,68 тис. м³ (10 тис. т) для завантаження фільтрів
- улаштування насосної станції для подачі води на вугільні фільтри;
- будівництво опалювальної будівлі для розміщення фільтрів та насосної станції площею 5000 м²;
- улаштування зовнішніх трубопроводів для підключення

Аналогічно схемі №1 здійснюється будівництво системи самопромивних фільтрів, а також виконуються заходи з реконструкції існуючих споруд:

- впровадження мішалок в камерах пластівцеутворення відстійників;
- впровадження систем безперервного видалення осаду з відстійників;
- впровадження ламінарних модулів у відстійниках (за потреби при відповідному обґрунтуванні);

- заміна завантаження фільтрів на більш сучасне (за необхідності);
- перехід на водоповітряну промивку фільтрів і за необхідності заміна системи промивки фільтрів на більш сучасну;
- впровадження системи обробки і повторного використання промивних вод фільтрів та системи обробки осадів з відстійників;
- перехід на більш ефективні коагулянти і флокулянти (за необхідності);
- удосконалення реагентного господарства, систем дозування;
- заміна і удосконалення обв'язки споруд та запірно-регулюючої арматури;
- автоматизація технологічних процесів.

Таблиця 2.2. Орієнтовний перелік робіт для реалізації технологічної схеми №2

Стадія робіт	Технічні характеристики
1. Будівництво системи обробки води у вугільних фільтрів	
1.1. Будівництво фільтрів	Корисна площа 2600 м ²
1.2. Закупівля ПАВ для завантаження фільтрів	10 тис. т
1.3. Будівництво підвищувальної насосної станції	Q = 21 тис. м ³ /год, H = 10 м
1.4. Будівництво будівлі для розміщення фільтрів та НС	Будівля сендвіч панелей 5000 м ²
2. Самопромивні мікрофільтри	
2.1. Закупівля самопромивних мікрофільтрів	23 од. x 1000 м ³ /год
2.2. Будівництво будівлі для самопромивних	Сендвіч панелі, 150 м ²

Стадія робіт	Технічні характеристики
мікрофільтрів	
2.3. Підведення електроенергії, опалення/вентиляції	Відповідно до ТУ
3. Реконструкція існуючої станції	
3.1. Впровадження мішалок в камерах пластівцеутворення відстійників	121 мішалка, швидкість 30 об/хв з відповідним приводом
3.2. Впровадження систем безперервного видалення осаду з відстійників	121 відстійників
3.3. Впровадження ламінарних модулів у відстійниках (за потреби при відповідному обґрунтуванні)	121 відстійників
3.4. Заміна завантаження фільтрів на більш сучасне (за необхідності)	90 м ³
3.5 Перехід на водоповітряну промивку фільтрів і за необхідності заміна системи промивки фільтрів на більш сучасну	46 фільтрів, площа фільтрування - 5520 м ²
3.6. Удосконалення реагентного господарства, систем дозування	156 насосів-дозаторів, об'єднаних в системи дозування для різних типів реагентів.
заміна і удосконалення обв'язки споруд та запірно-регулюючої арматури	Згідно проекту
3.7. Автоматизація технологічних процесів	Згідно проекту
ВСЬОГО	

Переваги цієї схеми:

- невисокі експлуатаційні витрати у порівнянні зі схемою №1;
- відсутність необхідності будівництва нових споруд;

Недоліки цієї схеми:

- необхідність періодичної заміни або регенерації великих об'ємів активованого вугілля;
- необхідність улаштування додаткової НС і, відповідно, додаткові витрати електроенергії;
- під час реконструкції основні споруди лише відновлюються, отже сумарний строк служби станції буде меншим у порівнянні з будівництвом нової станції.

Ключовими завданнями, які повинні бути вирішені під час пілотних досліджень цієї технологічної схеми, є визначення необхідного часу контакту активованого вугілля з водою, а отже необхідної висоти фільтруючого шару ГАВ. Можливо шару ГАВ, який знаходиться у складі багатошарового завантаження існуючих швидких фільтрів, буде достатньо.

2.4. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №3

Технологічна схема №3 ґрунтується на застосуванні системи послідовних напірних фільтрів (три ступені). Перед фільтрами першого ступеня в напірний трубопровід подається коагулянт, відповідно, ці фільтри працюють в режимі контактної коагуляції. Інші фільтри забезпечують більш глибоке очищення води. Фільтри перших двох ступенів, як правило, завантажуються багатошаровим завантаженням з інертних матеріалів (пісок, цеоліт тощо); фільтри третього ступеня – ГАВ (вони призначені для видалення з води органічних сполук).

Для реалізації такої схеми передбачається нове будівництво на майданчику поблизу існуючих очисних споруд або на місці демонтованих будівель окремих

черг станції, які будуть виводитись з експлуатації. Нове будівництво включатиме:

- закупівлю напірних фільтрів;
- закупівлю насосного обладнання підвищувальної насосної станції для подачі води на напірні фільтри;
- будівництво або улаштування опалюваної будівлі розмірами 90 000 м² з додатковим необхідним обладнанням (насосами-дозаторами та ін.)

Аналогічно технологічним схемам №1 та №2 у технологічній схемі №3 передбачається застосування мікрофільтрів для видалення фітопланктону під час «цвітіння» водойми. Однак реконструкція існуючих споруд за цією схемою не відбувається, існуючі споруди поступово виводяться з експлуатації та/або консервуються.

Таблиця 2.3. Орієнтовний перелік робіт для реалізації технологічної схеми №3

Стадія робіт	Технічні характеристики
1. Будівництво нової фільтрувальної станції з використанням напірних фільтрів	
1.1. Закупівля фільтрів I та II ступенів	Фільтр дисковий Saleplas EFADI 400,130 мкм, кількість – 40 шт., $Q_{\text{загальна}}=24\ 960$ м ³ /год.
1.2. Закупівля фільтрів III ступеня (вугільних)	PWG C-2815, кількість - 40 одиниць, $Q_{\text{загальна}}=200\ 000$ м ³ /h
1.3. Закупівля насосів підвищувальної насосної станції	$Q = 20000$ м ³ /год, $H = 30$ м
1.4. Будівля для розміщення фільтрів та НС	Будівля з сендвіч панелей 90 000 м ² , опалювана з додатковим обладнанням
2. Самопромивні мікрофільтри	

2.1. Закупівля самопромивних мікрофільтрів	23 од. x 1000 м ³ /год
2.2. Будівництво будівлі для самопромивних мікрофільтрів	Сендвіч панелі, 150 м ²
2.3. Підведення електроенергії, опалення/вентиляції	Відповідно до ТУ
ВСЬОГО	

Переваги цієї схеми:

- можливість почергового переведення станції на напірну схему шляхом запуску окремих комплексів;
- можливість ефективнішого використання площі споруд (напірні фільтри працюють при більш високих швидкостях фільтрування);
- можливість інтенсифікації режимів промивки фільтрів і скорочення витрат води на власні потреби;
- можливість розташування поза висотною схемою;
- простота експлуатації і обслуговування;
- більший строк експлуатації, оскільки будуються нові очисні споруди.

Недоліки цієї схеми:

- висока вартість у порівнянні з варіантами реконструкції існуючих споруд;
- значні витрати електроенергії на створення додаткового тиску. Можливо, їх можна буде скоротити, здійснивши, приміром, заміну насосів НС-І, трубопроводів подачі води і т.п., але це буде уточнюватися при проектуванні;
- значна площа опалюваних споруд.

Під час пілотних досліджень цієї технологічної схеми необхідно звернути особливу увагу на визначення оптимальних швидкостей фільтрування для води

конкретної якості на кожній стадії фільтрування. Імовірно існує можливість збільшити швидкості фільтрування і, відповідно, скоротити кількість фільтрів і площу, під ними.

2.5. Принципові рішення та попередня оцінка вартості технологічної схеми №4

Технологічна схема №4 передбачає застосування безреагентних мембранних технологій: на першому етапі застосовується напірний фільтр у безреагентному режимі, на другому – ультрафільтрація. Для надійного очищення води за показниками вмісту органічних речовин на останньому етапі застосовуються напірні вугільні фільтри, аналогічно схемі №3.

Мембранний модуль включає блок ультрафільтраційного очищення з вузлом хімічної промивки; він може ефективно працювати з таким самим напором, як і напірні фільтри.

Для реалізації такої схеми передбачається нове будівництво на майданчику поблизу існуючих очисних споруд або на місці демонтованих будівель окремих черг станції, які будуть виводитись з експлуатації. Нове будівництво включатиме:

- закупівлю напірних фільтрів;
- закупівлю мембранних систем та систем промивки і регенерації мембран;
- закупівлю насосного обладнання підвищувальної насосної станції для подачі води на напірні фільтри;
- будівництво або улаштування опалюваної будівлі розмірами 90 000 м² з додатковим необхідним обладнанням.

Аналогічно технологічними схемам №№1-3 у даній технологічній схемі передбачається застосування мікрофільтрів для видалення фітопланктону під час «цвітіння» водойми.

Таблиця 2.4. Орієнтовна вартість реалізації технологічної схеми №4

Стадія робіт	Технічні характеристики
1. Будівництво нової фільтрувальної з використанням напірних фільтрів	
1.1. Закупівля фільтрів I ступеня	Фільтр дисковий Saleplas EFADI 400,130 мкм, кількість – 40 шт., $Q_{\text{загальна}}=24\,960\text{ м}^3/\text{год}$.
1.2. Закупівля мембранних установок в комплекті з системами промивки	PWG PAUF-1880, кількість - 40 одиниць, $Q_{\text{загальна}}= 230\,000\text{ м}^3/\text{h}$
1.3. Закупівля фільтрів II ступеня (вугільних)	PWG F-2815, кількість -40 одиниць, $Q_{\text{загальна}}= 200\,000\text{ м}^3/\text{h}$
1.4. Закупівля насосів підвищувальної насосної станції	$Q = 20000\text{ м}^3/\text{год}$, $H = 30\text{ м}$
1.5. Будівля для розміщення фільтрів та НС	Будівля із сендвіч панелей $90\,000\text{ м}^2$, опалювана з додатковим обладнанням
1.6. Інші будівельні роботи	
2. Самопромивні мікрофільтри	
2.1. Закупівля самопромивних мікрофільтрів	23 од. x $1000\text{ м}^3/\text{год}$
2.2. Будівля для самопромивних мікрофільтрів	Сендвіч панелі, 150 м^2
2.3. Підведення електроенергії, опалення/вентиляції	Відповідно до ТУ
2.4. Інші будівельні роботи	
ВСЬОГО	

Переваги цієї схеми:

- відсутність реагентної обробки води;
- можливість почергового переведення станції на напірну схему шляхом запуску окремих комплексів;
- підвищена надійність водопостачання і відмовостійкість
- можливість інтенсифікації режимів промивки фільтрів і скорочення витрат води на власні потреби;
- можливість розташування поза висотною схемою;
- більший строк експлуатації, оскільки будуються нові очисні споруди.

Недоліки цієї схеми:

- найбільша вартість серед запропонованих технологічних схем;
- необхідність організації складного процесу промивки і регенерації мембран спеціальними реагентами;
 - значні витрати електроенергії на створення додаткового тиску. Можливо, їх можна буде скоротити, здійснивши, приміром, заміну насосів НС-І, трубопроводів подачі води і т.п., але це буде уточнюватися при проектуванні;
 - значна площа опалюваних споруд.

Під час пілотних досліджень цієї схеми необхідно звернути особливу увагу на варіант її спрощення, якщо буде встановлено можливість виключення зі схеми фільтрів першого та третього ступенів. В такому випадку, сумарна вартість будівництва зменшиться.

2.6. Переваги і недоліки запропонованих методів знезараження води

В рамках пілотних досліджень передбачається також відпрацювати оптимальні режими знезараження води з використанням сучасних реагентів. Оскільки на даній стадії робіт види та орієнтовні оптимальні дози знезаражуючих реагентів невідомі, практично неможливо підібрати відповідне обладнання для

дозування реагентів, а тим більше визначити їх необхідні обсяги. Тому, нижче будуть розглянуті принципово можливі технології знезараження, їх переваги та недоліки. Крім того, будуть сформульовані основні вимоги до пілотних досліджень в частині визначення оптимальних доз дезінфікуючих реагентів.

Використання газоподібного (скрапленого) хлору є одним з найстаріших і найрозповсюдженим у світі методом знезараження води. Однак через високу токсичність та небезпеку поводження обсяги його застосування у процесах підготовки питної води, принаймні у розвинутих країнах, постійно скорочуються. Найбільш проблема, зумовлена застосуванням хлору на ДВС, стосується його зберігання. ДВС і відповідно її склади фактично знаходяться у межах міста, тому зберігання значних запасів хлору (до 30 днів) створює постійну загрозу виникнення техногенних ризиків через можливі аварії на хлорному господарстві навіть у мирний час. У військовий же час руйнування складу хлору, приміром, внаслідок потрапляння до нього ракети або снаряду, може спричинити настільки масштабні наслідки, що існуючі системи захисту не будуть спроможні справитись з ними. Існуючі плани ліквідації аварійних ситуацій зазвичай ґрунтуються на припущенні, що в найгіршому випадку з ладу виходить (руйнується) лише одна ємність з хлором, в той час як при потраплянні снаряду цілком вірогідний сценарій, коли одночасно будуть зруйновані всі ємності.

Отже, незважаючи на достатню вивченість і надійність процесу знезараження води хлором, серед його основних недоліків слід відзначити наступні:

- постійна безпека техногенних ризиків;
- утворення значної кількості побічних хлорорганічних сполук;
- необхідність точного дозування та тривалого контакту водою;
- необхідність дотримання особливих правил безпеки поводження з хлором;
- недостатня ефективність проти деяких вірусів і найпростіших.

Для зниження вмісту побічних продуктів при обробленні води хлором на ДВС застосується метод хлорамонізації, заснований на введенні у воду аміаку і утворенні

моно- і діхлорамінів, які також мають бактерицидну дію. Вважається, що метод хлорамонізації у порівнянні з простим хлоруванням має такі переваги, як суттєве скорочення утворення ТГМ та більша пролонгована дія.

До недоліків відносяться:

- необхідність зберігання газоподібного аміаку, який теж відноситься до токсичних речовин (його можна замінити на більш безпечний, але суттєво дорожчий сульфат амонію);
- менша ефективність бактерицидної дії.

Враховуючи вищесказане, очевидно, що для підвищення безпеки ДВС метод хлорування газоподібним хлором навіть з преамонізацією має бути замінений альтернативними більш безпечними методами.

Гіпохлорит натрію з хімічної точки зору і за механізмом дії є аналогічним хлору, а отже його бактерицидна ефективність (за умови відповідності доз за активним агентом) має бути тотожною хлору. Оскільки гіпохлорит натрію одержується у вигляді розчинів і не є летучим, поводження з ним набагато знижує вірогідність виникнення техногенних ризиків.

Гіпохлорит натрію може отримуватись хімічним шляхом і постачатись на станцію у вигляді товарного продукту або вироблятися електролізними установками безпосередньо на місце застосування.

До переваг застосування привізного гіпохлориту слід віднести його достатню вивченість (як і для хлору) та значно більшу порівняно з хлором безпеку при застосуванні.

До недоліків відносяться:

- значна втрата активності під час зберігання (до 50 % при зберіганні протягом місяця);
- можлива зміна рН і утворення осадів в трубопроводах подачі реагенту;
- утворення побічних продуктів, зокрема ТГМ;

- високо концентровані розчини є токсичними і поводження з ними потребує певних заходів безпеки.

Серед основних переваг електролізного гіпохлориту натрію потрібно відзначити відсутність необхідності улаштування спеціальних складів для зберігання токсичних речовин – вихідним реагентом для його одержання є звичайна поварена сіль (хлорид натрію). Крім того, невисоко концентровані розчини цього реагенту не втрачають активності у часі і помітно не змінюють рН.

До недоліків відносяться:

- необхідність капітальних витрат на закупівлю електролізерів;
- необхідність підведення потужних ліній для електролізу та високі витрати електроенергії;
- утворення побічних продуктів, зокрема ТГМ;
- утворення певної кількості водню під час електролізу;
- необхідність періодичної заміни електродів.

Гіпохлорит кальцію – реагент, менш поширений у світовій практиці водопостачання, а в Україні практично не застосовується, насамперед, через дещо вищу у порівнянні з гіпохлоритом натрію вартість. Проте як реагент для тимчасового застосування на випадок військових дій він має ряд переваг, зумовлених тим, що постачається у твердій формі та не втрачає активності у часі (цей реагент раніше використовувався в умовах військового конфлікту в Донецькій і Луганській областях). Гіпохлорит кальцію безпечніший за хлор, а його впровадження у технологію водопідготовки не призводить до суттєвих ускладнень.

До недоліків відносяться:

- порівняно висока вартість;
- відсутність методологічної бази для застосування в Україні;
- утворення побічних продуктів, зокрема ТГМ;
- можливість утворення певної кількості осаду після розчинення реагенту.

Отже наведені вище реагенти мають переваги порівняно з хлором в частині

техногенної безпеки. Водночас при їх застосуванні утворюються побічні хлорорганічні сполуки, внаслідок чого ці реагенти повинні застосовуватися або як компонент комплексного знезараження, або лише разом з технологією, як дозволяє глибоко видаляти органічні речовини, приміром, активованим вугіллям.

Враховуючи, що механізм дії всіх зазначених реагентів є однаковим, при моделюванні на пілотній установці достатньо використовувати лише один з них.

В той же час при подальшому виборі технології знезараження, розглядатись можуть різні її варіації. Гіпохлорит кальцію може розглядатись як резервний на випадок припинення постачання основного реагенту, оскільки має тривалий строк зберігання і перехід на його застосування не призводить до значних ускладнень.

Застосування діоксиду хлору відноситься до сучасних ефективних технологій знезараження води, яка характеризується принципово відмінним від розглянутих вище реагентів механізмом дії. Хоча сам діоксид хлору є летучою токсичною речовиною, технологія його впровадження передбачає вироблення реагенту на місці застосування, що мінімізує імовірність його витоку. Реагент зазвичай виробляється спеціальними генераторами з хлориту натрію та соляної кислоти (в залежності від варіанту – концентрованої або розведеної).

До переваг технології знезараження діоксидом хлору слід віднести:

- відсутність утворення ТГМ;
- достатньо потужний окиснювальний потенціал;
- ефективність при значно менших дозах;
- більший час елімінації (довше пролонгована дія)

До недоліків відносяться:

- висока вартість (дорожчий за хлорвмісні реагенти навіть з урахуванням менших доз);
- хлорит натрію відноситься до токсичних (хоча і нелетучих) речовин і не виготовляється в Україні;
- концентрована соляна кислота віднесена до прекурсорів.

Враховуючи позитивний досвід впровадження діоксиду хлору на Дніпровській водоочисній станції м. Київ, цей реагент представляється одним з найбільш перспективних і для ДВС.

Під час досліджень важливо визначити оптимальні дози реагенту в різні періоди року і, якщо дози будуть завеликими, розглянути можливості його сумісного застосування з іншими реагентами і методами

УФ-опромінення достатньо широко застосовується у світовій практиці водопідготовки. Серед основних переваг цього методу знезараження відзначаються його екологічність (відсутність хімічних реагентів і їх побічних продуктів) та підвищене віруцидна активність.

До основних недоліків відносяться:

- відсутність пролонгованої дії, а отже необхідність застосування виключно з іншими реагентами;
- порівняно висока вартість впровадження та високі витрати електроенергії.

Зрозуміло, що УФ-опромінення може використовуватись виключно в комбінації з іншими реагентами, але його випробування у даних дослідженнях може бути корисним як з погляду більш широкого спектру знезараження, так і зі зменшення доз інших знезаражуючих реагентів. Тому, УФ-знезараження також має бути вивчено в рамках пілотних досліджень.

Методи обробки води перманганатами металів використовуються в основному для окиснення розчинених в ній речовин, насамперед, органічних та сполук мангану (II). Однак ці реагенти мають певні дезінфікуючі властивості, а тому можуть бути використані для і цілей знезараження води.

Застосування перманганату калію в практиці централізованого водопостачання в Україні обмежено тим фактом, що він віднесений до прекурсорів для отримання наркотичних речовин, а отже підлягає особливому обліку і контролю. Проте перманганат натрію (принаймні препарат Carusol) на даний час має відповідні документи, що засвідчують його неналежність до прекурсорів і

відсутність необхідності особливого обліку. Цей реагент постачається у вигляді рідкого концентрату. До переваг перманганатів можна відноситися високий окиснювальний потенціал та відсутність утворення ТГМ.

До основних недоліків відносяться:

- інтенсивна забарвленість вихідного розчину;
- необхідність досить точного дозування (при передозуванні вода набуває рожевого забарвлення);
- порівняно висока вартість перманганату натрію (реагент Carusol) та відсутність його виробництва в Україні;
- віднесення перманганату калію до прекурсорів.

У пілотних дослідженнях перманганат натрію доцільно застосовувати разом з іншими знезаражуючими реагентами.

РОЗДІЛ 3. ВИМОГИ ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ПІЛОТНОЇ УСТАНОВКИ.

3.1. Принципові вимоги до виготовлення пілотної установки

Під час виконання кваліфікаційної роботи було розроблено кілька нових технологічних схем очищення та знезараження води, які можуть бути запроваджені на Деснянській водопровідній станції. Задля досягнення найкращих результатів необхідно проведення всебічних науково-технологічних досліджень, результати яких дозволять визначити оптимальні режими запропонованих процесів. Враховуючи сказане, були визначені вимоги до виготовлення пілотної установки в цілому та для її окремих складових.

Ключові вимоги сформульовані наступним чином.

Пілотна установка призначена для відпрацювання технологічних прийомів, призначених для удосконалення технології очищення і знезараження води на ДВС м. Київ. Її конструкційні елементи повинна забезпечувати моделювання не тільки існуючих на даний час на ДВС технологічних процесів (коагуляція з подальшим відстоюванням та фільтрування на швидких фільтрах) та режими їх роботи, але й нових, удосконалених процесів водопідготовки, зокрема:

- використання порошкоподібного активованого вугілля;
- використання безнапірних фільтрів з гранульованим активованим вугіллям;
- застосування напірної схеми фільтрування – три стадії напірних фільтрів (2 - зі звичайним завантаженням, 1 - вугільний);
- застосування мембранних технологій (мікро- та ультрафільтрація), разом з напірними фільтрами.

Для дослідження процесів реагентної обробки води пілотна установка повинна забезпечувати можливість подачі реагентів - коагулянтів (сухих або рідких), гіпохлориту натрію, діоксиду хлору, перманганату натрію (реагент Carusol), вугільної пульпи в різні точки технологічного ланцюга, а також моделювати процес знезараження води УФ-опроміненням.

Крім того на установці повинна бути передбачена можливість промивки фільтруючого завантаження (звичайний матеріал, гранульоване активоване вугілля) та мембран в режимах, тотожних реальним спорудам.

Пілотна установка повинна забезпечувати можливість паралельної роботи щонайменше 2 ліній: напірної і безнапірної. Розрахункова продуктивність кожної лінії має становити – 1 м³/год з можливістю зменшення продуктивності для регулювання окремих режимів. Для монтажу установки Замовник надає постачальнику згідно переліку насосне та дозуюче обладнання, яке той застосовує при облаштуванні установки.

Метою роботи є: визначення оптимальних технологій очищення та знезараження води на Деснянський водопровідній станції для одержання питної води гарантованої якості згідно вимог ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною»), а в перспективі – вимог Директива (EU) 2020/2184 від 16 грудня 2020 року щодо якості води, призначеної для споживання людиною. Обґрунтування оптимальної технології повинне ґрунтуватись на вивченні і аналізі:

- якості води джерела водопостачання р. Десна в місці водозабору (зокрема, з урахуванням наявних прогнозів щодо можливих змін її якості) та води на всіх етапах очищення і знезараження на ДВС;

- існуючої технології очищення і знезараження води та стану очисних споруд на ДВС для визначення проблемних питань і шляхів їх вирішення;

- сучасних технологій, конструкцій та обладнання провідних розробників (виробників) для процесів водопідготовки з поверхневих джерел, і досвіду їх застосування у зарубіжних країнах (з близькими параметрами якості вихідної води та фактичної виробничої потужністю очисних споруд - не менше 500 тис. м³/добу).

При цьому повинні враховуватися як технологічні особливості процесу, так і орієнтовна вартість капітальних витрат на їх реалізацію, та подальшу експлуатацію.

Дослідження технологічних режимів очищення і знезараження води та параметрів роботи споруд в обраному оптимальному варіанті повинні здійснюватися на пілотній установці в усі сезони року (для можливості оцінки ефективності очищення води у найбільш несприятливі періоди року).

За результатами проведених технологічних розрахунків та вивчення всіх необхідних регламентів були сформовані вимоги для пілотної установки з урахуванням реальних умов ДВС з можливістю підключення всіх необхідних комунікацій.

Для проведення досліджень створюється пілотна установка для моделювання технологічних схем. Продуктивність установки повинна бути мінімальною, оскільки вода з неї не буде подаватися у систему водопостачання.

Ключові вимоги до пілотної установки наступні:

- можливість роботи у безперервному режимі на реальній воді, яка поступає на ДВС;
- можливість моделювання вказаних вище технологічних схем; режими роботи конструктивних елементів установки повинні бути максимально наближені до реальних споруд;
- забезпечення можливості порівняння різних технологічних схем (при одночасній роботі щонайменше 2 схем);
- забезпечення можливості відпрацювання технологічних режимів окремих стадій очищення, підбору реагентів, уточнення їх доз тощо;
- можливість відбору проб для контролю (зокрема, апаратурного) якості води;
- забезпечення максимальної гнучкості технологічної схеми щодо процесів, які будуть моделюватися;
- можливість швидкого демонтажу та перевезення конструкцій установки.

Реалізація усього комплексу робіт на пілотній установці дозволить не тільки провести глибокі дослідження на ДВС в рамках даного проекту, але й відкриє перспективи подальшого удосконалення технологічних процесів підготовки питної води у системах централізованого водопостачання м. Київ або інших населених пунктів України.

3.2. Загальний опис технологічної схеми пілотної установки

Раніше (розд. 1) було представлено 4 технологічні схеми, які необхідно буде змоделювати в процесі тривалих досліджень. Водночас, оскільки вказані технологічні схеми мають багато спільного, задля спрощення і економії коштів було прийнято рішення щодо об'єднання усіх технологічних схем в одну установку, зі збереженням при цьому можливості моделювання будь-якої зі схем окремо (рис. 3.1).

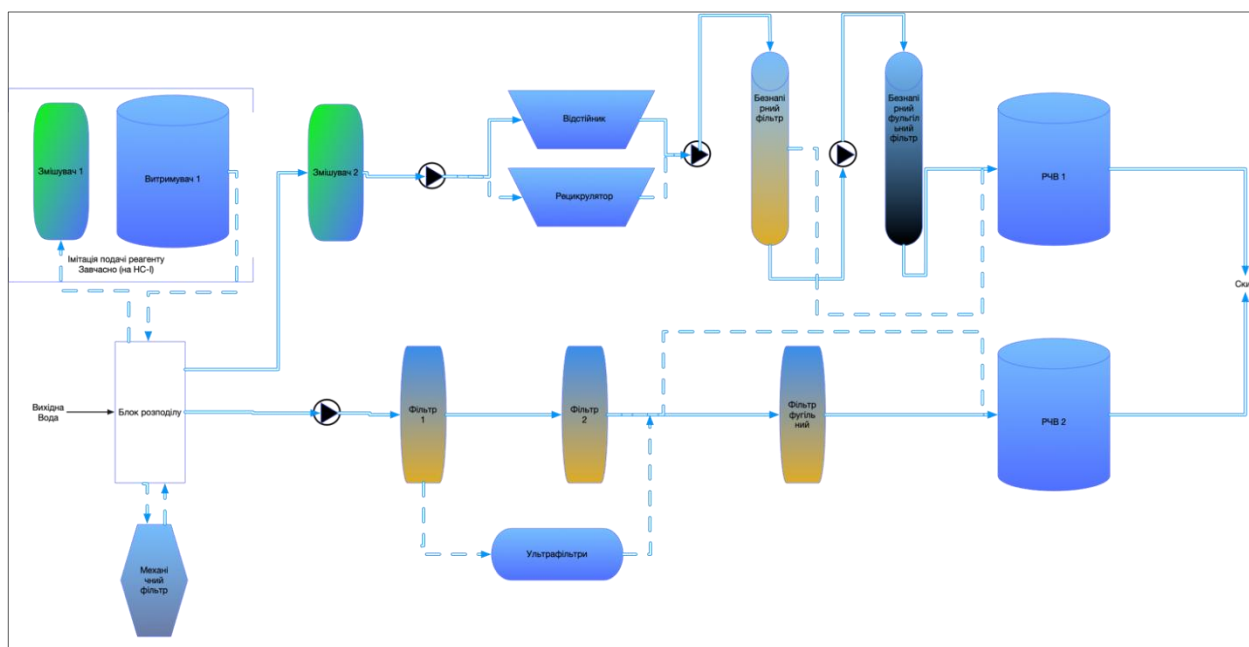


Рис. 3.1. Принципова схема технологічної комплексної установки

На наведеній пілотній установці передбачені дві паралельно працюючі основні технологічні лінії очищення: напірна і безнапірна (кожна включає декілька варіантів переключення). До безнапірної схеми входять блоки, що моделюють

змішувачі, відстійники, безнапірні фільтри (звичайні та вугільні). Напірна схема включає 3 напірних фільтри (2 звичайні, один вугільний) та модуль ультрафільтрації.

Додатково на установці передбачена можливість підключення мікрофільтрів для видалення фітопланктону у періоди «цвітіння» води (мікрофільтри можуть бути використані як перед безнапірною, так і перед напірною схемами).

Крім того, для моделювання подачі реагентів на насосній станції I-підйому (НС-I) передбачено окремий блок з витримувачем, тривалість перебування води в якому відповідає часу знаходження води в трубопроводах від НС-1 до ДВС.

За принциповою схемою (рис. 3.2) подача реагентів може здійснюватися в наступні ключові точки:

- ✦ у змішувач 1 - для моделювання подачі реагентів на НС-1;
- ✦ у змішувач 2 - для моделювання подачі реагентів у змішувачі безнапірної схеми та первинного знезараження;
- ✦ безпосередньо у трубопроводі перед фільтрами 1 - для моделювання подачі реагентів у змішувачі напірної схеми та первинного знезараження. Перемішування здійснюється за рахунок турбулентності потоку води в трубі;
- ✦ у відповідні ємності (РЧВ) - для моделювання вторинного знезараження.

Відбір проб води для аналізу передбачений після кожного ступеня очищення.

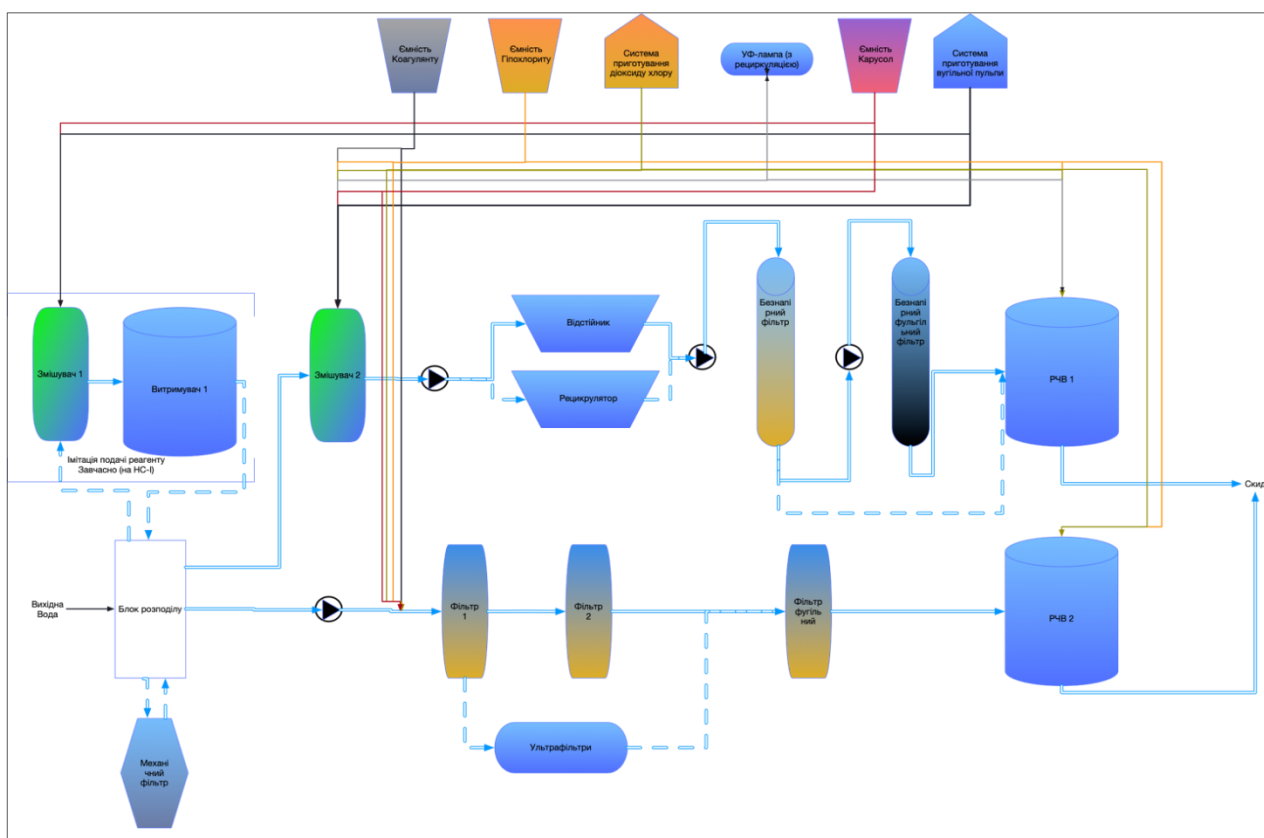


Рис. 3.2. Схема подачі реагентів

Для організації безперервного процесу роботи установки необхідно забезпечити можливість періодичної промивки частини обладнання, в першу чергу, об'ємних швидких фільтрів. За схемою підключення промивних вод та скиду відпрацьованих вод (рис. 3.3) для промивки фільтрів передбачається застосування різних типів води, зокрема: вихідна вода; очищена вода та водо-повітряна суміш. Крім того, має бути забезпечена можливість коригування режимів промивки (витрат води, повітря тощо).

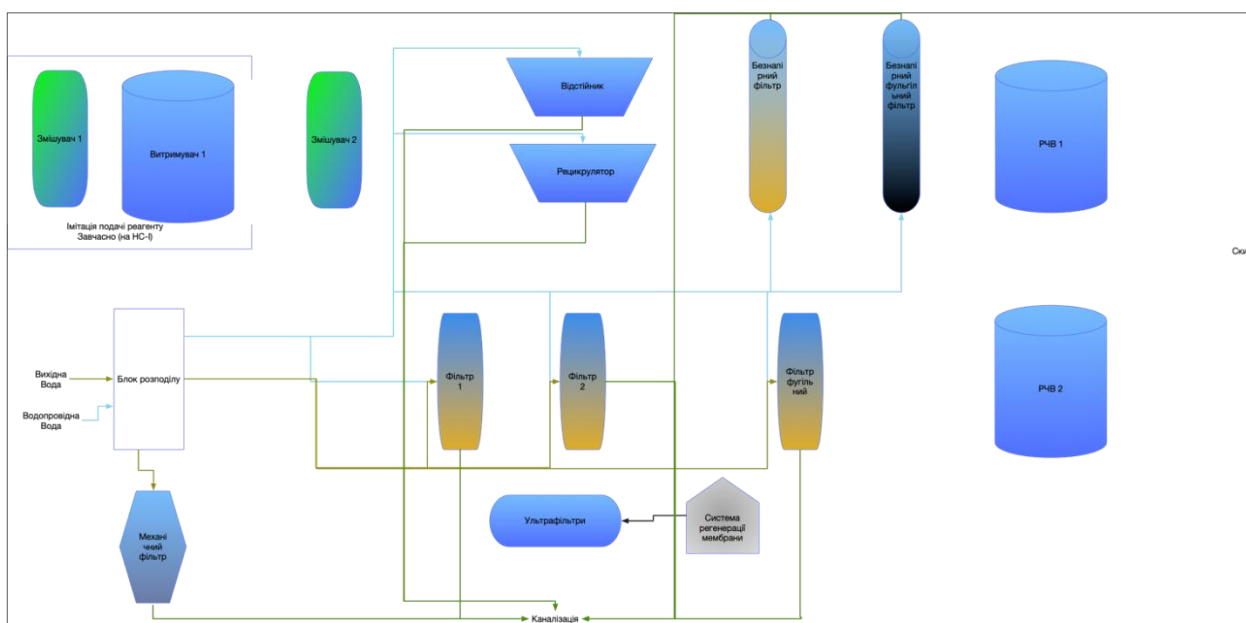


Рис. 3.3. Схема підключення промивних вод та скиду відпрацьованих вод

Також через складність у схемах обв'язки установки, при проектуванні установки було прийнято рішення щодо необхідності застосування комутаційної панелі для можливості безпосереднього підключення кожного елементу установки (входу, виходу, промивки і т.д.).

Задля цього на кожному вході встановлюється запірна арматура та передбачається місце для підключення гнучкого шлангу. Комутація виходу одного елементу з входом іншого здійснюється шляхом встановлення гнучких поліетиленових шлангів, які фіксуються за допомогою конекторів-ущільнювачів. Трубопроводи, арматура і фітинги дозволяють працювати в напірному режимі, що зменшує кількість необхідних насосів. Крім того, створюється можливість підключення виходу будь-якого елементу до пробовідбірника або технологічних приладів контролю (фотометру, мутноміру, іономіру, вимірювальних комірок тощо). Таке рішення значно спрощує відбір проб води порівняно з улаштуванням чисельних пробовідбірників.

На комутаційній панелі розмішуються також насоси-дозатори (15 од.), які забезпечують подачу реагентів на різні елементи пілотної установки. подача

реагентів здійснюється з ємностей, розташованих поблизу комутаційної панелі.

Для промивки передбачені спеціальний насос і компресор, які також можуть комутуватися з входами промивки різних фільтрів завдяки комутаційній панелі.

Конструктивно блок складається з 4 частин (рис. 3.4): комунікаційна частина зі з'єднувальними трубами; блок пробовідбірників; насосна станція з регуляторами частоти струму; рама для встановлення ємностей і насосів дозаторів. Детальні креслення блоку комутації наведені в дод. А.1.

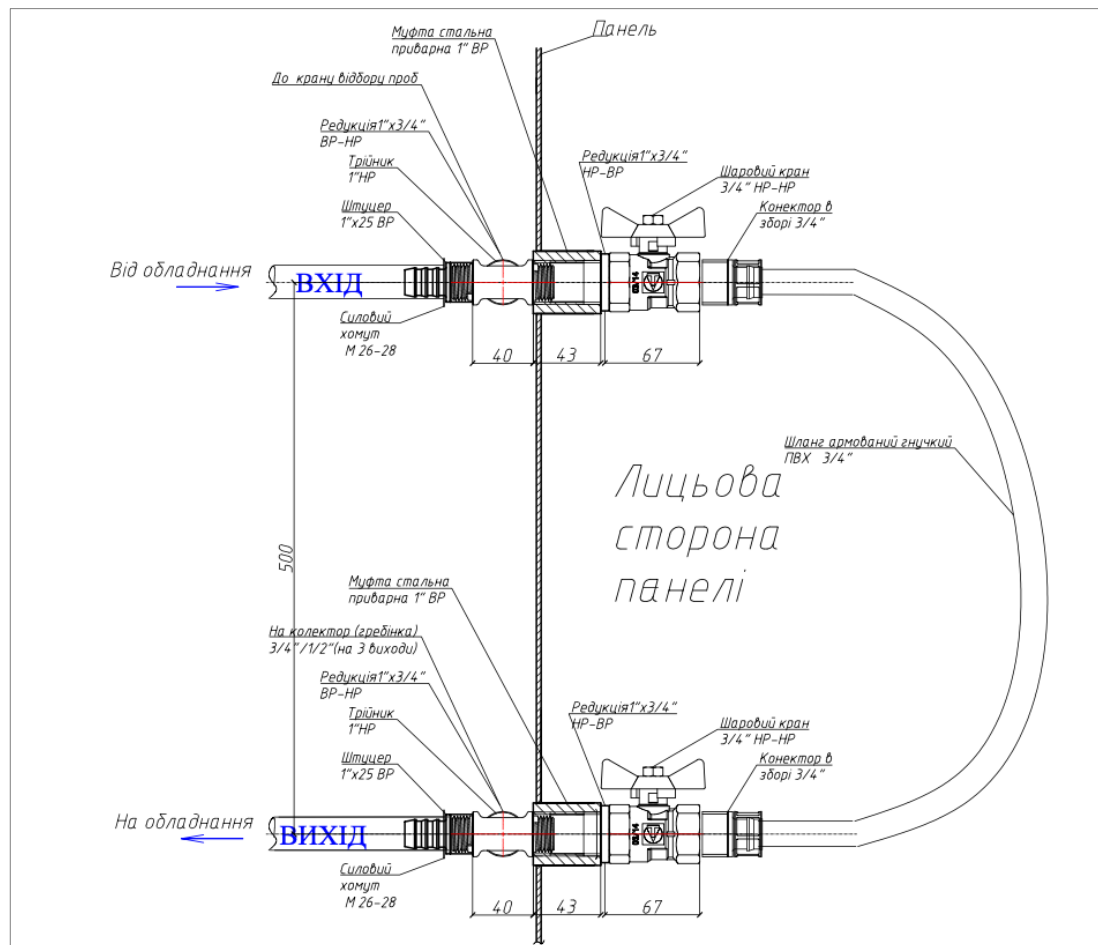


Рис. 3.4. Комунікаційна частина зі з'єднувальними трубами.

Блок управління гідравлічними напрямками та комутації призначений для вільного переключення між різними технологічними схемами (рис. 3.5). Блок повинен включати 16 входів і виходів, між якими може забезпечуватися вільне переключення води (подачу з одного будь-якого входу на будь-який інший) з

можливістю комутації режимів: безнапірний – безнапірний, напірний – напірний, а щонайменше для трьох входів виходів безнапірний – напірний (з застосуванням відповідного насосу). Детальне креслення блоку управління гідравлічними напрямками та комутації надано в додатку А.1.

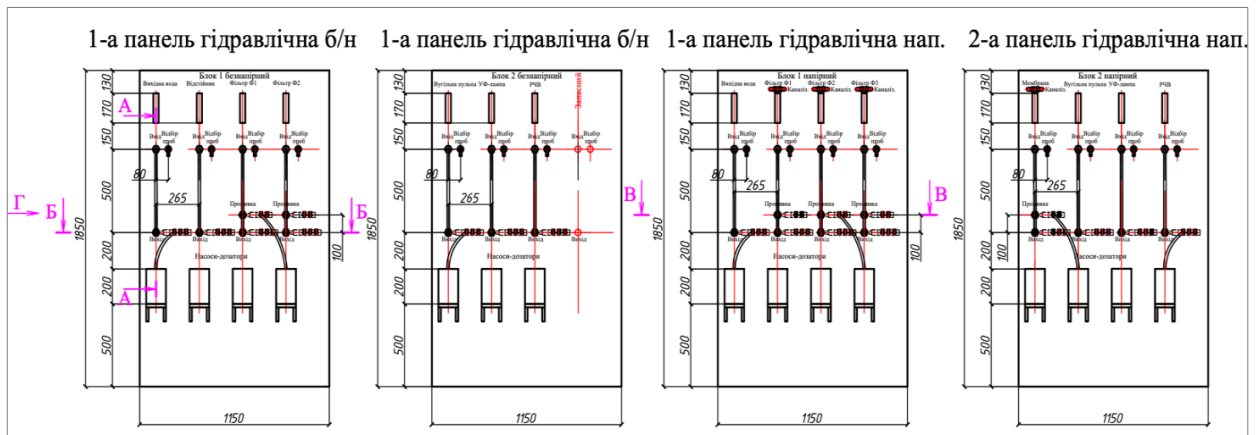


Рис.3.5. Блок управління гідравлічними напрямками та комутації.

Панель пробовідбірників з нержавіючої сталі (рис. 3.6) повинна бути сумісною з блоком управління гідравлічними напрямками та забезпечувати можливість відбору проб в усіх контрольних точках схеми (16 од.). Детальне креслення панелі пробовідбірників надано на в додатку А.2.

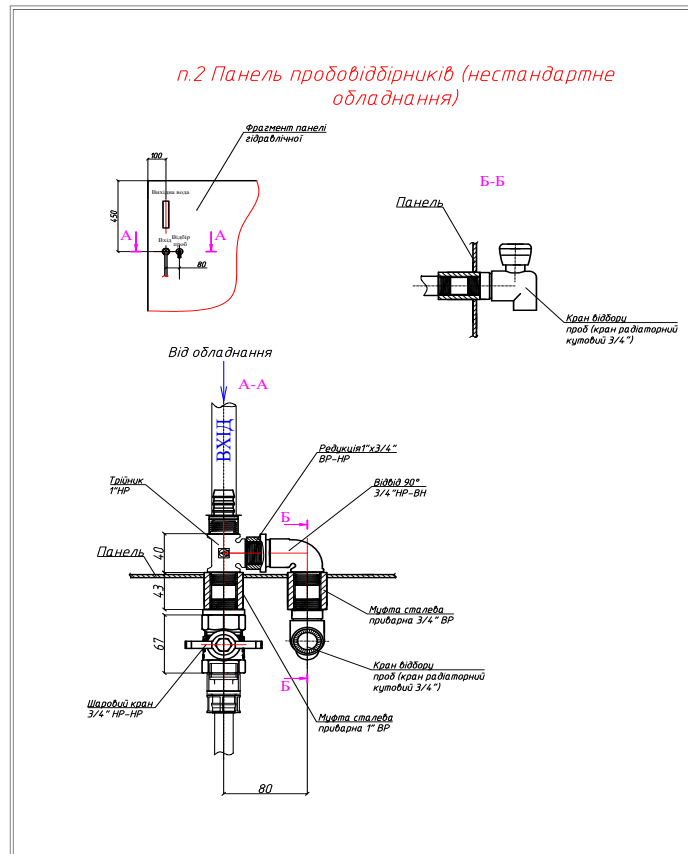


Рис.3.6. Панель пробовідбірників

Електричний блок керування установкою забезпечує централізоване управління всім насосним та компресорним обладнанням, а також централізує інформацію щодо несправностей обладнання. Він повинен бути сумісним з блоком управління гідравлічними напрямками та обладнанням.

При реалізації такого рішення забезпечується спрощення схеми обв'язки елементів пілотної установки і досягається її максимальна гнучкість.

Комутаційна панель з задньої сторони з'єднана з кожною одиницею очисного обладнання вхідним та вихідним трубопроводами. Для фільтрів також створена додаткова лінія промивки. Для управління комутацією обладнання використовується передня сторона комутаційної панелі, на якій наявні відповідні патрубки з кранами. Оператор за допомогою шлангів здійснює необхідну комутацію між входами та виходами різного обладнання, таким чином керуючи

робочою технологічною схемою.

Аналогічно можна управляти роботою панелі насосів-дозаторів. Виходи з дозуючого насосу на комутаційній панелі можна з'єднати зі спеціальними отворами на гребінці за допомогою відповідного шлангу меншого діаметру, гребінка, в свою чергу, підключається на задній частині до трубопроводу подачі води на блок очищення. Приміром, для того щоб подати коагулянт до відстійника, шланг з насосу-дозатору підключається до отвору подачі реагентів до відстійника. Таким чином досягається можливість подачі на будь-яку одиницю обладнання до 3-х реагентів одночасно.

3.3. Опис ключових елементів пілотної установки

Нижче наведені ключові параметри елементів пілотної установки, достатні для оцінки її вартості. Детальний опис, технологічні розрахунки, конструктивні креслення (для нестандартного обладнання) будуть описані при розробленні відповідної документації на установку.

Продуктивність безнапірної та напірної ліній складає по 1 м³/год; блок моделювання подачі реагенту на НС-1 та мікрофільтри розрахований на продуктивність - 2 м³/год.

У цьому блоці передбачена мішалка з частотою обертання 80-100 об/хв та ємність об'ємом 1,5 м³ з рівнемірною конусоподібною формою. Подача води здійснюється із ємності з мішалкою у верхню частину ємності, а забір – з нижньої частини. В залежності від рівня води забезпечується необхідний час її перебування для моделювання подачі реагенту в точку по довжині трубопроводів.

Для видалення фітопланктону використовуються дискові мікрофільтри відповідної потужності. Фільтр комплектується набором дисків з розмірами прозорів 50, 100 та 150 мкм. Промивка фільтрів здійснюється вручну з необхідною періодичністю.

Як змішувач у безнапірній схемі застосовується ємність об'ємом 25 л (час перебування відповідає існуючим змішувачам ДВС) з мішалкою 80-100 об/хв.

Модель відстійника (рис. 3.7) – це нестандартна конструкція, яка виготовляється під замовлення з ПВХ відповідного типу шляхом зварювання. Споруда складається з двох частин: зони відстоювання та камери реакції.

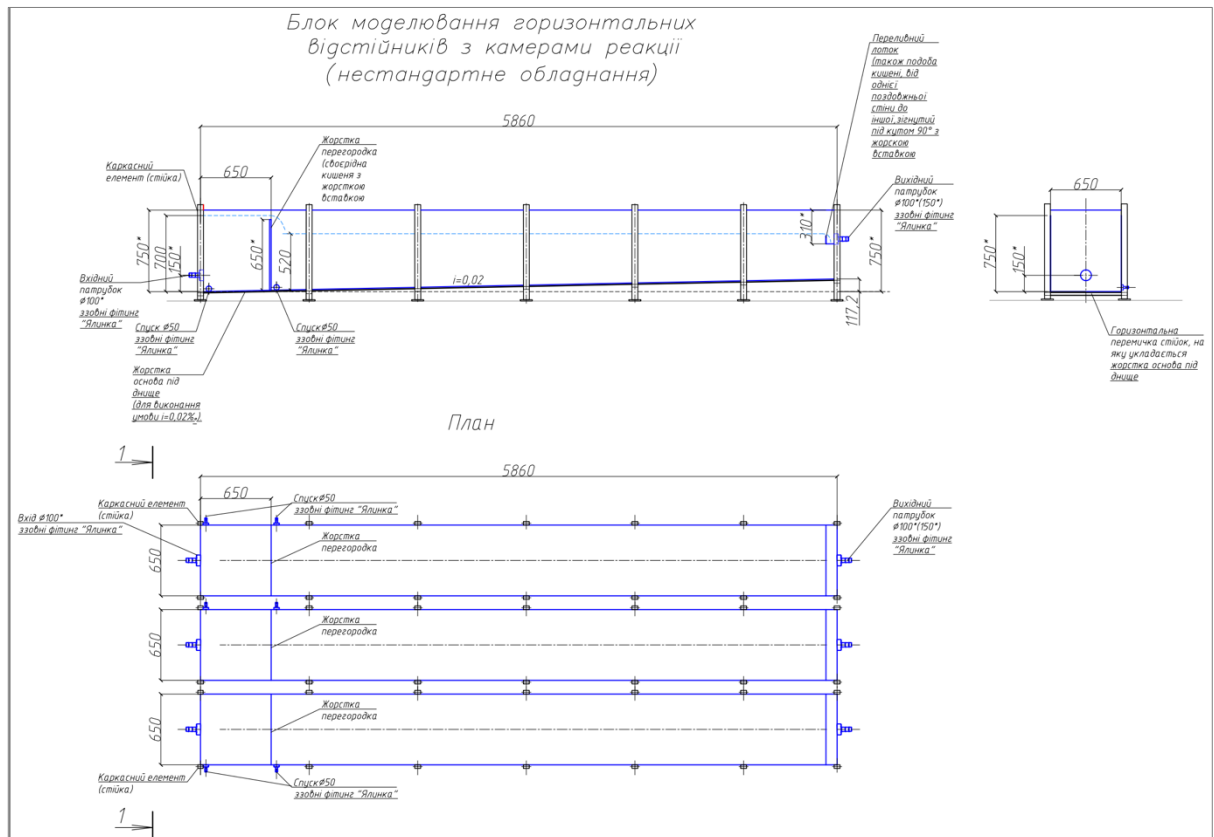


Рис.3.7. Модель відстійника

Зона відстоювання - відкрита зверху прямокутна в плані споруда розмірами 3,7x1,25x0,5 м (корисна висота 0,33 м) з ухилом 0,02, по ширині поділена на 3 коридори, з відповідними переливами та шиберами.

Камера пластівцеутворення - прямокутна споруда розмірами 0,42x1,25x0,42м з мішалкою (з повільним обертанням 35-50 об/хв) і відповідними переливами; розташовується вище зони відстоювання.

Детальні креслення, розрахунки стійкості та конструктивних елементів здійснюються при розробленні технічної документації на пілотну установку.

Детальні креслення представлено в додатку А.4.

Модель безнапірних фільтрів – це нестандартна конструкція, яка виготовляється з труб відповідного діаметру (для звичайних фільтрів Ду=200 мм, для вугільних Ду=180 мм) довжиною 2,2-2,3 м. Фільтри працюють у вертикальному режимі, який забезпечується додатковими пристроями стійкості. В корпусі улаштовуються відповідні патрубки для подачі/відбору води, подачі/збору промивних вод. В нижній частині встановлюється відповідний дренаж.

Детальні креслення і технологічні розрахунки здійснюються при розробленні технічної документації на пілотну установку.

Блок моделювання швидких безнапірних фільтрів повинен забезпечувати моделювання існуючих фільтрів ДВС (відповідати за типом завантаження, швидкістю фільтрування) з можливістю заміни завантаження та зміни швидкості в діапазонах, допустимих ДБН В.2.5.74-2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди». Блок повинен включати все необхідне насосне обладнання для підводу і відведення води у застосовуваних режимах, а також в режимах промивки. Заміна фільтруючого обладнання повинна бути максимально спрощена.

Установка регенерації безнапірних фільтрів повинна забезпечувати промивку фільтрів вихідною водою, очищеною водопровідною водою та/або водоповітряною сумішшю, для чого вона має бути обладнана відповідними насосами і компресорами. В тому числі вона повинна забезпечувати режим промивки, що відповідає існуючому на ДВС. Детальні креслення представлені у дод. А.5.

Як напірні фільтри використовуються типові конструкції напірних фільтрів (балонів) діаметром 8 дюймів, висотою 54 дюйми з відповідними типами фільтруючого завантаження; в комплекті 2 фільтри - багатошарове завантаження для поверхневих вод, 1 фільтр – гранульоване активоване вугілля.

Фільтри комплектуються блоком автоматичної промивки Clacks або аналогічним (це зумовлено тим, що промивка «вручну» потребує значних зусиль і призводить до ризику її недостатньої ефективності). Детальні креслення

представлены у дод. А6.

Мембранний модуль включає блок ультрафільтраційного очищення з вузлом хімічної промивки UF Pallas PWG Clack Impression PRO, має вертикальне розташування і може ефективно працювати з таким самим напором, як і напірні фільтри. Система комплектується необхідною автоматикою, а також підсистемою промивки та комплектом відповідних реагентів.

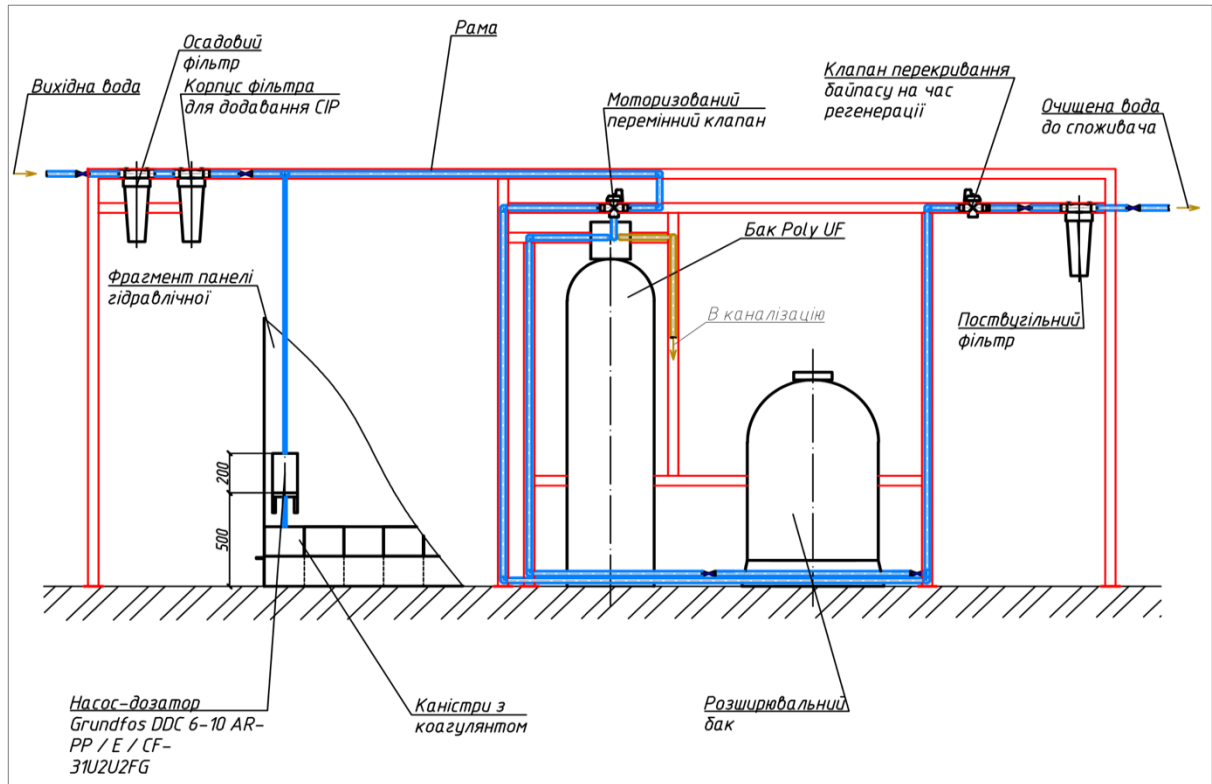


Рис.3.8. Обв'язка модуля ультрафільтрації

Як резервуари чистої води застосовуються ємності об'ємом $0,5 \text{ м}^3$ з рівнемірами. Для подачі реагентів на вторинному знезараженні та відбору проб води передбачені відповідні штуцери. Скид води здійснюється періодично в каналізацію. Детальні креслення представлені у додатку А.7.

Для моделювання УФ-знезараження води (зокрема, при застосуванні комбінованих реагентів), використовується окремий блок УФ-обробки, який включає ємність з встановленою у ній УФ-лампю. За необхідності знезараження

вода з комутаційного блоку подається у ємність. Знезаражена вода повертається на комутаційний блок і далі надходить у технологічну схему. Детальне креслення представлено у дод. А.8.

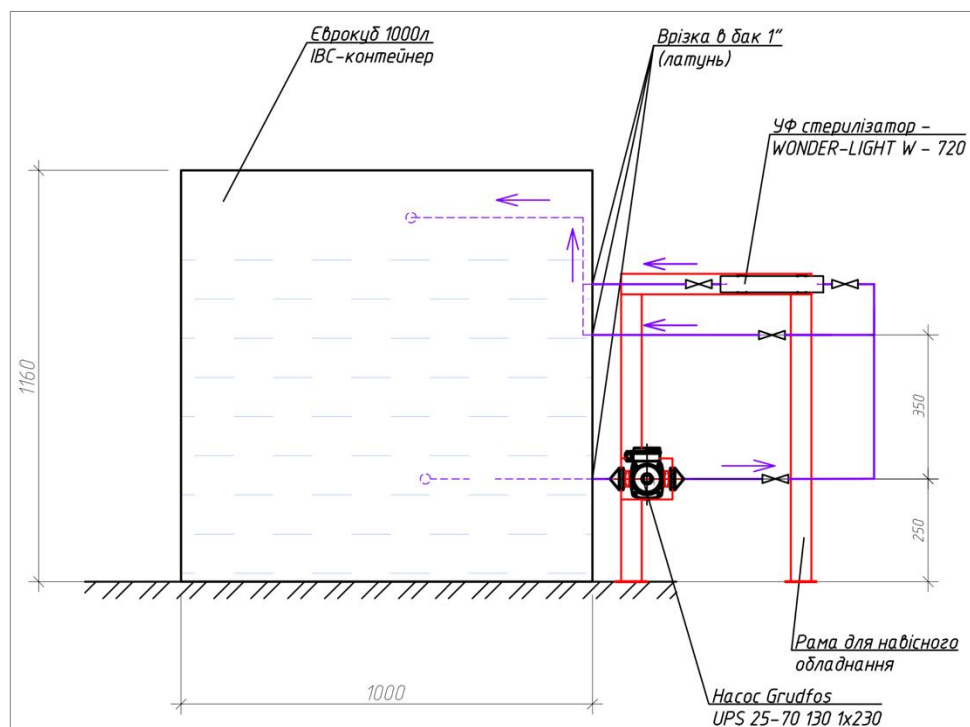


Рис.3.9. Схема блоку УФ-опромінення

Для подачі у воду реагентів, зокрема, безпосередньо в напірні трубопроводи, використовується система з 15 насосів-дозаторів, які монтуються на рамі блоку розподілу. Забір реагентів здійснюється з відповідних ємностей зі зворотним клапаном.

3.4. Фільтруюче завантаження і реагенти

Як фільтруючі матеріали для завантаження фільтрів передбачаються наступні (в т.ч. в різних комбінаціях):

- кварцовий пісок;
- цеоліт;
- цеоліт модифікований – Zeosorb;

- антрацит;
- гранульоване активоване вугілля.

Детальна інформація про висоту і порядок розташування фільтруючих шарів, вимоги до швидкості руху води і промивки фільтрів надаються на етапі розробки детальної методології проведення досліджень.

Як знезаражуючі реагенти застосовуються:

- гіпохлорит натрію - привізний гіпохлорит натрію марки А або його аналог. Обов'язково контролюється вміст активної речовини. Перед дозуванням може розводитись до концентрації 6-8 г/л, що відповідає електролізному гіпохлориту. В разі придбання електролізної установки використовується електролізний гіпохлорит натрію;

- діоксид хлору - розчин діоксиду хлору, отриманий з Дніпровської водоочисної станції або виготовлений на окремій установці;

- перманганат натрію (реагент Carusol) - товарний розчин реагенту, який за необхідності розводиться до 10 разів.

Вугільна пульпа готується з порошкоподібного активованого вугілля різних марок у ємності з мішалкою. Дози активованого вугілля визначаються, виходячи з маси розчиненого ПАВ.

Для коагуляції застосовуються: сульфат алюмінію (розчиняється у ємності з мішалкою) та поліоксихлорид алюмінію високої основності (поставляється у рідкому стані).

3.5. Переліку обладнання з якого складається пілотна установка

Під час виконання кваліфікаційної роботи був підготований можливий перелік обладнання для установки (табл. 3.1). При цьому, акцент перш за все, зроблений на те обладнання, яке наявне на складах в Україні, щоб уникнути складнощів з постачанням обладнання, що може призвести до затримки термінів реалізації проєкту.

Варто зазначити, що хоча у таблиці вказані конкретні найменування обладнання, допускається використання його аналогів при дотриманні основних вимог до технологічної, а також сумісності з іншим обладнанням, що поставляється тим самим виробником.

Таблиця 3.1. Можливий перелік обладнання для установки

№	Найменування	Технічні характеристики
1. Фільтрувальне, ємнісне та знезаражуюче обладнання		
1	Фільтр дисковий зі змінними фільтруючими елементами Saleplas 1"	Фільтр дисковий зі змінними фільтруючими елементами: 50 мкм, 100 мкм, 130 мкм. Виробництво Компанії Saleplas, Іспанія
2	Агрегат для змішування води з хімічними реагентами під тиском	Агрегат для змішування води з хімічними реагентами під тиском. Тип ємності 0835, клапан Clack ANA.
3	Установка напірної фільтрації з мультимедійним фільтруючим шаром	Установка напірної фільтрації з мультимедійним фільтруючим шаром FS 0854 Clack Impression PRO NHBW
4	Установка напірної фільтрації з мультимедійним фільтруючим шаром на основі сорбентів	Установка напірної фільтрації з мультимедійним фільтруючим шаром на основі сорбентів FS 0854 Clack Impression PRO NHBW
5	Блок УФ стерилізації з насосною станцією	Блок УФ стерилізації з насосною станцією. Продуктивність 2 м ³ /год з можливістю управління часу експозиції та дози опромінення. Збірна одиниця.

№	Найменування	Технічні характеристики
		УФ СТЕРИЛІЗАТОРИ – WONDER-LIGHT W - 720
		Насос Grundfos UPS 25-70 130 1x230
2. Система ультрафільтрації та блоки регенерації		
6	Установка регенерації безнапірних фільтрів	<p>Установка регенерації безнапірних фільтрів повинна забезпечувати водяну і водо-повітряну промивку фільтрів в режимах, що відповідають режимам промивки фільтрів ДВС з можливістю регулювання часу та інтенсивності. Промивка забезпечується водою з водопроводу або вихідною водою</p> <p>Компресор безмасляний Airpress H 215 – 6, Продуктивність (max) = 220 л/хв, Тиск = 8 бар.</p> <p>Мийна насосна станція Grundfos Scala 2 3-45, Продуктивність (max) = 4,8 м³/год, Н (max) = 45 м</p>
7	Ємність контактна	Ємність контактна, загальний об'єм 4 м ³ , з комплектом автоматики, рівнеміром, датчиком та комплектом приєднань. Повинна бути сумісною з панеллю моделювання гідравлічних режимів.
8	Система ультрафільтрації з блоком хімічної промивки	Система ультрафільтрації з блоком хімічної промивки продуктивністю 1

№	Найменування	Технічні характеристики
		<p>м³/год.</p> <p>Повинна включати всі необхідні блоки, насоси, клапани для під'єднання до панелі моделювання гідравлічних режимів.</p>
9	Резервуар очищеної води	Резервуар очищеної води загальним об'ємом 0,5 м ³ , оснащений рівнеміром, датчиками рівня, комплектом автоматики.
10	Матеріали для трубопровідного обладнання	<p>Матеріали для трубопровідного обладнання, у складі:</p> <p>Ротам 100 - 1000 л/год PVC DN 25</p> <p>Ротам 1000 - 5000 л/год PVC DN 32</p> <p>Редукція довга ПВХ 25 x 1"</p> <p>Редуктор довгий PVC 32 x 1 1/4"</p> <p>Балансувальний клапан Honeywell 1"</p> <p>Балансувальний клапан Honeywell 1 1/4"</p> <p>Голчастий клапан 1/2"</p> <p>Пробовідбірний кран, нержавіюча сталь 1/4"</p>
3. Безнапірна схема моделювання існуючої технології ДВС		
11	Панель пробовідбірників з нержавіючої сталі,	Панель пробовідбірників з нержавіючої сталі, оснащена резервуаром для збору води. Збірна конструкція сумісна з панеллю моделювання гідравлічних напрямків для забезпечення

№	Найменування	Технічні характеристики
		пробовідбору у всіх можливих точках (щонайменше 15 пробовідбірників)
12	Відстійник з камерою флокуляції та змішування	Відстійник з камерою флокуляції та змішування, загальний об'єм до 6 м ³ . Модель горизонтального відстійника, технічні характеристики якої (час перебування, співвідношення сторін тощо) відповідають існуючим відстійникам I черги ДВС. Необхідно забезпечити можливість управління корисним об'ємом споруди і часом перебування, а також можливість в майбутньому встановити ламінарні модулі.
13	Фільтр безнапірний циліндричного типу з мультимедійним фільтруючим шаром.	Фільтр безнапірний циліндричного типу, Д=450 мм, висота 2300 мм, з мультимедійним фільтруючим шаром. З підставкою і насосом подачі очищеної води. Характеристики моделі фільтру повинні бути тотожними аналогічним швидким фільтрам I черги ДВС. Комплект обладнання повинен забезпечувати сумісність з панеллю моделювання гідравлічних напрямків
14	Фільтр безнапірний	Фільтр безнапірний циліндричного типу

№	Найменування	Технічні характеристики
	циліндричного типу з мультимедійним фільтруючим шаром на основі сорбуючих матеріалів.	Д=355 мм, висотою 2300 мм з мультимедійним фільтруючим шаром на основі сорбуючих матеріалів. З підставкою і насосом подачі очищеної води. Комплект обладнання повинен забезпечувати сумісність з панеллю моделювання гідравлічних напрямків
4. Комутаційне обладнання, системи управління, смісне обладнання		
15	Панель для моделювання гідравлічних напрямків технологічних рішень	Панель для моделювання гідравлічних напрямків технологічних рішень повинна забезпечувати об'єднання основного технологічного обладнання (напірної і безнапірної схем) з можливістю зміни послідовності підключення, а також відбору проб (з подачею на панель пробовідбірників). Кількість коматованих входів – щонайменше 15, кількість виходів – щонайменше 15. Режими комутації: безнапірний-безнапірний (за рахунок залишкового тиску або насосів в комплекті обладнання), напірний-напірний, безнапірний-напірний з застосуванням внутрішніх насосних станцій Grundfos Scala 2 3-45 (не

№	Найменування	Технічні характеристики
		входять в комплект).
16	Електричний пульт керування	Електричний пульт керування технологічним обладнанням повинен бути сумісним і забезпечувати централізоване управління всім обладнанням установки.
17	Блок змішування	Блок змішування з активованим вугіллям. Призначений для імітації турбулентного змішування вугільної пульпи з водою при подачі води від ВНС-І до ДВС. Параметри моделі повинні відповідати реальним параметрам трубопроводів. Повинна бути передбачена можливість керувати часом контакту
18	Каркасна підставка	Каркасна підставка для насосів-дозаторів і ємностей з реагентами повинна бути сумісна з наявними насосами дозаторами (15 од.) та забезпечувати зручний доступ до них
19	Каркас стенду	Каркас стенду фільтрувального обладнання повинен забезпечувати монтаж необхідного технологічного обладнання, фільтрів і мембран таким чином, щоб забезпечити висотну схему для повернення води з безнапірної схеми

№	Найменування	Технічні характеристики
		до панелі моделювання гідравлічних напрямків
20	Насос-дозатор	Насос-дозатор Grundfos DDC 6-10 AR-PP / E / CF-31U2U2FG
21	Насосна станція	Насосна станція водопостачання Grundfos Scala 2 3-45, продуктивність (max) = 4,8 м ³ /год, N (max) = 45 м
22	Заглибний електронасос Sprut FSP 1843	Заглибний електронасос Sprut FSP 1843, продуктивність (max) = 1,0 м ³ /год, Н (max) = 2,5 м
5. Послуги з монтажу установки		
23	Монтаж/демонтаж обладнання, в т.ч. необхідні для монтажу матеріали	Монтаж/демонтаж обладнання, регулярне сервісне обслуговування

Враховуючи вищевикладене, запропонована концепція пілотної установки дозволить під час досліджень повністю змоделювати необхідні технологічні схеми реконструкції ДВС. При цьому дані, які можна отримати в рамках випробувань пілотної установки можуть бути перенесені та масштабовані на реальні об'єкти.

Також з метою максимальної гнучкості у схемах обв'язки установки, при розробці установки було прийнято рішення про необхідність застосування комутаційної панелі для можливості безпосереднього підключення кожного елемента установки (входу, виходу, промивки і т.д.). Комутаційний блок призначений для вільного переключення між різними технологічними схемами. Блок включає достатню кількість входів і виходів, між якими може забезпечуватися вільне переключення води (подачу з одного будь-якого входу на будь-який інший) з можливістю комутації режимів: безнапірний-безнапірний, напірний-напірний, а

також трьох входів виходів безнапірний – напірний (з застосуванням відповідних насосів). Комутаційна панель забезпечує також спрощення відбору проб для контролю якості води. На панелі розміщуються насоси-дозатори, що забезпечує дозування реагентів в різні точки технологічних схем. Електричний блок керування установкою забезпечує централізоване управління всім насосним та компресорним обладнанням, а також централізує інформацію щодо несправностей обладнання. При реалізації такого рішення забезпечується спрощення схеми обв'язки елементів піотної установки і досягається її максимальна гнучкість.

РОЗДІЛ 4. РОЗРОБКА ПРОЄКТУ ПРОГРАМИ ДОСЛІДЖЕНЬ

4.1. Опис і основні характеристики та шляхи утворення органічних і неорганічних сполук у гідросфері

Відповідно до технології отримання, питна вода відноситься до виду оброблених, яка виготовляється з води, отриманої з поверхневого джерела питного водопостачання шляхом очищення та знезараження.

Гідросфера Землі є колосальним вмістилищем, резервуаром органічних сполук, у всіх типах природних вод діють механізми їх самоочищення, в основі яких закладено розмноження органічних речовин фотохімічним і біохімічним шляхами. У складі всіх живих організмів переважають в основному 14 хімічних елементів, які називаються – біогенними: кисень, водень, вуглець таке інше. Живі організми (фітопланктон, зоопланктон і т.п.) своїми взаємодіями також змінюють структуру і властивості біоценозу і біотипів. Розвиток чи динаміка біоценозу відбувається під впливом кліматичних, геологічних, біотичних екологічних факторів.

Аналіз численних наукових і нормативних документів та технічної літератури вказує на те, що хімічні сполуки спричиняють складний багатофункціональний вплив на біологічні системи, а частина їх спричиняє токсичну дію на людину.

Причому кожна людина може по-різному реагувати на токсикант, проявляючи різноманітну чутливість до нього, яка залежить від концентрації, часу контакту та від природи токсиканта.

У свою чергу токсиканти поділяються за класами небезпеки, тобто ступінь небезпеки для людини хімічних речовин, що забруднюють воду, який залежить від їх токсичності, кумулятивної, лімітуючої ознаки шкідливості та здатності викликати несприятливі ефекти чи захворювання. Так до першого класу небезпеки речовин відносяться ртуть, берилій, бенз(а)пірен. До другого класу небезпеки відносяться алюміній, кремній, натрій, формальдегід, хлороформ, дибромхлорметан, ціаніди, тригалометани, свинець, нітрити.

Лімітуючою ознакою шкідливості хімічної сполуки вважається гігієнічний норматив шкідливої хімічної речовини у воді, який визначається за мінімальною концентрацією, яка впливає безпосередньо на організм людини (санітарно-токсикологічна ознака шкідливості), органолептичні властивості води (органолептична ознака шкідливості води) чи процеси самоочищення водою (загально-санітарна ознака шкідливості).

4.2. Актуальні питання, які належить дослідити і вирішити

Для забезпечення необхідного часу контакту активованого вугілля з оброблюваною водою подача (і відповідно склад зберігання) ПАВ повинен бути організований на водозаборі або на проміжній ділянці водоводу подачі сирової води до ДВС. У разі неможливості реалізації такого підходу може бути побудований додатковий змішувач та контактний резервуар, розрахований на потрібний час контакту води з ПАВ. Для отримання повного формату гігієнічного оцінювання ефективності дії ПАВ від часу контакту з оброблюваною водою планується дослідити результати при подачі ПАВ «під насос» НС-1, при подачі безпосередньо на водогоні між НС-1 та ВОС.

Для підвищення надійності роботи і зниження навантаження очисних споруд під час масового розвитку фітопланктону («цвітіння» води) технологічну схему варто також доповнити стадією механічної фільтрації на самопромивних сітчастих мікрофільтрах. Сітчастий мікрофільтр затримає більшу частину фітопланктону, що суттєво зменшить навантаження на наступні очисні споруди. Ефективність роботи мікрофільтрів доцільно дослідити у несприятливі періоди року, а саме у передпаводковий період та період цвітіння. Якість фільтрувального процесу оцінюємо на мікрофільтрах з діаметрами пор 30мкм, 50мкм, 100 мкм.

4.3. Перелік показників досліджень

Найменування вимірювального показника	Назва об'єкта вимірювань	Діапазон вимірювань	Похибка вимірювань	ГДК
				(ДСанПіН 2.2.4-171-10)
1	2	3	4	5
Запах при 20 °С	Вода питна	0 – 5 балів	Не нормується	≤ 2
Смак та присмак		0 – 5 балів	Не нормується	≤ 2
Кольоровість		1 - 10 град.	$\delta = \pm 50\%$	≤ 20 (35)
		10 - 50 град	$\delta = \pm 20\%$	
		50 - 70 град	$\delta = \pm 10\%$	
Каламутність		1 – 1,3 НЕМ	$\delta = \pm 24\%$	≤ 1
		1,3 – 8 НЕМ	$\delta = \pm 20\%$	
Масова концентрація		до 500 мг/дм ³	$\Delta = \pm 10$ мг/дм ³	≤ 1000 (1500)
сухого залишку		більше 500 мг/дм ³	$\delta = \pm 2\%$	
Загальна жорсткість		більше 0,05 ммоль/дм ³	$\delta = \pm 2 \%$	≤ 7 (10)
		більше 0,05 ммоль/дм ³	$\Delta = \pm 0,02$ ммоль/дм ³	
Загальна лужність		0,4 – 20 ммоль/дм ³	Не нормується	Не визначається
Водневий показник		(3 – 10) ед. рН	$\Delta = \pm 0,2$ ед.рН	6.5-8.5

Масова концентрація амоній-іонів	0,05 – 3,0 мг/дм ³	$\delta = \pm 5\%$	≤ 0.5 (2.6)
	0,5 – 2 мг/дм ³	$\delta = \pm 20\%$	
	2 – 10 мг/дм ³	$\delta = \pm 14\%$	
	10 – 5000 мг/дм ³	$\delta = \pm 10\%$	
Масова концентрація нітрит- іонів	0,003 – 0,3 мг/дм ³	$\delta = \pm 5\%$	
	0,2 – 0,4 мг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	
	0,4 – 1 мг/дм ³	$\delta = \pm 28\%$	
	1 – 5 мг/дм ³	$\delta = \pm 20\%$	
	5 – 50 мг/дм ³	$\delta = \pm 10\%$	
Масова концентрація нітрат- іонів	0,5 – 2,25 мг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	≤ 50
	2,25 – 4,5 мг/дм ³	$\delta = \pm 22,5\%$	
	4,5 – 10 мг/дм ³	$\delta = \pm 18\%$	
	0,2 – 0,5 мг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	
	0,5 – 5,0 мг/дм ³	$\delta = \pm 20\%$	
	5 – 50 мг/дм ³	$\delta = \pm 10\%$	
Перманганатна окиснюваність	до 10,0 мгО/дм ³	$\delta = \pm 2\%$	≤ 5

Масова концентрація загального органічного вуглецю		0,05 – 20000 мг/дм ³	$\delta = \pm 10 \%$	≤ 8
Загальне мікробне число (ЗМЧ)		від 0 КОЕ /см ³ і більше	Не нормується	≤ 100
Загальні коліформи		від 0 КОЕ/100 см ³ і більше	Не нормується	Відсутність
Масова концентрація алюмінію		0,04 – 0,15 мг/дм ³	$\delta = \pm 25\%$	$\leq 0.2 (0.5)$
		більше 0,2 мг/дм ³	$\delta = \pm 10\%$	
		0,02 – 0,05 мг/дм ³	$\delta = \pm 45\%$	
		0,05 – 0,25 мг/дм ³	$\delta = \pm 36\%$	
	більше 0,25 мг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$		
Масова концентрація загального заліза		(0,1 — 2,0) мг/дм ³	$\Delta = \pm (0,01 — 0,03)$ мг/дм ³	$\leq 0,2 (1.0)$
Масова концентрація хлорат- іонів*		0,5 – 200 мг/дм ³	$\delta = \pm 12\%$	≤ 0.7
Масова		0,2 – 0,5	$\delta = \pm 22\%$	≤ 0.2

концентрація хлорит- іонів*		мг/дм ³		
		0,5 – 50 мг/дм ³	$\delta = \pm 12\%$	
Масова концентрація нафтопродуктів		0,005 – 0,02 мг/дм ³	$\delta = \pm 65\%$	≤ 0.1
		0,02 – 0,5 мг/дм ³	$\delta = \pm 40\%$	
		0,5 – 50 мг/дм ³	$\delta = \pm 25\%$	
Масова концентрація 1,2-дихлоретану		1,5 – 15 мкг/дм ³	$\delta = \pm 40\%$	≤ 3
Масова концентрація тригалометанів		1,0 – 5 мкг/дм ³	$\delta = \pm 60\%$	≤ 100
(сума)		5 – 10 мкг/дм ³	$\delta = \pm 45\%$	
		10 – 50 мкг/дм ³	$\delta = \pm 36\%$	
		50 – 500 мкг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	
Масова концентрація бромдихлорметану		0,0002 – 0,003 мг/дм ³	$\delta = \pm 45\%$	≤ 10
		0,003 – 0,015 мг/дм ³	$\delta = \pm 36\%$	
		0,015 – 0,15 мг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	

Масова концентрація дибромхлорметану	0,3 – 0,5 мкг/дм ³	$\delta = \pm 60\%$	≤ 10
	0,5 – 1 мкг/дм ³	$\delta = \pm 45\%$	
	1 – 5 мкг/дм ³	$\delta = \pm 36\%$	
	5–25 мкг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	
Масова концентрація хлороформу	0,3 – 3 мкг/дм ³	$\delta = \pm 60\%$	≤ 60
	3 – 6 мкг/дм ³	$\delta = \pm 45\%$	
	6 –30 мкг/дм ³	$\delta = \pm 36\%$	
	30 –300 мкг/дм ³	$\delta = \pm 30\%$	
Масова концентрація тетрахлоретилену і трихлоретилену	0,2 – 0,5 мкг/дм ³	$\delta = \pm 80\%$	≤ 10
(сума)	0,5 – 1,0 мкг/дм ³	$\delta = \pm 60\%$	
	1,0 – 5 мкг/дм ³	$\delta = \pm 48\%$	
	5 – 50 мкг/дм ³	$\delta = \pm 40 \%$	
Масова концентрація хлорфенолів	0,00015 – 0,0015 мг/дм ³	$\delta = \pm 50\%$	≤ 0.0003

Правильна гігієнічна оцінка питної води часто-густо представляє собою складну задачу. Складність питання полягає в тому, що на якісний склад води джерел суттєво впливає різноманітність місцевих природних і санітарних умов, які обумовлюють режим джерела водопостачання.

Оскільки за більшістю показників існуюча технологія водопідготовки на очисних спорудах забезпечує відповідність якості питної води вимогам чинного ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», а проблеми виникають переважно за показником перманганатної окиснюваності, який опосередковано характеризує вміст легкоокиснюваних органічних речовин і появою у питній воді в певні пори року хлорорганічних сполук, в існуючу технологічну схему доцільно включити додаткову стадію видалення органічних речовин, наприклад, шляхом застосування порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ), гранульованого активованого вугілля або включити до технології первинне окислення діоксидом хлору.

В існуючій технології очистки основний знезаражуючий реагент на ДВС використовується хлор, який має багато недоліків, зокрема:

- хлор відноситься до сильнодіючих отруйних речовин 2-го класу небезпеки, небезпечні хімічні речовини;
- недостатня ефективність проти вірусів;
- необхідність точного дозування хлору: недостатня доза не дозволить одержати потрібний бактерицидний ефект, а зайва кількість призводитиме до погіршення органолептичної якості води та підвищення токсичності;
- дотримання правил безпеки при роботі в хлораторних.

Крім хлору, у процесі знезараження застосовується аміак, зберігання якого також відноситься до небезпечних хімічних речовин (аміак - токсична речовина, а його пари – вибухонебезпечні). Особливо в умовах надзвичайних ситуацій і

воєнного стану в Україні зберігання хлору, аміаку та інших токсичних, вибухо- та пожежонебезпечних реагентів створює надзвичайно високі техногенні ризики.

Важливим і досить складним питанням, яке намагаються вирішити покоління фахівців водопідготовки разом з науковцями, є питання запобігання утворення при обробці природної води хімічними реагентами тригалогенметанів.

Ця група органічних сполук досить впевнено зайняла міцні позиції, об'єднуючись з хлором і бромом. Хлорорганічні сполуки при тривалому потраплянні з водою в організм людини можуть викликати хворобливі стани і завдавати тяжких наслідків здоров'ю людини. Тому чи не найважливішим питанням експериментальних досліджень є пошук окремих реагентів або їх комбінацій, які при додаванні до природної води не утворюють ТГМ, або утворюють їх у незначних малих концентраціях, які не завдадуть шкоди організму людини.

Всі досліджувані показники розділяємо на чотири групи:

- 1) Фізико-хімічні дослідженої питної води: запах, смак і присмак, рН, каламутність, кольоровість, сухий залишок, загальна жорсткість, загальна лужність, амоній, нітрити, нітрати, загальне залізо, ЗМЧ, загальні коліформи, алюміній, нафтопродукти, хлорит*, хлорат*, перхлорати* (Перелік 1).
- 2) Санітарно-токсикологічні дослідженої питної води: перманганатна окиснюваність, хлороформ, бромформ, ДБХМ, БДХМ, сума тригалогенметанів, 1,2-дихлоретан, тетрахлорвуглець, трихлоретилен і тетрахлоретелен (сума), загальний органічний вуглець (Перелік 2).
- 3) Показники дослідженої природної води: Запах, смак і присмак, рН, каламутність, кольоровість, сухий залишок, загальна жорсткість, загальна лужність, амоній, загальне залізо, ЗМЧ, фітопланктон, зоопланктон, АПАР, феноли леткі, загальний органічний вуглець, перманганатна окиснюваність (Перелік 3).

- 4) Показники дослідженої природної води: Каламутність, кольоровість, загальна лужність, загальне залізо, ЗМЧ, фітопланктон, зоопланктон, загальний органічний вуглець, перманганатна окиснюваність (Перелік 4).

4. План-графік проведення експериментально-дослідницьких робіт

Проведений детальний аналіз вихідних даних і гігієнічна оцінка чинної технологічної схеми водопідготовки і знезараження на Деснянській водопровідній станції міста Києва, враховуючи вимоги сучасності і суспільства та технічне завдання підприємства-виробника питної води в м. Києва (ПрАТ «Київводоканал») готуємо матеріальну, технічну, дослідницьку базу для проведення експериментально-дослідницьких робіт. Складаємо графіки відбирання проб і проведення досліджень.

Всю програму експерименту плануємо розділити на чотири етапи:

- I-й етап – перед повинню, з _____ по _____ року;
- II-й етап – весняно-літній, з _____ по _____ року;
- III-й етап – цвітіння, з _____ по _____ року;
- IV-й етап – осінньо-зимовий, з _____ по _____ року;

Дослідження результатів технологічних режимів очищення і знезараження води ДВС будуть здійснюватися на пілотній установці в найнесприятливіші пори року.

У проміжках часу між активними експериментально-дослідницькими роботами проводиться:

- Вибір, оцінка та підбір доз коагулянтів для досліджень у наступних етапах, підбір доз хлору, гіпохлориту натрію, діоксиду хлору, оцінка можливостей ефективної роботи безреагентної схеми безпосередньо безвугільного фільтру, підбір фільтруючого обладнання.

- Одночасно виконується документальне оформлення результатів досліджень, складаються порівняльні таблиці, дається гігієнічна оцінка, проводяться коригувальні дії.
- Формується звіт за результатами роботи етапу, робимо висновки, проводиться підготовка до наступного етапу досліджень. З урахуванням напрацювань попереднього періоду проводяться розрахунки і підготовка матеріальної бази, реагентного господарства, технічне обслуговування, ремонт, чистка, промивка, налагодження пілотної установки до роботи у наступному етапі.

Маємо передбачити і запланувати проміжні етапи роботи, пов'язані з цілями експерименту, а саме:

___.___ – ___.___ – попередній етап, підготовка, пусканалагоджувальні роботи, монтаж і налаштування технологічних схем; логістика реагентів, реактивів, витратних матеріалів; збір вихідних даних; попередній розрахунок доз коагулянтів, активованого вугілля, хлору, гіпохлориту натрію (лабораторний контроль активності на початок робіт);

___.___ – ___.___ – приготування робочих розчинів реагентів, розрахунки доз активних хімічних реактивів, промивка фільтруючих загрузок, визначення оптимальних доз коагулянтів, активованого вугілля, перманганату натрію, гіпохлориту натрію; порівняння результатів активності і визначення ефективних доз коагулянтів при очищенні води на ДВС; порівняння ефективності роботи комплексів, проведення коригувальних дій.

___.___ – ___.___ - розрахунки робочих розчинів реагентів, доз коагулянтів в умовах підвищеної активності фітопланктону і зоопланктону; порівняння ефективності дії дезінфектантів (хлор, гіпохлориту натрію, діоксид хлору) в комплексі з активованим вугіллям; розрахунок оптимальних доз порошкоподібного і гранульованого активованого вугілля та визначення точок введення адсорбентів, порівняння ефективності роботи методів в комплексі з малими і великими дозами коагулянтів, перманганату натрію, гіпохлориту натрію;

порівняння результатів безреагентного методу при очищенні води на ДВС; промивка фільтруючих загрузок, порівняння ефективності роботи комплексів.

— — — — — порівняння оптимальних доз порошкоподібного активованого вугілля під час різних методів обробки природної води, часткове двоступінчасте вуглювання; порівняння якості питної води при різних швидкостях фільтрації через фільтрувальну загрузку з гранульованим активованим вугіллям; дослідження і порівняння наявності і концентрацій органічних та хлорорганічних речовин після обробки природної води різними дезінфектантами.

Зрозуміло, що при оцінюванні доцільності заміни хімічних реагентів для очищення та знезараження природної води і доведення її до якості питної необхідно враховувати можливі технічні, економічні, соціальні і екологічні наслідки.

Технічні наслідки: Реалізація концепції впровадження альтернативних коагулянтів і дезінфектантів потребує проведення дослідно-промислових випробувань, навчання чи перепідготовку персоналу очисних споруд.

Економічні наслідки: Підтвердження ефективності альтернативних коагулянтів і дезінфектантів для оцінки впливу на здоров'я споживачів питної води потребує інвестицій в проведення науково-дослідницьких та проектно-конструкторських робіт.

Соціальні наслідки: Основними соціальними наслідками зміни коагулянтів і дезінфектантів на основі алюмінію є санітарно-гігієнічний і медико-соціальний вплив на населення, пов'язаний із сприйняттям населенням іншої якості питної води.

Екологічні наслідки: З точки зору стабільності існування та розвитку суспільства, діяльності промислових підприємств, наслідки використання хімічних речовин і їхній вплив на навколишнє природне середовище мають бути проаналізовані, оцінені та прийнято відповідне рішення.

Впровадження покращеної коагуляції, яка забезпечить низьку каламутність, максимальне видалення з води патогенних мікроорганізмів

мінімізує наявність залишкових концентрацій хімічних речовин – в цьому полягає найважливіше завдання в найближчій перспективі.

Для проведення гігієнічного оцінювання ефективності запланованих та проведених заходів щодо водопідготовки на ДВС складаємо графіки відбору та дослідження проб вихідної та обробленої води на кожному з етапів досліджень.

4.5. Методики виконання вимірювань

Методи, що використовуються з метою дослідження якості питної води, призначеної для споживання людиною, повинні забезпечувати надійність і достовірність отриманих результатів та можливість їх порівняння. Орієнтовний перелік методик та стандартів визначення показників безпечності та якості питної води наведено у Додатку 5 до Державних санітарних норм та правил «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» (ДСанПіН 2.2.4-171-10).

Орієнтовний перелік методик та стандартів визначення показників безпечності та якості питної води:

1. ГОСТ 3351-74. Вода питьевая. Методы определения вкуса, запаха, цветности и мутности.
2. ГОСТ 4011-72. Вода питьевая. Методы измерения массовой концентрации общего железа.
3. ГОСТ 4151-72. Вода питьевая. Метод определения общей жесткости.
4. ГОСТ 4192-82. Вода питьевая. Методы определения минеральных азотсодержащих веществ.
5. ГОСТ 4245-72. Вода питьевая. Методы определения содержания хлоридов.
6. ГОСТ 4389-72. Вода питьевая. Методы определения содержания сульфатов.
7. ГОСТ 18164-72. Вода питьевая. Метод определения содержания сухого остатка.
8. ГОСТ 18165-89. Вода питьевая. Метод определения массовой концентрации алюминия.

9. ГОСТ 18826-73. Вода питьевая. Методы определения содержания нитратов.
10. ГОСТ 23268.12-91. Воды минеральные питьевые лечебные, лечебно-столовые и природные столовые. Метод определения перманганатной окисляемости.
11. ДСТУ 4077-2001. Якість води. Визначення рН (ISO 10523:1994, MOD).
12. ДСТУ EN 1484-2003. Дослідження води. Настанови щодо визначання загального і розчиненого органічного вуглецю (EN 1484:1997, IDT).
13. ДСТУ ISO 6777-2003. Якість води. Визначання нітритів. Спектрометричний метод молекулярної абсорбції (ISO 6777:1984, IDT).
14. ДСТУ ISO 6778-2003. Якість води. Визначання амонію. Потенціометричний метод (ISO 6778:1984, IDT).
15. ДСТУ ISO 7027-2003. Якість води. Визначання каламутності (ISO 7027:1999, IDT).
16. ДСТУ ISO 7887-2003. Якість води. Визначання і досліджування забарвленості (ISO 7887:1994, IDT).
17. ДСТУ ISO 9963-1:2007. Якість води. Визначення лужності. - Частина 1. Визначення загальної та часткової лужності (ISO 9963-1:1994, IDT).
18. ДСТУ ISO 10301-2004. Якість води. Визначання високолетких галогенованих вуглеводнів методом газової хроматографії (ISO 10301:1997, IDT).
19. ДСТУ ISO 10304-4:2003. Якість води. Визначання розчинених аніонів методом рідинної хроматографії. - Частина 4. Визначання хлорату, хлориду і хлориту у воді з низьким рівнем забруднення (ISO 11885:1996, IDT).
20. ДСТУ ISO 11885-2005. Якість води. Визначення 33 елементів методом атомно-емісійної спектрометрії з індуктивно-зв'язаною плазмою (ISO 6777:1984, IDT).
21. Методичні вказівки. МВ 10.2.1-113-2005. Санітарно-мікробіологічний контроль якості питної води, затверджені наказом МОЗ від 03.02.2005 № 60.
22. Методичні вказівки № 0052-98 Газохроматографічне визначення тригалогенметанів (хлороформу) у воді, затверджені постановою головного державного санітарного лікаря України від 01.02.99 № 2.

23. Методичні рекомендації. МР 2.2.4.-147-2007. Санітарно-епідеміологічний нагляд за знезаражуванням води у системах централізованого господарсько-питного водопостачання діоксидом хлору, затверджені наказом МОЗ від 30.07.2007 № 430.

Крім того, для лабораторних досліджень фізико-хімічних показників якості питної води, можуть бути застосовані інші методи, аніж ті, що визначені у Додатку 5 ДСанПіН 2.2.4-171-10, за умови, що вони відповідають вимогам, які ними ж визначені і здатні продемонструвати, що отримані результати є принаймні настільки ж точними і достовірними, як і результати визначених методів.

4.6. Обладнання

Palintest Bluetooth Pooltest 9 Photometer Kit with Hard Case + Tested, рН-метр, термометр лабораторний, колби мірні по ГОСТ 1770-74 2-го класу, піпетки мірні по ГОСТ 29227-91 2-го класу, ваги лабораторні 4-го класу, набір гирь Г-4-1110, піпетки мірні, аналізатор рідинний класу "Флюорат-02", колби мірні по ГОСТ 1770-74 2-го класу, піпетки мірні по ГОСТ 29169-91 2-го, електрофотокolorиметр, атомно-абсорбційний спектрометр, колориметр фотоелектричний концентраційний, колби мірні по ГОСТ 1770-74 2-го класу, піпетки мірні по ГОСТ 29227-91, хроматограф газовий з ЕЗД, колби мірні по ГОСТ 1770-74 2-го класу, піпетки мірні по ГОСТ 29227-91 2-го класу, термометр лабораторний, піпетки мірні по ГОСТ 29169-91 2-го класу, бюретка по ГОСТ 29251-91 2-го класу місткістю 25 см³, спектрофотометр ($\lambda=400$ нм), колби мірні по ГОСТ 1770-74 2-го класу, піпетки мірні по ГОСТ 29227-91.

Окрім обладнання, рекомендованого ДСанПіН 2.2.4.171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», дослідницька лабораторія при виконанні аналізів проб води (за наявності можливості) може використовувати в роботі інші зразки спектрометрів, спектрофотометрів, атомно-абсорбційні спектрометри, іонні або плазміні хроматографи, таке інше. Обладнання має бути повірене органами метрологічного нагляду Укрстандартметрології як

засіб вимірювальної техніки (ЗВТ), а методи виконання вимірювань за похибками не повинні перевищувати рекомендовані.

Допоміжне обладнання, витратні матеріали та хімічні реактиви, що будуть використовуватись для пробопідготовки та лабораторних досліджень, розраховуються до початку проведення аналізів за попередньо обраними методиками виконання вимірювань. Оскільки протягом тривалого проведення дослідницьких робіт програмою передбачено формування проміжних аналітичних висновків і проведення коригувальних дій в системі управління якістю, матеріали і хімічні реактиви можуть додаватись а деякі, можливо, замінюватись на інші.4.7. План відбору проб, проведення лабораторних досліджень і гігієнічне оцінювання ефективності очищення природної води запропонованих технологічних схем

Технологічна схема №1. Пілотна установка сконструйована таким чином, що вихідна вода обробляється порошкоподібним активованим вугіллям (ПАВ) на водозабірних спорудах безпосередньо у водогоні або у окремо встановлених контактних резервуарах. Завдяки сорбційній здатності активованого вугілля, з води видаляються розчинені органічні сполуки, а також ПАВ повинно запобігти можливому утворенню тригалогенметанів в разі контакту води з хлорними сполуками.

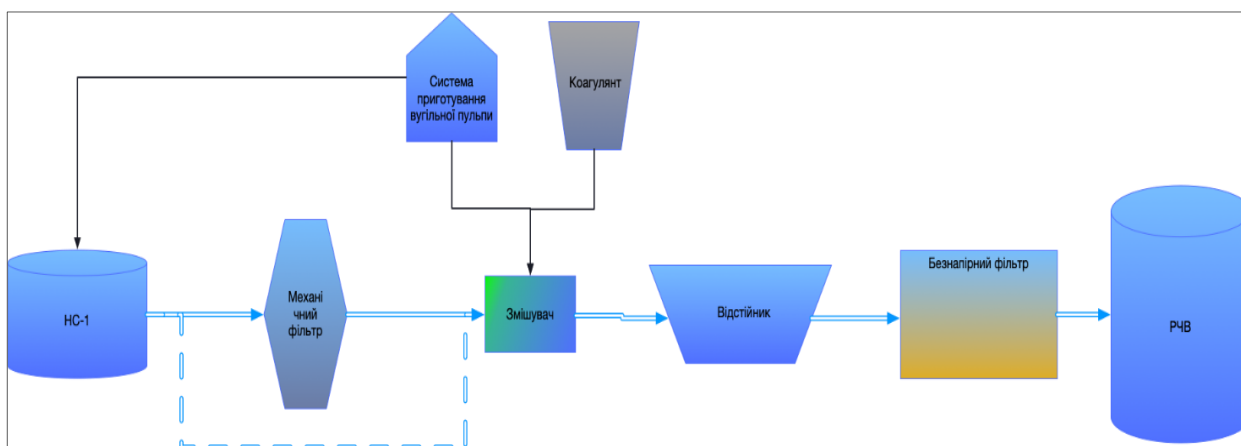


Рис.1. Принципова схема пілотної установки №1

На рис.1 зображена принципова схема пілотної установки, на якій буде відпрацьована технологія очищення природної води на Деснянській водопровідній

станції з використанням порошкоподібного активованого вугілля.

Для забезпечення мобільності роботи групи дослідників, раціонального і оперативного відпрацювання регламенту, можливості дотримання необхідного часу контакту вугілля з оброблюваною водою склад для тимчасового зберігання і організацію логістики, подачі порошкоподібного активованого вугілля (ПАВ) необхідно організувати на водозаборі або на проміжній ділянці водоводу подачі сирій води до ДВС. Для чистоти експерименту можливо побудувати додатковий змішувач та камеру реакції для контакту води з ПАВ.

В таблиці 4 наведені розрахункові дані відносно концентрацій ПАВ і коагулянту для очищення води. Концентрації реагентів розраховуються в залежності від активної пори року. Залежно від сезону в поверхневих водах річок буде певна відповідна температура, активність зоопланктону і фітопланктону, швидкість реакцій фотосинтезу та біосинтезу, динаміка кругообігу органічних речовин, каламутність таке інше.

Концентрації реагентів (порошкоподібне активоване вугілля, коагулянт) до технологічної схеми №1

Таблиця 6

кольоровість, мг/дм ³	15-20	20,1-25	25,1-30	30,1-35	35,1-40	40,1-45	45,1-50	51,1-57
реагенти								
порошкоподібне активоване вугілля, мг/дм ³	3	5	7	10	12	14	15	15-20
гідроксихлорид алюмінію (Al ₂ (OH) _n Cl _{6-n})	3	3-5	5-8	8-10	-	-	-	-

сульфат алюмінію (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O),	-	-	-	-	12- 14	15- 17	17- 20	20- 22
--	---	---	---	---	-----------	-----------	-----------	-----------

Дози коагулянтів визначаємо методом пробної коагуляції на лабораторному перемішувачі. Гідроксихлорид алюмінію переважно ефективніше спрацьовує при однакових проміжках часу контакту з оброблюваною водою ніж сульфат алюмінію. Тому у передпаводковий період і пізньої осені порівнюємо показники роботи цих двох груп коагулянтів.

Безумовно, одним з найбільш перспективних та ефективних реагентів для видалення з води забруднень, які погіршують якість питної води, є активоване вугілля. Активоване вугілля сприяє усуненню сторонніх запахів, присмаків, суттєво знижує кольоровість і окиснюваність, адсорбує більшість органічних, переважно ароматичних, сполук, покращує технологічні властивості обробки води іншими реагентами, підвищує інтенсивність знезараження в результаті сорбції мікроорганізмів. Технологією водопідготовки передбачено застосування порошкоподібного та гранульованого активованого вугілля.

Вугільна пульпа змішується на НС-1 з річковою водою. Суміш річкової води і вугільної пульпи подається до змішувача. ПАВ необхідно подавати в оброблювану воду за 10-20 хвилин до введення інших реагентів. Далі до суміші додається Коагулянт. Перемішування проводиться за допомогою мішалок із швидкістю 30-50 об/хв. Швидкість і час перемішування залежить від температури води і забрудненості (каламутність, кольоровість). Далі оброблена порція води рухається до камери реакції, а потім до відстійника.

Час перебування води у камерах реакції орієнтовно 30-200 хвилин, у відстійниках – від 6 до 12 годин.

Підвищити якість очищення води може часткова двоступінчаста обробка води активованим вугіллям. Так, перша доза подається на НС-1, а друга – у водогін перед фільтрацією.

Проби води для проведення аналізів відбираються з РЧВ перед подачею у розподільчу мережу.

Концентрації реагентів (порошкоподібне активоване вугілля, коагулянт) до технологічної схеми №1 при очищенні води в літній період під час цвітіння

Таблиця 7

кольоровість, град								
реагенти	15-20	20,1-25	25,1-30	30,1-35	35,1-40	40,1-45	45,1-50	51,1-57
порошкоподібне активоване вугілля, мг/дм ³	3,5	6	8.5	12	17	24	30-35	35-40
гідроксихлорид алюмінію (Al ₂ (OH) _n Cl _{6-n})	4-6	5-8	10-12	15-18	-	-	-	-
сульфат алюмінію (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O),	-	-	-	-	16-20	18-22	20-25	25-30

При розрахунках реагентів під час цвітіння беруться до уваги параметри забарвленості та перманганатної окиснюваності.

Беручи до уваги той факт, що під час цвітіння природної води механізм очищення ускладнюється тим, що забрудненість спричинена наявністю великою кількості ціанобактерій, технологічні режими очищення будуть суттєво інші ніж при очищенні мутних та маломутних вод.

1. Перемішування проводиться за допомогою мішалок із швидкістю 10-30 об/хв.
2. Доза коагулянту передбачається на 25-40% більшою.

3. Час перебування води у камерах реакції триваліший, орієнтовно на 10-15%.
4. Час перебування води у відстійниках – на 15-20% триваліший.

Проби води для проведення аналізів відбираються з РЧВ перед подачею у розподільчу мережу.

Технологічна схема №2. Пілотна установка

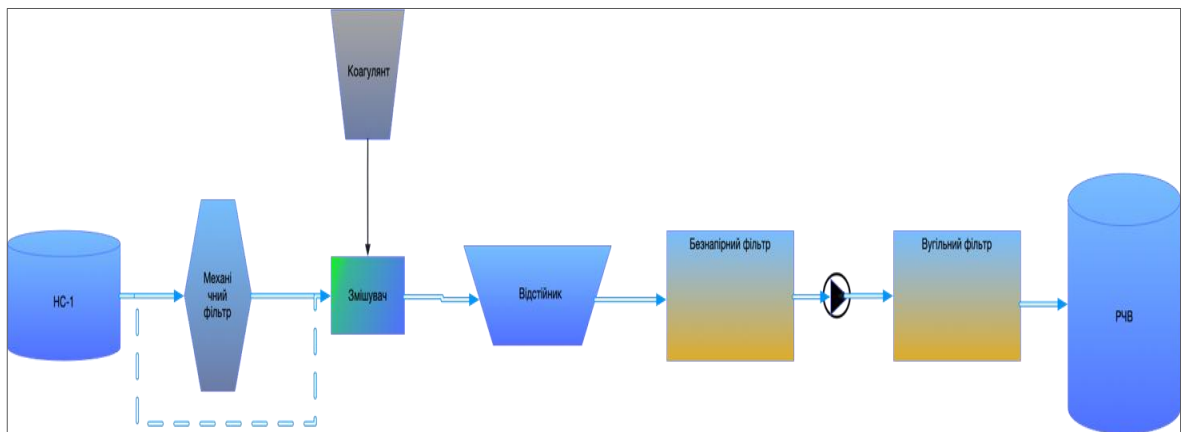


Рис. 2. Принципова схема пілотної установки №2

На рис. 2 зображена, принципова схема пілотної установки на якій буде відпрацьована технологія очищення природної води на Деснянській водопровідній станції з використанням гранульованого активованого вугілля. Блок вугільних фільтрів реалізується у вигляді безнапірних фільтрів.

Концентрації реагентів (Гранульоване активоване вугілля, коагулянт) до технологічної схеми №2

Таблиця 10

Швидкість фільтрування, м/год. реагенти	4	6	8	10	14	20	24	28
	Гранульоване активоване вугілля, мг/дм ³	4	6	8	12	14	16	18
гідроксихлорид алюмінію (Al ₂ (OH) _n Cl _{6-n})	3	3-5	5-8	10	-	-	-	-
сульфат алюмінію (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O),	-	-	-	-	12-14	15-17	17-20	20-22

Швидкість фільтрації у межах більше 10м/год. Варто встановлювати при фільтрації обробленої води з малою каламутністю та незначною забарвленістю, під час цвітіння води та у паводковий період варто дотримуватись швидкості фільтрації меншої за 10м/год. За таких умов фільтрування через гранульоване активоване вугілля має певні переваги перед порошкоподібним вуглеванням води та в декілька раз менші витрати реагенту. Однак така технологія потребує більше капітальних затрат, більшої витрати води на промивку фільтрів, більш дбале освітлювання питної води, придбання або виготовлення установки для активації і регенерації

гранульованого вугілля.

Технологічна схема №3. Пілотна установка

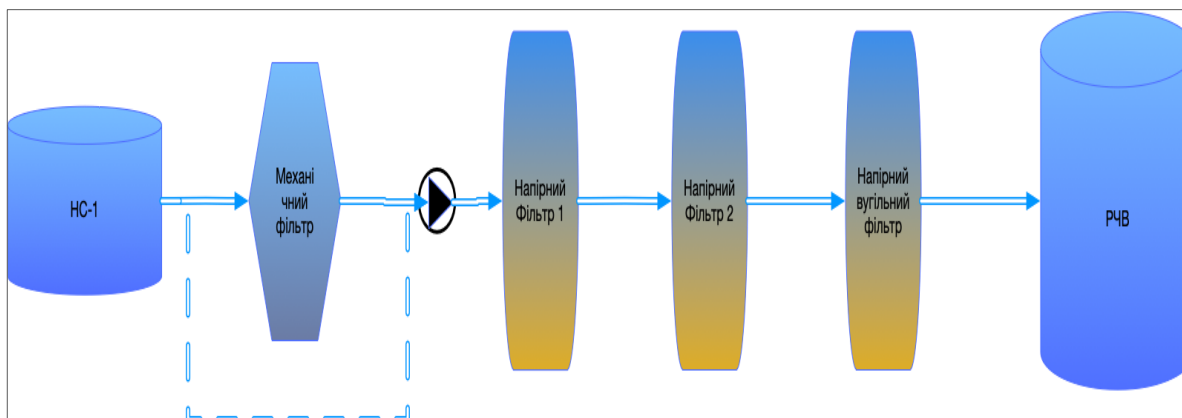


Рис.3. Принципова схема пілотної установки №3

На рис. 3 зображена принципова схема пілотної установки, на якій буде відпрацьована технологія 3-хступінчастої (1 ст.-контактна коагуляція, 2 ст.-напірна фільтрація(кварцевий пісок, цеоліт), 3 ст.-напірна фільтрація через блок вугільних фільтрів) очистки природної води на Деснянській водопровідній станції з використанням гранульованого активованого вугілля.

Концентрації реагентів (Гранульоване активоване вугілля, коагулянт) до технологічної схеми №3

Таблиця 13

кольоровість, град реагенти	15-20	20,1-25	25,1-30	30,1-35	35,1-40	40,1-45	45,1-50	51,1-57
Гранульоване активоване вугілля, мг/дм ³	1-2	3-4	5-6	7-8	9-10	10-12	12-14	14-16
гідроксихлорид алюмінію (Al ₂ (OH) _n Cl _{6-n})	0	1-3	2-4	3-5	-	-	-	-
сульфат алюмінію (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O)	-	-	-	-	10-12	12-14	15-17	16-18

Технологічна схема №4. Пілотна установка

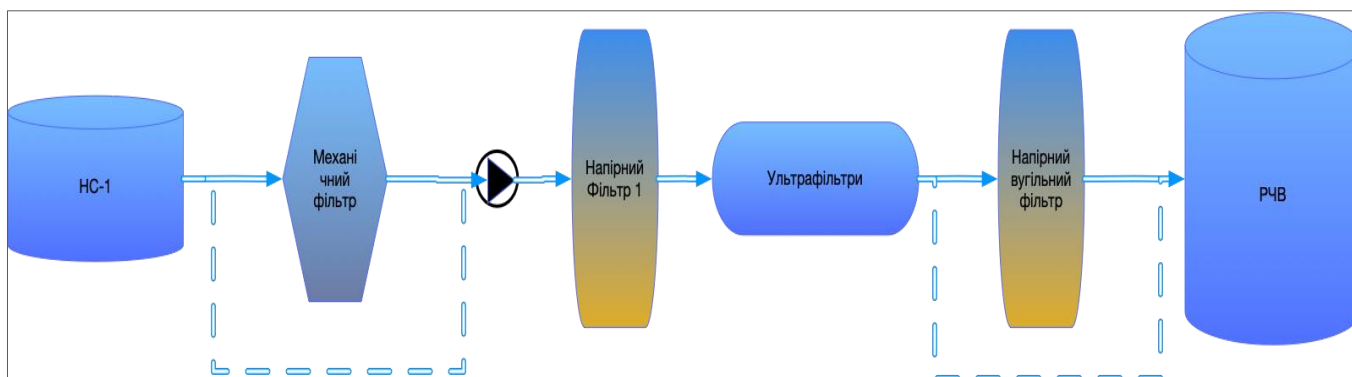


Рис. 4. Принципова схема пілотної установки №4

На рис. 4 зображена принципова схема пілотної установки, на якій буде відпрацьована технологія безреагентної (мембранної) очистки природної води на Деснянській водопровідній станції або комплексної очистки з використанням гранульованого активованого вугілля.

Концентрації реагентів (ГАВ, коагулянт) до технологічної схеми №4

Таблиця 16

кольоровість, град реагенти	15- 20	20,1- 25	25,1- 30	30,1- 35	35,1- 40	40,1- 45	45,1- 50	51,1- 57
Гранульоване активоване вугілля, мг/дм ³	-	-	-	-	2	3	4	5
гідроксихлорид алюмінію (Al ₂ (OH) _n Cl _{6-n})	3	3-5	5-8	8-10	-	-	-	-
сульфат алюмінію (Al ₂ (SO ₄) ₃ ·18H ₂ O),	-	-	-	-	6-10	10-14	12-16	12-15

Фільтруюче завантаження і реагенти:

○ гіпохлорит натрію – фасований привізний гіпохлорит натрію марки А або його аналог. Обов'язково контролюється вміст активної речовини щоденно у період проведення досліджень. Перед дозуванням може розводитись до концентрації 6-8

г/л, що відповідає електролізному гіпохлориту. В разі придбання електролізної установки використовується електролізний гіпохлорит натрію;

- діоксид хлору - розчин діоксиду хлору, отриманий з Дніпровської водоочисної станції або виготовлений на окремій установці;

- перманганат натрію (реагент Carusol) - товарний розчин реагенту, який за необхідності розводиться до 10 разів.

Вугільна пульпа готується з порошкоподібного активованого вугілля різних марок у ємності з мішалкою. Дози активованого вугілля визначаються, виходячи з маси розчиненого ПАВ.

Комбінації фільтруючих матеріалів для завантаження фільтрів:

- кварцевий пісок;
- цеоліт;
- цеоліт модифікований – Zeosorb;
- антрацит;
- гранульоване активоване вугілля.

Висота і порядок розташування фільтруючих шарів, швидкості руху води і графік промивки фільтрів розраховуються на етапі розробки методу проведення досліджень.

Для моделювання УФ-зnezараження води (зокрема, при застосуванні комбінованих реагентів), використовується окремий блок УФ-обробки, який включає ємність із встановленою у ній УФ-лампюю. За необхідності зnezараження вода з комутаційного блоку подається у ємність. Зnezаражена вода повертається на комутаційний блок і далі надходить у технологічну схему.

Типові конструкції напірних фільтрів діаметром 8 дюймів, висотою 54 дюйми з відповідними типами фільтруючого завантаження; в комплекті 2 фільтри - багат шарове завантаження для поверхневих вод, 1 фільтр – гранульоване активоване вугілля. Фільтри комплектуються блоком автоматичної промивки Slacks або аналогічним (це зумовлено тим, що промивка «вручну» потребує

значних зусиль і призводить до ризику її недостатньої ефективності).

Мембранний модуль включає блок ультрафільтраційного очищення з вузлом хімічної промивки UF Pallas PWG Clack Impression PRO, має вертикальне розташування і може ефективно працювати з таким самим напором, як і напірні фільтри. Система комплектується необхідною автоматикою, а також підсистемою промивки та комплектом відповідних реагентів.

Модель безнапірних фільтрів – це нестандартна конструкція, яка виготовляється з труб відповідного діаметру (для звичайних фільтрів Ду=200 мм, для вугільних Ду=180 мм) довжиною 2,2-2,3 м. Фільтри працюють у вертикальному режимі, який забезпечується додатковими пристроями стійкості. В корпусі влаштовуються відповідні патрубки для подачі/відбору води, подачі/збору промивних вод. В нижній частині встановлюється відповідний дренаж.

Блок моделювання швидких безнапірних фільтрів повинен забезпечувати моделювання існуючих фільтрів ДВС (відповідати за типом завантаження, швидкістю фільтрування) з можливістю заміни завантаження та зміни швидкості в діапазонах, допустимих ДБН В.2.5.74-2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі і споруди». Блок повинен включати все необхідне насосне обладнання для підводу і відведення води у застосовуваних режимах, а також в режимах промивки. Заміна фільтруючого обладнання повинна бути максимально спрощена.

Установка регенерації безнапірних фільтрів повинна забезпечувати промивку фільтрів вихідною водою, очищеною водопровідною водою та/або водоповітряною сумішшю, для чого вона має бути обладнана відповідними насосами і компресорами. В тому числі вона повинна забезпечувати режим промивки, що відповідає існуючому на ДВС.

4.8. Оцінка якості альтернативних досліджуваних реагентів

На моделі вищенаведеної пілотної установки є можливість відпрацювати та отримати реальні достовірні результати ефективності очищення природної води різноманітними коагулянтами (хлорне залізо, залізо-титановий коагулянт, полвак,

проаква, таке інше) флокулянтами, знезараження альтернативними хлору реагентами (гіпохлорит натрію, діоксид хлору, перманганат натрію (Carusol)). Доцільно провести експериментальні дослідження ефективності дії окремих реагентів та їх комбінований вплив на покращення якості питної води централізованої системи водопостачання м. Києва.

Гіпохлорит натрію. Використання цього реагенту для знезараження води р. Десни без преамонізації може призводити до утворення значної кількості ТГМ. Проте у технологічних схемах передбачається застосування активованого вугілля (Гранульоване АВ або Порошкоподібне АВ), що дозволить знизити до встановлених нормативів концентрацію не тільки цих речовин, але також і значної кількості інших органічних інгредієнтів;

- діоксид хлору - сучасний дезінфікуючий реагент, який не призводить до утворення ТГМ. Діоксид хлору також має більший час пролонгованої дії із сталим бактерицидним ефектом, що дозволить покращити якість води безпосередньо в точках розбору (кранах споживачів);

- комбінація вищенаведених реагентів, а також ультрафіолетового опромінення та перманганату натрію (Carusol). Застосування для знезараження різноманітних моделей комбінації реагентів дасть можливість максимально використовувати переваги кожного з них та нівелювати їх недоліки.

Коагулянт «Данал» - згідно з висновками екологічних експертиз та результатами комплексних досліджень, коагулянт "Данал":

- не утворює шкідливих і токсичних сполук з іншими органічними та неорганічними сполуками, що знаходяться у воді, що очищається;

- не призводить до збільшення солевмісту води, а вміст залишкового алюмінію знижується в 2-3 рази;

- ефективний при очищенні води від таких забруднень, як нафтопродукти, важкі метали;

- забезпечує максимально ефективний процес коагуляції за мінімальної дози

(1-2 мл коагулянту на 1л води);

- має високу швидкість утворення пластівців(через 3-5 годин після введення коагулянту зв'язані домішки випадають в осад);

- зберігає коагулюючі властивості при тривалому зберіганні (у тому числі при низьких температурах).

Попри все, вказані реагенти певного часу проходили лабораторні та й промислові експерименти на комунальних підприємствах України щодо їх ефективності, а деякі і до сьогодні є основою технологічних регламентів водопідготовки та успішно використовуються в роботі водоканалів і показують хороші результати.

Включення цих реагентів або деяких з них до технологічної схеми випробувань, жодним чином не впливає на плани та графіки відбору проб і проведення досліджень.

За результатами експериментальних досліджень даємо гігієнічну оцінку і порівняння за основними напрямками:

Методи знезараження – ефективність окремих дезінфектантів або комплексне знезараження декількома реагентами, які дають надійний стабільний результат;

Коагуляція – робота різних коагулянтів в різних дозах на різній якості і характеристиках оброблюваної води у порівнянні із безреагентною фільтраційною очисткою;

Становлення оптимальних мінімальних доз активованого вугілля, при яких досягається бажана висока якість питної води, що відповідає санітарним вимогам;

Визначення необхідного часу контакту активованого вугілля з оброблюваною водою для досягнення ефекту очищення від забруднюючих факторів;

Ефективність дії ПАВ і ГАВ та їх вплив на блокування процесу утворення ТГМ при застосуванні у технології водопідготовки хлорвмісних реагентів.

РОЗДІЛ 5. ЕЛЕКТРОТЕХНІЧНІ РІШЕННЯ (ЕТР)

5.1. Загальні дані по ЕТР

Електротехнічні рішення розроблені на основі технічного завдання та згідно з чинними нормами та правилами (ПУЕ, ДБН).

Розрахункова потужність: 6 кВт.

Напруга мережі живлення: 380/220В змінного струму, частота 50Гц.

Система заземлення: TN-S (трифазний струм з глухозаземленою нейтраллю).

5.2. Електропостачання та електрообладнання

Для прийому та розподілення електроенергії передбачається встановлення розподільчого щита (ЩР). Живлячі та розподільчі мережі виконуються кабелем з мідними жилами, що не розповсюджують горіння (ВВГнг-нд або ВВГнг-LS). Прокладка кабелів здійснюється відкрито по стінах в металорукаві або гофротрубі, по металевих конструкціях.

Електроприймачі установки (насоси, мішалки, стерилізатори, компресор, станція дозування, сигнальні лампи) працюють на напрузі 380/220В.

5.3. Заземлення, блискавкозахист та протипожежні заходи

В якості заземлюючих захисних провідників використовуються жили живлячих та групових кабелів. На всіх силових щитах передбачаються шини "PE" та "N". Усі металеві частини електрообладнання підлягають заземленню. Захист персоналу від ураження електричним струмом здійснюється за допомогою приладів захисного відключення та підключення струмоприймачів до нульового захисного провідника PE. Передбачена система зрівнювання потенціалів.

5.4. Плани та схеми

План прокладання мереж:

Схема щита ЩР: Схема однолінійна принципова щита ЩР наведена у додатках до пояснювальної записки.

РОЗДІЛ 6. ОХОРОНА ПРАЦІ ТА БЕЗПЕКА ЕКСПЛУАТАЦІЇ

6.1. Аналіз небезпечних та шкідливих факторів

При монтажі, налагодженні та експлуатації пілотної установки для очищення води можливий вплив наступних небезпечних та шкідливих виробничих факторів:

Електричні фактори:

Небезпека ураження електричним струмом при роботі з електрообладнанням (насоси, приводи, контрольно-вимірювальні прилади, щити управління).

Коротке замикання, перевантаження електромережі.

Механічні фактори:

Рухомі частини обладнання (насоси, мішалки).

Падіння інструментів, деталей обладнання.

Робота на висоті при обслуговуванні ємностей та трубопроводів.

Гострі краї, задирки на обладнанні та конструкціях.

Хімічні фактори:

Контакт з реагентами (коагулянти, гіпохлорит натрію, діоксид хлору, перманганат натрію, активоване вугілля).

Можливість розливів реагентів, випаровування.

Фізичні фактори:

Шум та вібрація від працюючого насосного та компресорного обладнання.

Недостатнє або надмірне освітлення робочої зони.

Температурний режим у приміщенні.

Тиск у напірних системах.

Фактори, пов'язані з робочим середовищем:

Слизька підлога (можливі розливи води, реагентів).

Захаращеність проходів.

6.2. Заходи для уникнення шкідливої та небезпечної дії факторів

Для забезпечення безпечних умов праці при монтажі та експлуатації пілотної

установки необхідно дотримуватись комплексу заходів:

Електробезпека (відповідно до ПУЕ, ДСТУ 7237:2011, НПАОП 40.1-1.21-98):

Заземлення та занулення всього електрообладнання.

Використання пристроїв захисного відключення (ПЗВ).

Ізоляція струмоведучих частин, застосування захисних кожухів.

Регулярна перевірка стану ізоляції кабелів та електрообладнання.

Використання діелектричних засобів захисту (рукавички, килимки, інструмент з ізольованими ручками).

Проведення інструктажів та навчання персоналу правилам електробезпеки.

Наявність попереджувальних знаків та плакатів.

Механічна безпека (відповідно до ДСТУ Б А.3.2-14:2011):

Огородження рухомих частин обладнання.

Використання засобів індивідуального захисту (каска, захисні окуляри, спецодяг, спецвзуття).

Дотримання правил стропування та переміщення вантажів.

Забезпечення стійкості обладнання та конструкцій.

Організація безпечних проходів та робочих місць.

Хімічна безпека:

Використання ЗІЗ при роботі з реагентами (захисні окуляри, респіратори, рукавички, фартухи).

Наявність аварійних душів та фонтанчиків для промивання очей.

Забезпечення належної вентиляції у місцях зберігання та використання реагентів.

Дотримання інструкцій з поводження з хімічними речовинами, наявність паспортів безпеки на реагенти.

Обладнання місць зберігання реагентів піддонами для збору можливих розливів.

Захист від фізичних факторів:

Застосування шумо- та віброізолюючих матеріалів та конструкцій для насосного та компресорного обладнання.

Використання ЗІЗ від шуму (навушники, беруші).

Забезпечення нормативного освітлення робочих місць.

Контроль параметрів мікроклімату.

Регулярна перевірка манометрів та запобіжних клапанів на напірних лініях.

Загальні заходи безпеки:

Розробка та затвердження інструкцій з охорони праці для кожного виду робіт та професій.

Проведення вступного, первинного, повторного та позапланових інструктажів з охорони праці.

Забезпечення персоналу спецодягом, спецвзуттям та іншими ЗІЗ.

Підтримання чистоти та порядку на робочих місцях.

Наявність засобів пожежогасіння та аптечки першої допомоги.

6.3. Інженерний розрахунок небезпечного фактора (приклад розрахунку рівня шуму)

Для визначення середньозваженого рівня шуму на робочому місці, де працює, наприклад, насосне обладнання та компресор з різними рівнями шуму протягом робочої зміни, можна застосувати формулу:

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{T} \sum_{i=1}^N T_i * 10^{\frac{L_i}{10}} \right)$$

Де:

L_{eq} - еквівалентний рівень шуму (дБ),

T - загальний час вимірювання (години),

T_i - час впливу рівня шуму L_i (години),

L_i - рівень шуму за час T_i (дБ).

Вихідні данні для розрахунку

Данні	Значення
T - загальний час вимірювання (години)	8
T_1 - час впливу рівня шуму L_1	2
T_2 - час впливу рівня шуму L_2	3
T_3 - час впливу рівня шуму L_3	3
L_1 - рівень шуму за час T_1 (дБ)	80
L_2 - рівень шуму за час T_2 (дБ)	75
L_3 - рівень шуму за час T_3 (дБ)	70

$$L_{eq} = 10 \log_{10} \left(\frac{1}{8} \left(2 * 10^{\frac{80}{10}} + 3 * 10^{\frac{75}{10}} + 3 * 10^{\frac{70}{10}} \right) \right)$$

$$L_{eq} = 76,1 \text{ дБ}$$

Отже, за розрахунком рівень шуму на робочому місці, знаходиться в межах норми.

ВИСНОВКИ

В рамках даної кваліфікаційної роботи розроблена пілотна установка, призначена для відпрацювання та удосконалення технологій очищення і знезараження води на Деснянській водопровідній станції.

Основні результати та характеристики кваліфікаційної роботи:

1. Багатофункціональність: Пілотна установка дозволяє моделювати широкий спектр технологічних процесів, включаючи традиційні (коагуляція, відстоювання, фільтрація) та інноваційні (використання порошкоподібного активованого вугілля, мембранні технології, багатостадійне фільтрування, УФ-знезараження).
2. Гнучкість: Передбачено дві паралельні технологічні лінії (напірна та безнапірна) з можливістю зміни конфігурацій та режимів роботи, що забезпечує умови для порівняльних досліджень та оптимізації процесів.
3. Контроль та управління: Установка оснащена необхідними засобами контролю (ротаметри, манометри, пробовідбірники) та управління (запірно-регулююча арматура, електричні блоки керування), що дозволяє точно налаштовувати та моніторити експерименти.
4. Нормативна відповідність: пілотна установка розроблена з урахуванням чинних державних будівельних норм (ДБН), санітарних правил (ДСанПіН), стандартів (ДСТУ) та правил улаштування електроустановок (ПУЕ), що забезпечує безпеку та надійність експлуатації установки.
5. Деталізація: Розроблено комплекти робочих креслень для технологічних (ТХ) та електротехнічних (ЕТР) рішень, а також конструкторську документацію (СК) для виготовлення нестандартного обладнання.

Проект, щодо впровадження пілотної установки успішно реалізований, це дозволило проводити науково-дослідні та дослідно-промислові роботи для вибору найбільш ефективних та економічно доцільних технологій водопідготовки для умов Деснянської водопровідної станції, що сприятиме підвищенню якості питної води та оптимізації експлуатаційних витрат.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Положення про кваліфікаційну роботу здобувачів вищої освіти Київського національного університету будівництва і архітектури / Київський національний університет будівництва і архітектури. Київ, 2024. – 29 с.
2. Закон України «Про питну воду, питне водопостачання та водовідведення» від 10.01.2002 р. № 2918-III (зі змінами і доповненнями).
3. ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проєктування». – [Чинний від 2014-01-01]. – К.: Мінрегіон України, 2013. – 180 с.
4. ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». Затверджено Наказом МОЗ України від 12.05.2010 № 400.
5. ДСТУ 7525:2014 «Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості». – [Чинний від 2015-07-01]. – К.: Мінекономрозвитку України, 2015.
6. ПУЕ:2017. Правила улаштування електроустановок. – Харків: Форт, 2017.
7. ДСТУ Б А.3.2-14:2011 «Система стандартів безпеки праці. Експлуатація водопровідних і каналізаційних споруд і мереж. Загальні вимоги безпеки (ГОСТ 12.3.006-75, MOD)».
8. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту».
9. НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів».
10. ДСТУ 7237:2011 «Система стандартів безпеки праці. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту»;
11. ПУЕ «Правила улаштування електроустановок»;
12. НПАОП 40.1-1.32-01 (ДНАОП 0.00-1.32-01) «Правила устро́йства електроустановок. Электрооборудование специальных установок»;

- 13.НПАОП 40.1-1.21-98 (ДНАОП 0.00-1.21-98) «Правила безпечної експлуатації електроустановок споживачів»;
- 14.РМ 14-177-05 «Инструкция по монтажу электрических проводок систем автоматизации»;
- 15.Серія 4.904-69 «Деталі кріплення санітарно-технічних приладів і трубопроводів»;
- 16.ДСТУ ISO 13056:2018 (ISO 13056:2011, IDT) «Системи пластмасових трубопроводів. Системи гарячої та холодної води. Метод випробування на герметичність під дією вакуума»;
- 17.ДСТУ-Н Б В.2.5-68 - 2012 «Настанова з будівництва, монтажу та контролю якості трубопроводів зовнішніх мереж водопостачання та каналізації»;
- 18.ДСТУ-Н Б В.2.5-73:2013 Настанова з монтажу внутрішніх санітарно-технічних систем (СНиП 3.05.01-85, MOD);
- 19.ДСТУ-Н Б В.2.5-40:2009 «Проектування та монтаж мереж водопостачання та каналізації з пластикових труб».