

Дніпровський державний аграрно-економічний університет

Факультет водогосподарської інженерії та екології

Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва та захисту
довкілля

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри цивільної інженерії
технологій будівництва та захисту довкілля

професор _____ В.Є. Волкова

« _____ » 2026 р

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»

Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія

Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

на тему: «Проект реконструкції системи водопостачання і
водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород»

Виконав студент

4 курсу, групи БЦІ -1-22 _____ Ганночка А.В

(підпис)

Керівник _____ проф. В.Є.Волкова

(підпис)

Рецензент _____

(підпис)

Дніпровський державний аграрно-економічний університет
Факультет водогосподарської інженерії та екології
Кафедра цивільної інженерії, технологій будівництва та захисту довкілля
Освітньо-кваліфікаційний рівень «бакалавр»
Спеціальність – 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма «Гідротехніка (водні ресурси)»

ЗАТВЕРДЖУЮ:

Завідувач кафедри цивільної інженерії
технологій будівництва та захисту довкілля
професор _____ В.Є. Волкова
«_____» 2026 р

ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу студентів

Ганночці Андрію Володимировичу

(прізвище, ім'я, по батькові)

1) «Проект реконструкції системи водопостачання і водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород», затверджена наказом по університету від «___» _____ 2026 р. № ____.

2) Термін здачі студентом закінченої роботи: «10» червня 2026 р.

3) Вихідні дані до роботи: 1) Склад водоспоживачів приватного підприємства «Метан» м. Миргород. 2) Інженерна та технічна характеристика існуючої системи водопостачання і водовідведення підприємства. 3) Матеріали генерального плану території підприємства «Метан» м. Миргород (М 1:5000, М 1:2000). 4) Дані виробничої практики,

виконаної на об'єктах водопостачання та водовідведення підприємства. 5) Фондові та нормативні матеріали з проектування систем водопостачання і каналізації промислових підприємств. 6) Результати аналізу якості води джерел водопостачання підприємства..

4) Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що їх належить розробити): Вступ, Загальна характеристика приватного підприємства «Метан» м. Миргород ,Аналіз існуючої системи водопостачання і водовідведення, Аналіз водоспоживання підприємства, Проєкт реконструкції системи водопостачання і водовідведення,Розрахункова частина,розрахунок витрат води,підбір насосного обладнання, гідравлічні розрахунки мереж, розрахунок каналізаційної системи,Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях, Висновки

5) Перелік графічного матеріалу (Презентація у середовищі PowerPoint, яка включає): актуальність, мету, об'єкт, предмет та задачі дослідження; схему системи водопостачання підприємства «Метан»; схему розміщення підземного водозабору; генплан території водозабірних споруд; схему свердловини та насосного обладнання; характеристики насосного обладнання;схему роботи системи подачі води споживачам; загальні висновки.

Керівник роботи _____ (проф. В.Є.Волкова)
(підпис)

Завдання прийняв до виконання _____ (Ганночка А.В)
(підпис)

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ п. п.	Назва етапів дипломної роботи	Термін виконання етапів роботи	Примітка
1	Збір та аналіз вихідних даних по приватному підприємству «Метан» м. Миргород	24.04.2026 р	
2	Аналіз існуючої системи водопостачання і водовідведення підприємства	25.04.2026 – 05.05.2026	
3	Аналіз водоспоживання та перспективного навантаження системи	06.05.2026 – 15.05.2026	
4	Розрахунок водоспоживання підприємства	16.05.2026 – 25.05.2026	
5	Проектування та підбір обладнання системи водопостачання і водовідведення	26.05.2026 – 10.06.2026	
6	Розробка проєктних рішень системи реконструкції водопостачання і водовідведення	11.06.2026 – 20.06.2026	
7	Розділ «Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях»	21.06.2026 – 28.06.2026	
8	Оформлення пояснювальної записки та презентації	29.06.2026 – 05.07.2026	
9	Вступ	01.05.2026 – 05.05.2026	
10	Висновки	10.06.2026 р.	

Зміст	
ВСТУП.....	7
1 ПРИРОДНІ УМОВИ.....	9
1.1 Кліматичні умови м.Миргород (ПП «Метан»).....	9
1.2 Геоморфологічна характеристика території.....	11
1.3 Геологічні і гідрогеологічні умови.....	12
2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА	
ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	14
2.1 Розрахунок середньодобового та максимально-добового водоспоживання м. Миргород	14
2.2 Характеристика системи водопостачання.....	22
2.3 Характеристика системи водовідведення	26
2.4 Система обліку води в місто Миргород	29
2.5 Якість питної води	32
3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ.....	36
3.1 Водозабірні споруди	36
3.2 Насосне обладнання.....	40
3.3 Водопровідні мережі	44
3.4 Облік та втрати води	50
3.5 Оцінка технічного стану мереж.....	54
3.6 Аналіз втрат води в мережі	57
4 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ	62
4.1 Каналізаційні насосні станції.....	62
4.2 Очисні споруди	66
4.3 Каналізаційні мережі	70
4.4 Оцінка ефективності очищення стоків.....	73
4.5 Гідравлічний режим роботи каналізаційної мережі	76
5 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА	
ВОДОВІДВЕДЕННЯ	79
5.1 Заходи щодо зменшення втрат води.....	79
5.2 Модернізація обладнання	82
5.3 Підвищення ефективності системи водовідведення	84

5.4 Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів....	88
5.5 Порівняльна оцінка ефективності запропонованих заходів ...	91
6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях.....	94
6.1 Вимоги безпеки під час експлуатації споруд водопостачання та водовідведення	95
ВИСНОВКИ	97
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	99

ВСТУП

Водопостачання та водовідведення є одними з найважливіших складових інженерної інфраструктури промислових підприємств. Надійне забезпечення підприємств водою необхідної якості та ефективне відведення стічних вод є важливою умовою стабільної роботи виробничих процесів, дотримання санітарно-гігієнічних вимог та охорони навколишнього природного середовища.

В умовах підвищення вимог до ефективності використання водних ресурсів особливого значення набуває реконструкція існуючих систем водопостачання і водовідведення з метою зменшення втрат води, підвищення надійності роботи мереж та оптимізації роботи насосного обладнання. Сучасні системи водопостачання та каналізації промислових підприємств потребують техніко-економічного обґрунтування та впровадження енергоефективних рішень.

Об'єктом дослідження є система водопостачання і водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород, що забезпечує виробничі та господарсько-побутові потреби підприємства.

Предметом дослідження є технічні та гідравлічні параметри систем водопостачання і водовідведення підприємства, зокрема водопровідних і каналізаційних мереж, насосного обладнання, споруд очищення та елементів інженерної інфраструктури, а також шляхи підвищення ефективності їх функціонування.

Метою дипломної роботи є розроблення проєкту реконструкції системи водопостачання і водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород з метою підвищення надійності та ефективності її роботи, а також зменшення експлуатаційних витрат.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити такі завдання:

- надати загальну характеристику приватного підприємства «Метан» м.Миргород;
- виконати аналіз існуючої системи водопостачання і водовідведення;

- визначити розрахункові витрати води підприємства;
- проаналізувати роботу існуючих водопровідних та каналізаційних мереж;
- обґрунтувати необхідність реконструкції системи;
- розробити проєктні рішення щодо модернізації системи водопостачання і водовідведення;
- підібрати насосне обладнання та основні елементи системи;
- оцінити ефективність запропонованих рішень;
- розглянути питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях.

Практичне значення роботи полягає у можливості впровадження запропонованих проєктних рішень на приватному підприємстві «Метан» м. Миргород з метою підвищення надійності роботи систем водопостачання і водовідведення, зменшення втрат води та оптимізації витрат на експлуатацію інженерних мереж.

1 ПРИРОДНІ УМОВИ

1.1 Кліматичні умови м.Миргород (ПП «Метан»)

Клімат району розташування приватного підприємства «Метан» м. Миргород Полтавської області є помірно-континентальним із відносно теплим літом та помірно холодною зимою. Середньорічна температура повітря становить близько $+7,5...+8,0$ °С. Найнижчі температури спостерігаються у січні–лютому і можуть досягати $-25...-30$ °С, тоді як максимальні літні температури у липні–серпні іноді перевищують $+35$ °С.

Глибина промерзання ґрунту в середньому становить 0,8–1,0 м залежно від погодних умов конкретного року. Річна кількість атмосферних опадів коливається в межах 500–600 мм, при цьому значна їх частина випадає у теплий період року у вигляді зливових дощів.

Такі кліматичні умови необхідно враховувати при проектуванні та експлуатації систем водопостачання і водовідведення підприємства, зокрема при прокладанні зовнішніх мереж, захисті трубопроводів від промерзання та забезпеченні стабільної роботи інженерних систем у зимовий період.

Переважаючими є західні та північно-західні вітри із середньою швидкістю 3–6 м/с. Сильні штормові явища трапляються рідко і не мають систематичного характеру.

Таблиця 1.1 – Кліматичні умови

Показники	Січень	Лютий	Березень	Квітень	Травень	Червень	Липень	Серпень	Вересень	Жовтень	Листопад	Грудень
Мінімальна температура °С	-6	-6	-2	+4	+9	+13	+15	+14	+9	+4	-1	-4

Максимальна температура °C	+1	+2	+7	+15	+21	+25	+28	+27	+21	+14	+6	+2
Опади, мм	39	32	42	44	57	60	44	38	43	35	40	40
Вологість (%)	83	78	72	63	57	56	54	50	58	69	81	82
Дощові дні (d)	6	5	7	6	8	7	5	4	5	4	5	6

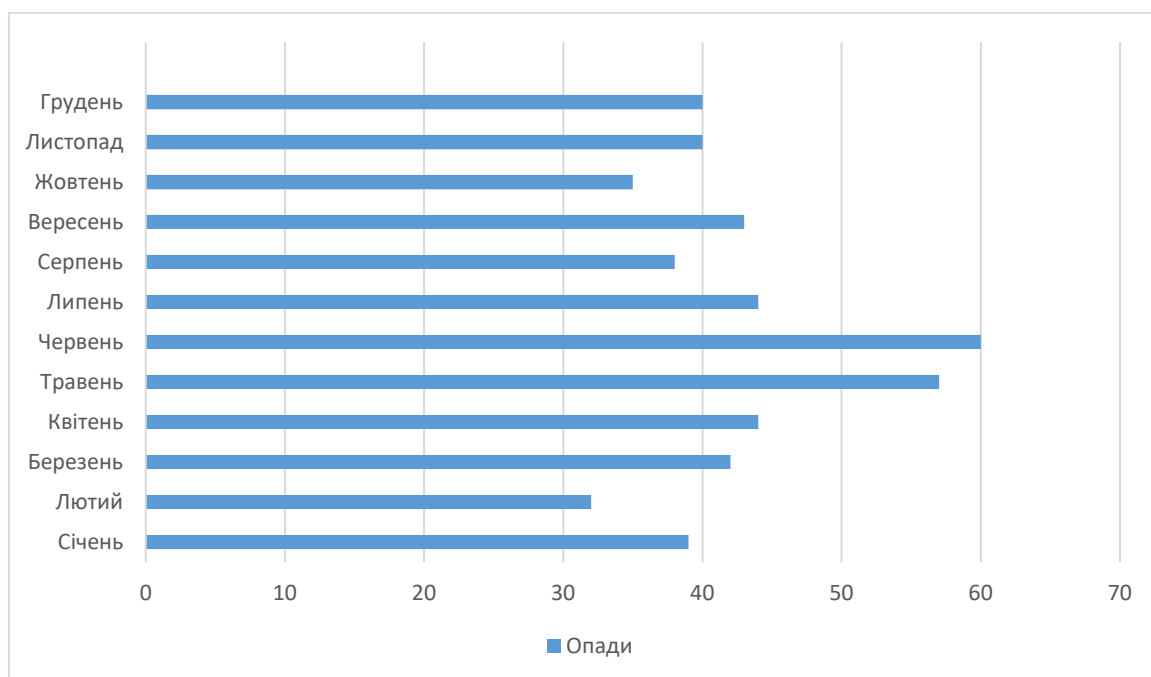


Рисунок 1.1 – Графік середньомісячних опадів м. Миргород

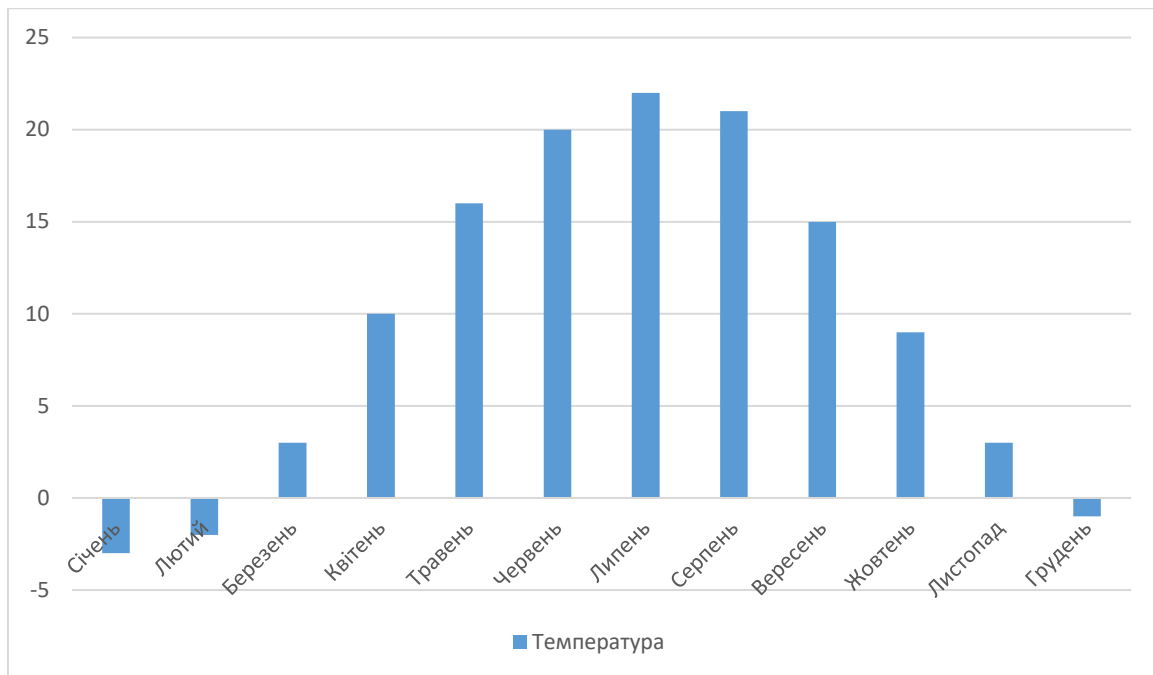


Рисунок 1.2 – Графік середньомісячної температури м. Миргород

1.2 Геоморфологічна характеристика території

Територія розташування приватного підприємства «Метан» м. Миргород Полтавської області знаходиться в межах Придніпровської низовини та Полтавської рівнини, що входять до складу Східноєвропейської рівнини. Рельєф району переважно рівнинний, слабохвилястий, з незначними перепадами висот, що є сприятливим для розвитку інженерної інфраструктури, зокрема систем водопостачання і водовідведення промислових підприємств.

Геологічну основу території складають переважно лесові відклади четвертинного періоду, які перекривають більш давні осадові породи. Поверхня має слабкий ухил у напрямку природних понижень рельєфу, що впливає на умови формування поверхневого стоку та живлення підземних водоносних горизонтів.

У геоморфологічному відношенні територія характеризується поєднанням вирівняних вододільних ділянок та понижених форм рельєфу.

Вододільні простори представлені рівнинними поверхнями з незначною розчленованістю, що поступово переходять у зони понижень.

Понижені ділянки рельєфу характеризуються наявністю алювіальних та делювіальних відкладів, представлених піщано-глинистими породами різної потужності, що визначає їх фільтраційні властивості та впливає на умови інженерного будівництва.

У межах території також виділяються ділянки з переважанням лесовидних суглинків значної потужності, які місцями підстеляються піщаними та глинистими відкладами. Ці умови є важливими для формування та захисту інженерних комунікацій підприємства.

Окремі ділянки характеризуються більш щільними ґрунтами та менш вираженим рельєфом, що загалом забезпечує стабільні умови для прокладання водопровідних і каналізаційних мереж.

Загалом геоморфологічні умови території розташування підприємства «Метан» м. Миргород є сприятливими для розміщення об'єктів інженерної інфраструктури, включаючи системи водопостачання і водовідведення, а також їх подальшої експлуатації.

1.3 Геологічні і гідрогеологічні умови

Територія розташування приватного підприємства «Метан» м. Миргород Полтавської області знаходиться в межах Придніпровської низовини Української рівнини. Рельєф району характеризується переважно рівнинною та слабохвилястою поверхнею з незначним загальним ухилом у напрямку місцевих понижень рельєфу. Абсолютні відмітки місцевості змінюються в середньому в межах 50–90 м над рівнем моря, що створює сприятливі умови для розміщення об'єктів інженерної інфраструктури, зокрема систем водопостачання і водовідведення підприємства.

Геологічна будова території представлена переважно четвертинними відкладами, які включають леси, лесовидні суглинки, піски та алювіальні відклади. Під ними залягають більш давні осадові породи, що формують водоносні горизонти різного типу. Переважають пухкі та слабкоцементовані ґрунти, які визначають фільтраційні властивості порід і умови інженерного будівництва та дренажу території підприємства.

У гідрогеологічному відношенні територія характеризується наявністю декількох водоносних горизонтів. Основне значення для водопостачання підприємства мають підземні води у піщаних та піщано-суглинкових відкладах, які відзначаються відносною стабільністю дебіту та задовільною якістю води. Глибина залягання ґрунтових вод змінюється залежно від рельєфу та становить у середньому від 5 до 20 м.

Результати експлуатаційних та пробних відкачок свердловин у межах району свідчать, що дебіт водоносних горизонтів є достатнім для забезпечення потреб водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород. Коефіцієнт фільтрації водовмісних порід має середні значення, що забезпечує задовільні умови водообміну в підземних горизонтах.

За даними гідрохімічних досліджень, підземні води характеризуються переважно нейтральною або слабколужною реакцією середовища (рН близько 7,0–8,0), помірною мінералізацією та підвищеною загальною жорсткістю, яка в окремих випадках може вимагати коригування при підготовці води для технологічних та господарсько-питних потреб підприємства.

За результатами аналізів якості підземних вод загалом відповідає вимогам чинних санітарних норм та правил ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», що дозволяє їх використання для водопостачання підприємства «Метан» м. Миргород за умови дотримання вимог до контролю якості та, за необхідності, додаткової підготовки води.

2 ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1 Розрахунок середньодобового та максимально-добового водоспоживання м. Миргород

Основними категоріями водоспоживачів у системі водопостачання м. Миргород є населення, яке використовує воду для господарсько-питних потреб, а також об'єкти соціальної інфраструктури (заклади освіти, охорони здоров'я, культури) та підприємства комунально-побутового сектору, у тому числі приватне підприємство «Метан».

Чисельність населення м. Миргород приймається на основі вихідних даних та становить $N = 41\ 000$ осіб. У місті розташовані заклади освіти, медичні установи, підприємства та інші споживачі води, які формують загальне навантаження на систему водопостачання.

Кількість води, що споживається різними категоріями споживачів, визначається згідно з вимогами ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди». Питоме середньодобове водоспоживання населення залежить від рівня благоустрою та ступеня забезпечення централізованим водопостачанням.

$$Q_{\text{доб}} = \frac{q \cdot N}{1000}, \quad (2.1)$$

де q - питомі витрати води. л/добу на одного жителя;

N - розрахункова кількість жителів, чол.

При q - 150 л/добу на одного жителя та $N = 41\ 000$ осіб:

$$Q_{\text{доб}} = \frac{150 \cdot 41000}{1000} = 6150 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Розрахункові витрати води на добу найбільшого водоспоживання визначають за формулою

$$Q_{\text{добмах}} = K_{\text{добмах}} \cdot Q_{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

де $K_{\text{добмах}}$ - коефіцієнт добової нерівномірності

$Q_{\text{доб}}$ - середня добова витрата води, м³/добу.

При $K_{\text{добмах}} = 1,2$

$$Q_{\text{добмах}} = 1,2 \cdot 6150 = 7380 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення приймається як базове водоспоживання населення села та використовується для формування загального балансу водоспоживання з урахуванням інших категорій споживачів (табл. 2.1).

$$Q_{\text{добмах}} = K_{\text{гмах}} \frac{Q_{\text{добмах}}}{24}, \quad (2.3)$$

мінімальні

$$Q_{\text{годмін}} = K_{\text{гмах}} \frac{Q_{\text{добмін}}}{24}, \quad (2.4)$$

Для обґрунтування параметрів роботи системи водопостачання і водовідведення м. Миргород виконується розрахунок водоспоживання за основними категоріями споживачів, включаючи приватне підприємство «Метан». Визначення обсягів водоспоживання є одним із ключових етапів проєктування та аналізу систем водопостачання, оскільки саме на його основі формується загальний водний баланс, виконується підбір насосного обладнання та оцінка пропускної здатності водопровідної і каналізаційної мереж.

Водоспоживання у місті має складну структуру та залежить від багатьох факторів, зокрема чисельності населення, рівня благоустрою житлової забудови, наявності централізованого водопостачання, а також складу промислових і комунально-побутових об'єктів. Основну частку становить господарсько-питне водоспоживання населення, однак значний вплив мають також витрати води на підприємствах, у закладах освіти, охорони здоров'я, культурних установах та інших об'єктах громадського і виробничого призначення.

Окремо необхідно враховувати невраховані витрати води, які виникають у процесі експлуатації системи. До них належать технічні втрати у водопровідній і каналізаційній мережах, витоки через зношені ділянки трубопроводів, втрати у вузлах з'єднань, а також можливі похибки при обліку води. У реальних умовах експлуатації такі витрати можуть становити суттєву частку загального водоспоживання, тому їх врахування є обов'язковим при формуванні балансу.

Розрахунок водоспоживання виконується відповідно до вимог чинних нормативних документів у сфері водопостачання, зокрема ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди». Нормативні значення питомого водоспоживання встановлюються залежно від рівня благоустрою та умов експлуатації системи.

Крім середньодобових витрат, важливе значення має врахування коефіцієнтів добової та погодинної нерівномірності, які дозволяють визначити максимальні розрахункові навантаження на систему. Саме ці значення є визначальними при оцінці пропускної здатності мереж та виборі насосного обладнання, оскільки система повинна забезпечувати стабільну подачу води не лише в середніх, але й у пікових режимах споживання.

Таким чином, проведений розрахунок водоспоживання дозволяє отримати вихідні дані для подальшого гідравлічного аналізу системи водопостачання і водовідведення, оцінки її надійності та ефективності функціонування.

Зведені результати розрахунків водоспоживання за категоріями споживачів наведені в таблиці 2.1.

Таблиця 2.1- Водоспоживачі приватного підприємства «Метан», м.
Миргород

Найменування споживачів	Одиниці виміру	Кількість споживачів	Норма водоспоживання л/добу на одного жителя	Середньодобове водоспоживання, м³	Коефіцієнт добової нерівності	Максимально добове водоспоживання,
Комунально-господарський сектор						
Забудова будівлями, обладнаними водопроводом, каналізацією і ваннами і місцевими водонагрівачами	осіб	41000	150	6150,00	1,2	7380,00
Невраховані витрати 10%				615,00	1,2	738,00
Разом				6765,00		8118,00
Суспільний сектор						
Школа	учні	2500	15	37,50	1,2	45,00
Садок	дітей	1200	75	90,00	1,2	108,00
Поліклініка	відвідувачів	500	15	7,50	1,2	9,00
Будинок культури	осіб	1500	12	18,00	1,2	9,00
Разом				153,00		183,60
Невраховані витрати 10%				15,30		18,36
Всього по селу				6933,30		8320,00

Для визначення максимального водоспоживання за годинами доби складають табл. 2.2.

Години доби	Комунально господарський сектор		Суспільний сектор								Сумарне водоспоживання	Разом	Ордината інтеграції
			Школа		Садок		Поліклініка		Будинок культури				
	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	м³	%	%
0–6	6	405, 90									405,90	5,88	5,88
6–8	9	608, 85	10	3,7 5	10	9,00	10	0,75	10	0,75	623,10	9,02	14,90
8–10	19	1285 ,35	30	11, 25	30	27,0 0	30	2,25	30	2,25	1328,1 0	19,22	34,12
10– 14	24	1623 ,60	25	9,3 8	25	22,5 0	25	1,88	25	1,88	1659,2 4	24,02	58,14
14– 18	27	1826 ,55	25	9,3 8	25	22,5 0	25	1,88	25	1,88	1862,1 9	26,96	85,10
18– 20	10	676, 50	10	3,7 5	10	9,00	10	0,75	10	0,75	690,75	10,00	95,10
20– 24	5	338, 25	-	-	-	-	-	-	-	-	338,25	4,90	100,0 0

Разом	10 0	6765 ,00	10 0	37, 50	10 0	90,0 0	100	7,50	100	7,50	6907,5 0	100,0 0	100,0 0
-------	---------	-------------	---------	-----------	---------	-----------	-----	------	-----	------	-------------	------------	------------

Для забезпечення надійної та безперебійної роботи системи водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород необхідно враховувати нерівномірність водоспоживання протягом доби. Отриманий графік добового водоспоживання дозволяє визначити характер навантаження на систему водопостачання та встановити періоди максимального і мінімального споживання води.

На основі розрахованого добового графіка водоспоживання визначаються основні параметри роботи споруд та обладнання системи водопостачання підприємства, зокрема режим роботи насосних станцій, необхідна продуктивність подачі води, а також об'єм регулюючих ємностей.

Аналіз добового розподілу витрат води показує, що система працює в умовах значної нерівномірності навантаження, що є характерним для промислових підприємств із поєднанням виробничих і господарсько-побутових потреб.

Одним із основних елементів, що забезпечує вирівнювання добових коливань водоспоживання, є регулююча ємність (водонапірна башта або резервуар чистої води). Вона виконує функцію акумулювання надлишку води в періоди мінімального водоспоживання та забезпечує подачу води в години пікового навантаження.

Крім того, регулююча ємність підтримує необхідний напір у водопровідній мережі, компенсує різницю між подачею води насосною станцією та фактичним споживанням, а також підвищує надійність і стабільність роботи системи водопостачання в цілому.

Загальний об'єм бака водонапірної башти визначається за формулою

$$W_B = W_{\text{рег.}} + W_{\text{пож.}} + W_{\text{ав.}} \quad (2.5)$$

де $W_{\text{рег.}}$ - регулюючий об'єм, м³

$W_{\text{пож.}}$ - пожежний об'єм, м³

$W_{\text{ав.}}$ - аварійний об'єм, м³

Для визначення регулюючого об'єму складають таблицю балансу подачі та споживання води протягом доби, у якій порівнюють графік водоспоживання приватного підприємства «Метан» м. Миргород з графіком роботи насосного обладнання.

Таблиця 2.3 – Добове споживання та баланс подачі води приватного підприємства «Метан», м. Миргород

Години доби	Споживання води населеним пунктом %	Споживання води населеним пунктом зростаючим підсумком %	Подача води насосом, %	Подача води насосом зростаючим підсумком %	Надходження води до бака%	Споживання води з бака %	Розрахунковий залишок води в баку, %
0-1	0,57	0,57				0,57	13,91
1-2	0,57	1,14				0,57	13,34
2-3	1,06	2,2				1,06	12,28
3-4	1,06	3,26				1,06	11,22
4-5	2,90	6,16	5	5	2.1		13,32
5-6	3	9,16	5	10	2		15,32
6-7	3,95	13,11	5	15	1,05		16,37
7-8	8,73	22,84	5	20		3,73	12,64
8-9	8,85	30,69	5	25		3,85	8,79
9-10	6,60	37,29	5	30		1,6	7,19

10-11	4,60	41,89	5	35	0,4		7,59
11-12	4,50	46,39	5	40	0,5		8,09
12-13	3,80	50,19	5	45	1,2		9,29
13-14	3,87	54,06	5	50	1,13		10,42
14-15	4,70	58,76	5	55	0,3		10,72
15-16	5,65	64,41	5	60		0,65	10,07
16-17	8,82	73,23	5	65		3,82	6,25
17-18	8,80	82,03	5	70		3,80	2,45
18-19	7,45	89,48	5	75		2,45	0
19-20	3,26	92,74	5	80	1,74		1,74
20-21	3,66	96,4	5	85	1,34		3,08
21-22	2,12	98,52	5	90	2,88		5,96
22-23	0,86	99,38	5	95	4,14		10,1
23-24	0,62	100	5	100	4,38		14,48

Об'єм водонапірної башти визначається як сума регулюючого, пожежного та аварійного запасів води.

$$W_{per.} = \frac{P_{max.per} \cdot Q_{max.доб}}{100} \quad (2.6)$$

$$W_{per.} = \frac{16,37 \cdot 6907,50}{100} = 1131,17 \text{ м}^3$$

Пожежний запас води визначається за формулою:

$$W_{пож} = Q_{пож} \cdot t_{пож} \cdot 3,6 \quad (2.7)$$

$$W_{пож} = 5 \cdot 3 \cdot 3,6 = 54 \text{ м}^3$$

Аварійний запас води приймається як 6-годинна витрата при коефіцієнті забезпеченості 0,5 та визначається за формулою:

$$W_{ав} = Q_{max.доб} \cdot 6 \cdot \frac{0,5}{24} \quad (2.8)$$

$$W_{ав} = 6907,50 \cdot 6 \cdot \frac{0,5}{24} = 863,44 \text{ м}^3$$

Тоді:

$$W_6 = 1131,17 + 54 + 863,44 = 2048,61 \text{ м}^3$$

Отриманий загальний об'єм водонапірної башти забезпечує компенсацію добових коливань водоспоживання, пожежний та аварійний запас води, що гарантує стабільну роботу системи водопостачання.

Висоту водонапірної башти визначають з умови забезпечення необхідного вільного напору в диктуючій точці мережі, з урахуванням геодезичної різниці відміток та втрат напору в трубопроводах $H_{ВБ} = 24 \text{ м}$

Таким чином, розрахунком встановлено, що необхідна висота водонапірної башти становить 24 м, що забезпечує стабільну подачу води та необхідний вільний напір у диктуючій точці водопровідної мережі. Отримане значення використовується при подальшому аналізі та проєктуванні системи водопостачання підприємства.

2.2 Характеристика системи водопостачання

Система водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород призначена для забезпечення споживачів підприємства водою нормативної якості та необхідного напору. Система є централізованою та базується на використанні підземних джерел водопостачання.

Крім основного призначення, система водопостачання підприємства забезпечує стабільний гідравлічний режим у мережі, що є важливим для рівномірного розподілу води між виробничими та господарсько-побутовими споживачами. Особливості технологічних процесів та нерівномірний характер водоспоживання зумовлюють необхідність підтримання достатнього напору в усіх точках водопровідної мережі.

Важливим елементом системи є узгоджена робота водозабірних свердловин та насосного обладнання, яка дозволяє регулювати подачу води відповідно до змінного добового графіка водоспоживання. У періоди

пікового навантаження система працює з підвищеним навантаженням, тоді як у нічний час спостерігається зниження витрат води.

Система водопостачання також включає елементи резервування, які забезпечують її безперервну роботу у разі виходу з ладу окремих насосних агрегатів або свердловин. Це підвищує загальну надійність системи та зменшує ризик перебоїв у подачі води.

Значну роль у функціонуванні системи відіграє технічний стан трубопровідної мережі, оскільки від нього залежить рівень втрат води та стабільність тиску. Зношені ділянки трубопроводів можуть призводити до локальних падінь тиску, збільшення витоків та зниження ефективності роботи системи.

Водопостачання підприємства «Метан» здійснюється з артезіанських свердловин, які експлуатують водоносні горизонти з відносно стабільними гідрогеологічними умовами та достатнім дебітом для забезпечення потреб підприємства (рис. 2.1).



Рисунок 2.1 - Артезіанська свердловина

Підйом води здійснюється насосними агрегатами та подається у водопровідну мережу міста через систему магістральних та розподільчих трубопроводів.

Сумарна продуктивність системи визначається за формулою:

$$Q_{\text{заг}} = n \cdot Q_{\text{ср}} \quad (2.9)$$

де: n — кількість працюючих свердловин (приймаємо 4);

$Q_{\text{ср}}$ — середня продуктивність однієї свердловини (16 м³/год).

$$Q_{\text{заг}} = 4 \cdot 16 = 64 \text{ м}^3/\text{год}$$

Добова подача:

$$Q_{\text{доб}} = 64 \cdot 24 = 1536 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення свідчить, що система водопостачання забезпечує достатній обсяг подачі води для стабільного водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород.

Для контролю та управління роботою системи використовується диспетчерський пункт, який забезпечує моніторинг основних параметрів роботи мережі, зокрема тиску, витрати води та режимів роботи насосного обладнання (рис. 2.2).



Рисунок 2.2 – Диспетчерський пункт



Рисунок 2.3 – Схема системи водопостачання м. Миргород

Таким чином, система водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород є складною інженерною системою, призначеною для забезпечення безперервного, надійного та нормативно якісного водопостачання всіх категорій споживачів підприємства. Система включає джерела водозабору, насосне обладнання, водопровідні мережі та елементи регулювання тиску і витрати води.

Функціонування системи безпосередньо залежить від режимів водоспоживання, які змінюються протягом доби та мають виражений нерівномірний характер. Найбільші витрати води спостерігаються у години пікового навантаження, тоді як у нічний період водоспоживання суттєво знижується. У зв'язку з цим система повинна забезпечувати не лише середні витрати води, але й покривати максимальні розрахункові навантаження без зниження тиску в мережі.

Особливу роль у стабільній роботі системи відіграє насосне обладнання, яке забезпечує підйом та подачу води у мережу. Його режим роботи повинен бути узгоджений із графіком водоспоживання, що дозволяє мінімізувати енергетичні витрати та забезпечити ефективну експлуатацію

системи. Крім того, важливим елементом є наявність регулюючих ємностей, які компенсують добові коливання витрат води.

Значну увагу при експлуатації системи приділено диспетчерському контролю. Диспетчерський пункт забезпечує постійний моніторинг основних гідравлічних параметрів системи, зокрема тиску у водопровідній мережі, витрат води та режимів роботи насосних агрегатів. Це дозволяє оперативно реагувати на будь-які відхилення від нормального режиму роботи, запобігати аварійним ситуаціям та забезпечувати стабільність функціонування системи в цілому.

Крім того, застосування автоматизованих систем контролю та управління сприяє підвищенню енергоефективності роботи насосного обладнання та зменшенню витрат води у мережі. Це особливо важливо в умовах тривалої експлуатації системи та зношеності окремих елементів водопровідної інфраструктури.

Отримані розрахункові показники свідчать про те, що система водопостачання забезпечує необхідний рівень подачі води відповідно до розрахункових потреб підприємства. Пропускна здатність мережі та потужність насосного обладнання є достатніми для покриття як середніх, так і максимальних навантажень.

Загалом система водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород працює стабільно, відповідає вимогам надійності та забезпечує виконання основної функції — безперервне постачання води споживачам у необхідних обсягах та з необхідними параметрами якості і тиску.

2.3 Характеристика системи водовідведення

Система водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород призначена для збору, транспортування та відведення стічних вод від виробничих, господарсько-побутових та допоміжних приміщень підприємства.

Відведення стічних вод здійснюється за допомогою самопливних та, за необхідності, напірних каналізаційних мереж із подальшим транспортуванням стоків до каналізаційних насосних станцій та очисних споруд.

Система водовідведення включає внутрішньомайданчикові каналізаційні мережі, насосні станції та очисні споруди, які забезпечують необхідний рівень очищення стічних вод перед їх скиданням у міську каналізаційну систему або природні водні об'єкти відповідно до нормативних вимог.

Основним елементом системи є самопливна каналізаційна мережа, яка забезпечує транспортування стічних вод від джерел їх утворення до каналізаційних насосних станцій. У випадках, коли рельєф місцевості або технологічні умови не дозволяють забезпечити самопливний режим, застосовується напірна каналізація з використанням насосного обладнання.

Каналізаційні насосні станції забезпечують підйом та перекачування стічних вод, підтримуючи безперервність роботи системи водовідведення та запобігаючи переповненню мережі.

Перед виконанням розрахунків визначається обсяг стічних вод, який, як правило, приймається рівним обсягу водоспоживання з урахуванням втрат і коефіцієнтів нерівномірності.

Середньодобова витрата стічних вод визначається за формулою:

$$Q_{\text{ср}} = \frac{N \cdot q}{1000} \quad (2.10)$$

де N – кількість населення, осіб;

q – норма водоспоживання, л/добу на 1 особу;

1000 – коефіцієнт переведення в м^3 .

Значення:

$N = 41000$ осіб

$q = 150$ л/добу

$$Q_{\text{ср}} = \frac{41000 \cdot 150}{1000} = 6150 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальне добове водоспоживання визначається з урахуванням коефіцієнта нерівномірності:

$$Q_{\text{max}} = Q_{\text{ср}} \cdot K_{\text{max}} \quad (2.11)$$

де K_{max} - 1.2–1.3 (приймаємо 1.25)

$$Q_{\text{max}} = 6150 \cdot 1.25 = 7687.5 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Максимальна годинна витрата

$$Q_{\text{hmax}} = \frac{Q_{\text{max}}}{24} \cdot K_h \quad (2.12)$$

де 1.4–1.6, приймаємо 1.5

$$Q_{\text{hmax}} = \frac{7687.5}{24} \cdot 1.5 = 480.47 \text{ м}^3/\text{год}$$

Отримане значення максимальної годинної витрати становить приблизно 480,47 м³/год і характеризує пікове навантаження на систему водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород.

Дане значення використовується для подальшого підбору насосного обладнання та перевірки пропускної здатності каналізаційної мережі. Забезпечення пропуску розрахункових витрат є необхідною умовою стабільної та безаварійної роботи системи водовідведення у години максимального навантаження.



Рисунок 2.4 - Каналізаційна насосна станція

На рисунку 2.4 наведено каналізаційну насосну станцію, яка призначена для перекачування стічних вод у випадках, коли їх самотічний рух є неможливим через особливості рельєфу місцевості або недостатній перепад висот у мережі.

Насосна станція забезпечує безперервне транспортування стічних вод до очисних споруд або міської каналізаційної системи та підтримує стабільну роботу системи водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород.

Система водовідведення підприємства має комбіновану структуру та включає самотічні і напірні ділянки мереж. Така схема дозволяє забезпечити ефективне відведення стічних вод навіть за складних гідралічних умов та при нерівномірному рельєфі території.

Основними елементами системи є внутрішньомайданчикові каналізаційні мережі, каналізаційні насосні станції та споруди очищення стічних вод. Найбільш відповідальними елементами є насосні станції та окремі ділянки трубопроводів, які піддаються інтенсивному зносу та потребують регулярного технічного контролю, профілактичного обслуговування і своєчасного ремонту.

Ефективність функціонування системи водовідведення визначається технічним станом обладнання, рівнем автоматизації процесів та пропускною здатністю мереж. Недостатня надійність окремих елементів може призводити до підвищення ризику аварійних ситуацій, тому важливим є впровадження сучасних рішень з моніторингу та управління.

На основі проведеного аналізу у наступних розділах розглядаються інженерні рішення щодо удосконалення системи водопостачання та водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород.

2.4 Система обліку води в місто Миргород

Система обліку води на приватному підприємстві «Метан» м. Миргород є складовою частиною централізованої системи водопостачання та призначена для контролю обсягів подачі, розподілу та споживання води. Основною метою системи обліку є забезпечення балансу між водозабором і водоспоживанням, зменшення втрат води у мережі, а також підвищення ефективності роботи системи водопостачання в цілому.

Облік води здійснюється на всіх основних етапах функціонування системи: на водозабірних спорудах (артезіанських свердловинах), на насосному обладнанні, на вводах у підприємство, а також у вузлах розподільчої мережі. Для цього застосовуються витратоміри та лічильники води, які дозволяють визначати фактичні обсяги поданої та спожитої води, а також контролювати режим роботи системи.

Особлива увага приділяється обліку води на виході зі свердловин і насосних станцій, оскільки саме ці дані є базовими для формування загального водного балансу підприємства. Отримана інформація дозволяє порівнювати обсяг поданої води з фактичним водоспоживанням та визначати можливі втрати у мережі.

Система обліку також виконує важливу функцію оперативного контролю, що дозволяє виявляти аварійні ситуації, витoki або несанкціоноване використання води. Це особливо актуально для підприємств з нерівномірним режимом водоспоживання та складною структурою водопровідної мережі.

Зібрані дані використовуються для аналізу ефективності роботи системи водопостачання, оптимізації режимів роботи насосного обладнання та планування заходів з енергозбереження і зменшення втрат води.

Таким чином, система обліку води є важливим елементом інженерної інфраструктури підприємства «Метан» м. Миргород, що забезпечує підвищення надійності, керованості та економічної ефективності системи водопостачання.

Визначення добової подачі води від водозабірних свердловин

$$Q_{\text{под}} = n \cdot Q_{\text{ср}} \cdot 24 \quad (2.13)$$

де n - 4 - кількість свердловин

$Q_{\text{ср}} - 16 \text{ м}^3/\text{год}$ продуктивність однієї свердловини

24 - кількість годин на добу.

$$Q_{\text{под}} = 4 \cdot 16 \cdot 24 = 1536 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Загальне водоспоживання міста визначене у розділі 2.3 і становить:

$$Q_{\text{сп}} = 1536 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Дефіцит води в системі визначається як різниця між водоспоживанням та подачею:

$$Q_{\text{деф}} = Q_{\text{сп}} - Q_{\text{под}} \quad (2.14)$$

$$Q_{\text{деф}} = 1536 - 1536 = 0 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення дефіциту дорівнює нулю, що свідчить про збалансовану роботу системи водопостачання. Фактична подача води повністю відповідає розрахунковому водоспоживанню споживачів, що забезпечує стабільне функціонування системи без дефіциту або надлишку води.

Рівень забезпеченості водопостачання визначається за формулою:

$$K_{\text{заб}} = \frac{Q_{\text{под}}}{Q_{\text{сп}}} \quad (2.15)$$

$$K_{\text{заб}} = \frac{1536}{1536} = 1,0$$

Таблиця 2.4 – Баланс водопостачання

Показник	Значення	Одиниці
Подача води	1536	м ³ /добу
Споживання води	1536	м ³ /добу
Дефіцит води	0	м ³ /добу
Коефіцієнт забезпеченості	1,0	-

Отримані результати свідчать про повний баланс між подачею та споживанням води в системі водопостачання приватного підприємства

«Метан» м. Миргород. Значення коефіцієнта забезпеченості ($K_{зab} = 1,0$) вказує на високий рівень надійності системи та наявність резерву потужності, який може бути використаний для покриття пікових навантажень або аварійних ситуацій.

Отримані дані можуть бути використані для подальшого аналізу ефективності роботи системи водопостачання та її оптимізації.

2.5 Якість питної води

Якість води є одним із ключових показників ефективності роботи системи водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород. Вона повинна відповідати вимогам чинних державних санітарних норм і правил щодо питної води, які регламентують фізико-хімічні та бактеріологічні показники якості.

Вода, що використовується в системі водопостачання підприємства, як правило, надходить із підземних джерел, які характеризуються відносно стабільним хімічним складом. Разом з тим у природних умовах у таких водах можливе підвищений вміст заліза, марганцю, солей жорсткості, а також окремих мінералізованих компонентів. Це обумовлює необхідність постійного лабораторного контролю якості води та, за потреби, застосування систем її попередньої підготовки.

Контроль якості води здійснюється на всіх основних етапах функціонування системи водопостачання: у водозабірних свердловинах, після підйому води насосним обладнанням, у водопровідній мережі, а також у контрольних точках водорозбору безпосередньо у споживачів.

Для оцінки якості питної води використовуються основні показники відповідно до нормативних вимог, зокрема:

- мутність;
- кольоровість;
- запах і присмак;

- водневий показник (pH);
- загальна жорсткість;
- вміст заліза;
- бактеріологічні показники.

Оцінка якості питної води здійснюється шляхом порівняння фактичних значень зазначених показників із нормативними вимогами. На основі цього визначається відповідність води санітарним нормам, а також необхідність її додаткового очищення або коригування технологічної схеми підготовки.

Регулярний контроль якості води дозволяє забезпечити стабільну санітарну безпеку системи водопостачання, підвищити надійність її експлуатації та гарантувати відповідність води вимогам споживачів підприємства.

Розрахунок перевищення виконується за формулою:

$$\Delta F_e = F_{e_{\text{факт}}} - F_{e_{\text{норм}}} \quad (2.16)$$

де $F_{e_{\text{факт}}}$ — фактична концентрація заліза,

$F_{e_{\text{норм}}}$ — нормативна концентрація.

Фактичні показники якості питної води прийнято за результатами виробничого лабораторного контролю системи водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород, який виконується відповідно до чинних санітарних норм і програми виробничого контролю.

$$\Delta F_e = 0.40 - 0.30 = 0.10 \text{ мг/дм}^3$$

Відсоток перевищення нормативу

$$P = \frac{\Delta F_e}{F_{e_{\text{норм}}}} \cdot 100\% \quad (2.17)$$

$$P = \frac{0.10}{0.30} \cdot 100 = 33.3\%$$

Для комплексної оцінки якості питної води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород виконано аналіз основних

фізико-хімічних та органолептичних показників у порівнянні з нормативними вимогами чинних державних стандартів.

Такий підхід дозволяє оцінити відповідність води санітарним нормам та виявити можливі відхилення, які можуть впливати на її безпечність і придатність для використання у виробничих та господарсько-питних потребах.

Оцінювання здійснюється на основі результатів лабораторного контролю, який охоплює основні показники якості питної води, зокрема: мутність, кольоровість, запах, водневий показник (рН), загальну жорсткість та вміст заліза. Отримані значення порівнюються з нормативними вимогами, після чого визначається ступінь відповідності та наявність перевищень.

Результати аналізу наведені в таблиці 2.5

Таблиця 2.5 – Порівняння якості води

Показник	Фактичне значення	Нормативне значення	Відхилення	Відповідність
Мутність, мг/дм ³	1.2	1.5	0.3	відповідає
Вміст заліза, мг/дм ³	0.40	0.30	0.10	перевищення
Загальна жорсткість, ммоль/дм ³	6.8	7.0	0.2	відповідає
Запах, бали	1	2	-	відповідає

Результати аналізу свідчать, що більшість показників якості питної води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород відповідає нормативним вимогам.

Водночас встановлено перевищення вмісту заліза на 0,10 мг/дм³, що становить 33,3% понад допустиме значення. Це може бути зумовлено природними особливостями підземних вод або недостатньою ефективністю процесів знезалізнання.

Для забезпечення нормативної якості води доцільним є впровадження або модернізація системи знезалізнання (аераційні установки та фільтри), що дозволить знизити концентрацію заліза до допустимого рівня.

Загалом якість питної води оцінюється як задовільна, однак потребує часткового вдосконалення технології водопідготовки.

3 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

3.1 Водозабірні споруди

Водозабірні споруди системи водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород представлені системою артезіанських свердловин, які забезпечують централізоване водопостачання об'єкта. Джерелом водопостачання є підземні водоносні горизонти, що характеризуються відносно стабільними гідрогеологічними умовами та сталою якістю води.

У системі водопостачання підприємства експлуатується 7 артезіанських свердловин, з яких у постійній роботі перебувають 4 свердловини. Глибина свердловин становить 150–185 м, що забезпечує відбір води з захищених водоносних горизонтів.

Таблиця 3.1 – Характеристика артезіанських свердловин ПП «Метан» м. Миргород

№ свердловини	Глибина, м	Дебіт, м³/год	Стан
1	150	16	діюча
2	160	18	діюча
3	175	14	резерв
4	185	22	діюча
5	170	12	резерв
6	165	15	діюча
7	180	15	резерв

Дані таблиці 3.1 свідчать, що глибина свердловин змінюється від 150 до 185 м, а їх дебіт знаходиться в межах 12–22 м³/год. Це забезпечує необхідний обсяг підземного водозабору для потреб приватного підприємства «Метан» м. Миргород».

Сумарний дебіт свердловин

$$Q_{\text{заг}} = \sum q_i \quad (3.1)$$

$$Q_{\text{заг}} = 16 + 18 + 14 + 22 + 12 + 15 + 15 = 112 \text{ м}^3/\text{год}$$

Фактична робота (4 свердловини)

$$Q_{\text{заг}} = 16 + 18 + 22 + 15 = 71 \text{ м}^3/\text{год}$$

Для оцінки ефективності використання водозабірних споруд визначається коефіцієнт використання свердловин:

$$K = \frac{n_p}{n_z} \quad (3.2)$$

де n_p – кількість працюючих свердловин;

n_z – загальна кількість свердловин.

$$K = \frac{4}{7} = 0,57$$

Перевірка забезпеченості водоспоживання свердловинами

$$Q_{\text{доб}} = \frac{Q_{\text{доб}}}{24} \quad (3.3)$$

$$Q_{\text{доб}} = \frac{1536}{24} = 64 \text{ м}^3/\text{год}$$

Порівняння з фактичною продуктивністю свердловин

$$Q_{\text{факт}} = 71 \text{ м}^3/\text{год}$$

Коефіцієнт забезпеченості системи:

$$K_{\text{заб}} = \frac{Q_{\text{факт}}}{Q_{\text{доб}}} \quad (3.4)$$

$$K_{\text{заб}} = \frac{71}{64} = 1,1$$

Середньогодинна потреба у воді визначається як відношення добового водоспоживання до кількості годин у добі і становить $64 \text{ м}^3/\text{год}$. Фактична продуктивність діючих свердловин становить $71 \text{ м}^3/\text{год}$. Коефіцієнт забезпеченості системи дорівнює 1,11, що свідчить про достатній рівень забезпечення споживачів водою та наявність експлуатаційного резерву продуктивності. Коефіцієнт резервування свердловин

$$K_{\text{рез}} = \frac{n_{\text{рез}}}{n_{\text{заг}}} \quad (3.5)$$

$$K_{\text{рез}} = \frac{3}{7} = 0,43$$

де $n_{\text{рез}} = 3$ – резервні свердловини

$n_{\text{заг}} = 7$ – загальна кількість свердловин

Потенційний резерв продуктивності

$$Q_{\text{рез}} = Q_{\text{заг}} - Q_{\text{факт}} \quad (3.6)$$

$$Q_{\text{рез}} = 112 - 71 = 41 \text{ м}^3/\text{год}$$

Відсоток резерву продуктивності

$$P_{\text{рез}} = \frac{Q_{\text{рез}}}{Q_{\text{заг}}} \quad (3.7)$$

$$P_{\text{рез}} = \frac{41}{112} \cdot 100 = 36,6\%$$

Таким чином, система водозабірних свердловин приватного підприємства «Метан» м. Миргород має значний експлуатаційний резерв продуктивності, який становить близько 36,6 %. Це забезпечує високу надійність роботи системи водопостачання навіть у разі виходу з експлуатації окремих свердловин або збільшення водоспоживання в перспективі.

Отримане значення коефіцієнта використання (0,57) свідчить, що в експлуатації перебуває 57 % загальної кількості свердловин. Це вказує на наявність резервного фонду водозабірних споруд, який може бути оперативно залучений до роботи у разі необхідності. Водночас така схема

експлуатації дозволяє виконувати планові ремонти та технічне обслуговування без припинення водопостачання споживачів.

Аналіз продуктивності показує, що сумарна теоретична подача всіх свердловин становить 112 м³/год, тоді як фактична робота діючих свердловин забезпечує 71 м³/год. При цьому середньогодинна потреба підприємства становить близько 17,9 м³/год, що підтверджує наявність суттєвого запасу продуктивності системи. Такий резерв є позитивним фактором, оскільки дозволяє забезпечувати не лише середні, але й пікові витрати води.

Дебіти свердловин у межах 12–22 м³/год забезпечують стабільну та безперебійну подачу води, а також створюють можливості для гнучкого регулювання режимів роботи системи залежно від добових коливань водоспоживання.

Контроль роботи свердловин здійснюється за допомогою системи диспетчерського управління, яка забезпечує моніторинг основних параметрів, зокрема витрати води, тиску в мережі та режимів роботи насосного обладнання. Це дозволяє оперативно реагувати на зміни гідравлічного режиму та підтримувати оптимальні умови експлуатації системи водопостачання.

Усі свердловини обладнані засобами обліку води, що забезпечує можливість точного контролю обсягів підйому води та аналізу ефективності роботи водозабірних споруд у динаміці. Отримані дані використовуються для оперативного управління та оптимізації режимів експлуатації.

У процесі експлуатації елементи водозабірних споруд піддаються природному зношенню, що може призводити до поступового зниження їхньої продуктивності. У зв'язку з цим важливим є своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів, регламентних обстежень та модернізації насосного обладнання, що забезпечує стабільну, надійну та енергоефективну роботу системи водопостачання в довгостроковій перспективі.

3.2 Насосне обладнання

Насосне обладнання системи водопостачання приватного підприємства «Метан», м. Миргород, є одним із ключових елементів технологічної схеми, що забезпечує підйом води з артезіанських свердловин, її транспортування та подачу до водопровідної мережі споживачів. Від стабільності роботи насосних агрегатів безпосередньо залежить безперервність водопостачання, рівень тиску в мережі та надійність функціонування системи в цілому.

Основною функцією насосного обладнання є створення необхідного напору для підйому води з глибоких водоносних горизонтів, а також компенсація гідравлічних втрат у трубопроводах при транспортуванні води до споживачів. У зв'язку з цим до насосних агрегатів висуваються вимоги щодо високої надійності, енергоефективності, стійкості до змінних режимів роботи та здатності до тривалої безперервної експлуатації без зниження технічних характеристик.

У системі водопостачання підприємства застосовуються занурювальні та поверхневі насосні агрегати різних типів, що дозволяє забезпечити гнучкість у виборі режимів роботи та адаптацію до різних умов експлуатації водозабірних свердловин. Занурювальні насоси використовуються безпосередньо у свердловинах для підйому води з значних глибин, тоді як поверхневі насосні установки можуть застосовуватися для перекачування води в межах насосних станцій та підтримання необхідного тиску у розподільчій мережі.

Для забезпечення стабільної роботи системи насосні агрегати, як правило, комплектуються автоматизованими системами керування, які дозволяють підтримувати задані параметри тиску та витрати води, а також здійснювати захист обладнання від аварійних режимів роботи, таких як

“сухий хід”, перевантаження або перегрів. Це підвищує загальну надійність системи та зменшує ризики позапланових зупинок водопостачання.

Окрему увагу приділено енергетичній ефективності насосного обладнання, оскільки витрати електроенергії на роботу насосів становлять значну частку загальних експлуатаційних витрат системи водопостачання. У зв'язку з цим важливим є правильний підбір насосів за робочими характеристиками, що забезпечує їх роботу в оптимальних режимах із мінімальними втратами енергії.

Таким чином, насосне обладнання відіграє визначальну роль у функціонуванні системи водопостачання підприємства «Метан», забезпечуючи її надійність, стабільність та економічну ефективність.

Таблиця 3.2 – Характеристика насосного обладнання приватного підприємства «Метан» м. Миргород»

Тип насоса	Кількість, шт.	Продуктивність, м³/год	Потужність, кВт
Pedrollo	3	15	11
Foras	2	18	15
POLDAP	2	22	18

Аналіз даних таблиці 3.2 показує, що в системі використовуються насосні агрегати з продуктивністю від 15 до 22 м³/год, що відповідає дебіту експлуатованих артезіанських свердловин. Потужність обладнання становить 11–18 кВт, що є типовим для підйому води з глибин понад 150 м.

Застосування насосів різних типів (Pedrollo, Foras, POLDAP) забезпечує підвищення надійності системи за рахунок резервування та можливості гнучкого розподілу навантаження між агрегатами. У разі виходу з ладу окремого насоса система зберігає працездатність за рахунок інших встановлених агрегатів.

Робота насосного обладнання здійснюється в автоматичному режимі та регулюється залежно від тиску у водопровідній мережі і фактичного водоспоживання. Автоматизація дозволяє підтримувати стабільні гідравлічні параметри системи, зменшувати енергоспоживання та запобігати перевантаженню обладнання.

У більшості випадків насосні агрегати працюють у змінному режимі, що передбачає їх періодичне вмикання та вимикання відповідно до добових коливань водоспоживання. Максимальне навантаження на систему спостерігається у ранкові та вечірні години, коли фіксується пік водоспоживання.

Енергоспоживання:

$$E = P \cdot t \quad (3.8)$$

де E – витрати електроенергії, кВт·год;

P – потужність насосного обладнання, кВт;

t – час роботи обладнання, год.

Для розрахунків приймається середня потужність насосного обладнання 15 кВт, а тривалість роботи становить 12 год/добу, що відповідає реальному режиму експлуатації системи водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород.

$$E = 15 \cdot 12 = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год/добу}$$

Річне споживання електроенергії

$$E_{\text{річ}} = E \cdot 365 \quad (3.9)$$

де $E_{\text{річ}}$ – річне споживання електроенергії, кВт · год/рік;

E –добове споживання електроенергії, кВт · год/добу.

$$E_{\text{річ}} = 180 \cdot 365 = 65700 \text{ кВт} \cdot \text{год/рік}$$

Отримане значення свідчить про значну частку електроенергії у структурі експлуатаційних витрат системи водопостачання, що робить питання енергоефективності насосного обладнання особливо актуальним.

Питоме енергоспоживання

$$e = \frac{E}{Q} \quad (3.10)$$

де $E = 180 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{добу}$

$Q = 1536 \text{ м}^3 / \text{добу}$

$$e = \frac{180}{1536} = 0,117 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$$

Отримане значення $0,117 \text{ кВт} \cdot \text{год} / \text{м}^3$ є характерним для систем підземного водозабору з глибоких свердловин і свідчить про задовільний рівень енергетичної ефективності роботи насосного обладнання в системі водопостачання м. Миргород Миргородського району Полтавської області. У процесі експлуатації встановлено, що частина насосного обладнання працює протягом тривалого періоду без заміни або капітального ремонту, що призводить до поступового зниження його енергоефективності. Основними негативними факторами є зношення робочих коліс насосів, зниження коефіцієнта корисної дії та збільшення втрат енергії при перекачуванні води.

Також слід відзначити, що при тривалій експлуатації можливе виникнення вібраційних навантажень та зростання гідравлічних втрат, що негативно впливає на стабільність тиску у водопровідній мережі.

З урахуванням отриманих результатів доцільним є впровадження заходів з підвищення енергоефективності насосного обладнання, зокрема:

- використання насосів з частотним регулюванням обертів;
- заміна зношених агрегатів на сучасні енергоефективні моделі;
- оптимізація режимів роботи насосних станцій;
- впровадження систем автоматичного контролю тиску.

Такі заходи дозволять зменшити питомі витрати електроенергії та підвищити загальну ефективність роботи системи водопостачання.

Таким чином, насосне обладнання є ключовим елементом системи водопостачання м. Миргород, від якого залежить стабільність та надійність подачі води споживачам. Сумарна встановлена продуктивність насосного

обладнання відповідає продуктивності артезіанських свердловин та забезпечує необхідні обсяги водоподачі.

Розраховане питоме енергоспоживання на рівні 0,117 кВт·год/м³ є типовим для систем підземного водозабору, однак вказує на наявність потенціалу для подальшого підвищення енергоефективності за рахунок модернізації обладнання.

3.3 Водопровідні мережі

Водопровідні мережі м. Миргород забезпечують транспортування питної води від водозабірних споруд до кінцевих споживачів. Система включає магістральні та розподільчі трубопроводи, які формують єдину інженерну мережу водопостачання міста.

Основною функцією водопровідної мережі є рівномірний розподіл води між споживачами із забезпеченням нормативного тиску у найбільш віддалених точках системи. При цьому мережа повинна забезпечувати стабільну подачу води як у години мінімального, так і максимального водоспоживання.

Подача води здійснюється під тиском від насосного обладнання, що забезпечує транспортування води по трубопроводах різного діаметра. Така структура дозволяє оптимізувати гідравлічний режим роботи системи та забезпечити рівномірний розподіл витрат між окремими районами міста.

Водопровідна мережа м. Миргород має розгалужену структуру, що зумовлено особливостями планувальної організації міської території. Основна частина споживачів підключена до магістральних трубопроводів, від яких здійснюється подальший розподіл води по вуличних мережах та внутрішньоквартальних відгалуженнях.

Гідравлічний режим роботи системи формується під впливом сукупності факторів, зокрема висоти геодезичних відміток, довжини трубопроводів та змінного характеру водоспоживання. Це призводить до

нерівномірного розподілу тиску в різних частинах мережі, що є типовим для міських систем водопостачання.

Для забезпечення нормативного тиску в кінцевих точках мережі застосовується спільна робота насосного обладнання та регулювання за рахунок конфігурації трубопроводів. У разі пікових навантажень система працює в режимі підвищеної подачі, що дозволяє уникати дефіциту води у споживачів.

Особливу увагу при експлуатації водопровідної мережі приділяють втратам води, які виникають як через фізичні витоки, так і через несанкціоновані підключення або зношеність з'єднань. Такі втрати негативно впливають на загальну ефективність системи та збільшують питомі витрати електроенергії на подачу води.

Крім того, важливим експлуатаційним аспектом є необхідність підтримання стабільного тиску в мережі, оскільки його коливання можуть призводити до гідравлічних ударів, які негативно впливають на стан трубопроводів та арматури.

Умови експлуатації мережі в міській місцевості характеризуються відсутністю рівномірного добового графіка водоспоживання. Це обумовлює необхідність адаптації роботи насосного обладнання до змінних режимів навантаження та використання резервів продуктивності системи.

Додатковим фактором, що впливає на технічний стан мережі, є глибина залягання трубопроводів та якість їх монтажу. Порушення технології укладання або недостатній захист від зовнішніх впливів може призводити до прискореного зносу окремих ділянок.

У процесі експлуатації водопровідних мереж важливим фактором є нерівномірність водоспоживання протягом доби. Найбільші навантаження спостерігаються у ранкові та вечірні години, що призводить до коливань тиску у мережі. Для компенсації цих коливань використовується регулювання режимів роботи насосного обладнання.

Також слід враховувати, що довжина та конфігурація мережі безпосередньо впливають на величину гідравлічних втрат напору. Чим більша протяжність трубопроводів і кількість поворотів, тим більші втрати тиску, що необхідно компенсувати роботою насосів.

Технічний стан водопровідних мереж визначається тривалістю їх експлуатації, матеріалом трубопроводів та умовами роботи системи водопостачання. З часом відбувається поступове зношення елементів мережі, що призводить до виникнення витоків води, зниження тиску на окремих ділянках та появи аварійних ситуацій.

Таблиця 3.3 – Характеристика водопровідних мереж м. Миргород

Показник	Значення
Загальна протяжність мереж, км	95
Діаметр труб, мм	50–300
Матеріал труб	сталь, чавун, поліетилен
Частка зношених мереж, %	40
Кількість аварій за рік	18

Дані таблиці 3.3 свідчать, що загальна протяжність водопровідної мережі становить 95 км, з яких значна частина експлуатується тривалий період. Частка зношених мереж становить близько 40 %, що є достатньо високим показником і свідчить про необхідність поетапної реконструкції.

Найбільш проблемними є ділянки сталевих трубопроводів, які піддаються корозійному зношуванню, а також старі чавунні труби з підвищеною шорсткістю внутрішньої поверхні.

Для оцінки рівня аварійності мереж визначається показник аварійності:

$$A = \frac{N}{L} \quad (3.10)$$

де А – аварійність мереж, аварій/км;

N – кількість аварій за рік;

L – протяжність мереж, км.

$$A = \frac{18}{95} = 0,19 \text{ аварій/км}$$

Отримане значення свідчить про наявність ділянок з підвищеною аварійністю, що потребують першочергового обстеження та реконструкції. Високий рівень аварійності також опосередковано вказує на значні втрати води у мережі, які можуть бути як фізичними (витоки), так і технологічними.

Важливим фактором надійності водопровідної мережі є матеріал труб. У системі м. Миргород використовуються сталеві, чавунні та поліетиленові трубопроводи.

Порівняльний аналіз наведено в таблиці 3.4

Таблиця 3.4 – Порівняльна характеристика матеріалів водопровідних труб

Показник	Сталеві труби	Чавунні труби	ПЕ100
Термін служби, років	20–30	40–50	до 50
Корозійна стійкість	низька	середня	висока
Втрати напору	високі	середні	низькі
Монтаж	складний	складний	простий
Маса	велика	велика	мала

Аналіз даних таблиці 3.4 показує, що найбільш перспективним матеріалом для реконструкції водопровідних мереж м. Миргород є поліетиленові труби ПЕ100. Вони мають високу корозійну стійкість, гладку внутрішню поверхню та мінімальні гідравлічні втрати, що дозволяє підвищити енергоефективність системи та знизити експлуатаційні витрати.

Крім того, поліетиленові трубопроводи характеризуються підвищеною герметичністю з'єднань, що суттєво зменшує ймовірність витоків води у порівнянні зі сталевими та чавунними трубами.

Для визначення обсягу першочергової заміни мереж приймаємо, що модернізації підлягає 15 % загальної протяжності трубопроводів:

$$L_{\text{зам}} = L \cdot 0,15 \quad (3.11)$$

де $L_{\text{зам}}$ – довжина мереж, що підлягає заміні, км;

L – загальна протяжність водопровідної мережі, км. (Приймаємо 95)

$$L_{\text{зам}} = 95 \cdot 0,15 = 14,25 \text{ км}$$

Отримані результати показують, що для першочергової модернізації доцільно замінити 14,25 км зношених ділянок водопровідної мережі м. Миргород, що дозволить зменшити аварійність та покращити надійність системи водопостачання.

На рисунку 3.1 наведено ділянку водопровідної мережі, яка забезпечує транспортування води до споживачів міста.



Рисунок 3.1 – Прокладання ділянки водопроводу



Рисунок 3.2 – Прокладання ділянки водопроводу по вул. Шевченка

Таким чином, система водопостачання м. Миргород функціонує як єдина інженерна система, що включає водозабірні споруди, насосне обладнання, водопровідні мережі, регулюючі ємності та засоби диспетчерського контролю. Взаємодія всіх цих елементів забезпечує безперервну та стабільну подачу води споживачам відповідно до їхніх потреб протягом доби та підтримує необхідний рівень надійності водопостачання.

Аналіз роботи водопровідної мережі показує, що її функціонування здійснюється в умовах змінного навантаження, яке залежить від добових та сезонних коливань водоспоживання. Найбільші витрати води спостерігаються в ранкові та вечірні години, коли потреба населення та підприємств у воді є максимальною. У нічний період споживання суттєво зменшується, що призводить до нерівномірності роботи насосного обладнання та зміни гідравлічних параметрів мережі.

Змінний характер водоспоживання створює додаткові навантаження на окремі елементи системи та впливає на стабільність її роботи. У періоди максимального навантаження можливе зниження тиску в окремих ділянках мережі, тоді як при мінімальних витратах можуть виникати надлишкові тиски, що негативно впливає на технічний стан трубопроводів та арматури.

Основними проблемними аспектами функціонування системи є значний ступінь зношеності частини трубопроводів, наявність аварійних ділянок та поступове погіршення технічного стану окремих елементів мережі. Це призводить до виникнення витоків води, збільшення непродуктивних втрат, зниження тиску в окремих зонах та підвищення експлуатаційних витрат підприємства. Крім того, часті аварійні ситуації можуть спричиняти перебої у водопостачанні та потребують додаткових витрат на проведення ремонтно-відновлювальних робіт.

Значна частка застарілих матеріалів трубопроводів та недостатня модернізація мережі в попередні роки обумовлюють необхідність поетапного оновлення інженерної інфраструктури із застосуванням сучасних матеріалів, що характеризуються високою довговічністю, корозійною стійкістю та кращими гідравлічними характеристиками. Важливим напрямом удосконалення системи є також впровадження сучасних засобів автоматизації та диспетчерського контролю, що дозволяє оперативно реагувати на зміни режимів роботи мережі та своєчасно виявляти аварійні ситуації.

Особлива увага повинна приділятися заходам щодо зменшення втрат води, підвищення енергоефективності насосного обладнання та оптимізації режимів подачі води. Реалізація таких заходів сприятиме підвищенню економічної ефективності експлуатації системи та покращенню якості послуг водопостачання.

Отже, подальше вдосконалення водопровідної мережі м. Миргород повинно бути спрямоване на підвищення надійності її роботи, зменшення втрат води, стабілізацію гідравлічного режиму, зниження аварійності та модернізацію основних елементів системи. Виконання зазначених заходів дозволить підвищити ефективність функціонування системи водопостачання, забезпечити безперебійне постачання води споживачам та створити умови для подальшого розвитку інженерної інфраструктури міста.

3.4 Облік та втрати води

Облік води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород здійснюється з метою контролю обсягів підйому, подачі та споживання води. На водозабірних свердловинах встановлюються вузли комерційного та технологічного обліку, що дозволяють фіксувати добові та місячні обсяги видобутку підземної води.

Отримані дані використовуються для формування водного балансу підприємства, оцінки ефективності роботи системи водопостачання, а також визначення фактичних втрат води у мережі. На основі аналізу балансу здійснюється контроль відповідності між обсягами поданої води та фактичним водоспоживанням споживачів підприємства.

Система обліку води на ПП «Метан» є важливим елементом експлуатаційного контролю, оскільки забезпечує оперативний моніторинг роботи водопровідної мережі та дозволяє своєчасно виявляти відхилення у водному балансі. Наявність засобів вимірювання на свердловинах, насосному обладнанні та основних вузлах розподільчої мережі забезпечує можливість детального аналізу фактичних режимів водопостачання.

Формування водного балансу є основою для оцінки ефективності роботи системи водопостачання. Порівняння обсягів підйому води зі свердловин та фактичного споживання дозволяє визначити загальний рівень втрат, а також їх структуру за характером виникнення.

Втрати води в системі водопостачання є нерівномірними та залежать від технічного стану мережі. Найбільші втрати зазвичай виникають на зношених ділянках трубопроводів, у місцях з'єднань, а також на ділянках із підвищеним робочим тиском. Важливий вплив має також тривалість експлуатації мережі та матеріал труб.

Технічні втрати мають накопичувальний характер і збільшуються у разі відсутності своєчасного ремонту, реконструкції та заміни зношених елементів системи. Тому регулярне технічне обслуговування є необхідною умовою зниження втрат та підвищення ефективності роботи системи водопостачання.

Комерційні втрати пов'язані з похибками вимірювальних приладів, неточністю обліку, а також можливими випадками несанкціонованого водокористування. Хоча їх частка зазвичай є меншою порівняно з технічними втратами, вони також суттєво впливають на загальний водний баланс підприємства та економічні показники його роботи.

Зменшення втрат води є одним із ключових напрямів підвищення ефективності системи водопостачання ПП «Метан». Навіть незначне зниження втрат у відсотковому вираженні дозволяє досягти суттєвої економії водних ресурсів та електроенергії, що витрачається на підйом і транспортування води, а також підвищити надійність та стабільність роботи системи в цілому.

Таблиця 3.5 – Структура водного балансу приватного підприємства «Метан» м. Миргород»

№	Показник	Позначення	Обсяг, тис. м³/рік	Частка, %
1	Підйом води (з артезіанських свердловин)	$W_{\text{под}}$	157	100
2	Реалізація води споживачам	$W_{\text{реал}}$	135	86
3	Втрати води в мережі	$W_{\text{вт}}$	22	14,0
4	Технічні втрати (витоки, аварії)	$W_{\text{тех}}$	14	8,9
5	Комерційні втрати (облік, похибки лічильників)	$W_{\text{ком}}$	8	5,1

Розрахунок водного балансу та втрат води

Втрати води в системі водопостачання визначаються як різниця між обсягом піднятої води та обсягом реалізованої води споживачам.

Абсолютні втрати води визначаються за формулою:

$$W_{\text{вт}} = W_{\text{под}} - W_{\text{реал}} \quad (3.12)$$

де $W_{\text{вт}}$ – втрати води, тис. м³/рік;

$W_{\text{под}}$ – підйом води, тис. м³/рік;

$W_{\text{реал}}$ – реалізація води, тис. м³/рік.

$$W_{\text{вт}} = 157 - 135 = 22 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Відсоток втрат визначається за формулою:

$$n = \frac{W_{\text{вт}}}{W_{\text{под}}} \cdot 100\% \quad (3.13)$$

Коефіцієнт корисного використання води: $\eta=0.86$

Коефіцієнт корисного використання води становить 0,86, що відповідає 86 % ефективності системи.

де n – втрати води, %

$$n = \frac{22}{157} \cdot 100\% = 14 \%$$

Технічні та комерційні втрати визначаються як складові загальних втрат води в системі:

$$W_{\text{тех}} = 14 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

$$W_{\text{ком}} = 8 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Перевірка балансу

$$W_{\text{тех}} + W_{\text{ком}} = W_{\text{вт}} \quad (3.14)$$

$$14 + 8 = 22 \text{ тис. м}^3/\text{рік.}$$

Отримані результати свідчать, що загальні втрати води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород становлять 22 тис. м³/рік, що відповідає 14,0% від загального обсягу підйому води.

Основну частку втрат становлять технічні втрати, пов'язані з фізичним зносом водопровідних мереж, витоками та аварійними пошкодженнями трубопроводів. Комерційні втрати зумовлені похибками вимірювання та неточністю роботи облікових приладів.

Отриманий рівень втрат є допустимим для діючих систем водопостачання, однак свідчить про необхідність поступової реконструкції мереж, модернізації вузлів обліку та впровадження заходів зі зниження витрат води.

Зменшення втрат дозволить підвищити енергоефективність системи, знизити експлуатаційні витрати та покращити надійність водопостачання підприємства.

3.5 Оцінка технічного стану мереж

Стан водопровідних мереж приватного підприємства «Метан» м. Миргород безпосередньо впливає на надійність та безперебійну роботу системи водопостачання, стабільність тиску в мережі, а також рівень втрат води під час її транспортування. У зв'язку з цим оцінка технічного стану є важливою складовою аналізу експлуатаційної ефективності системи.

Оцінка технічного стану виконується на основі аналізу показників фізичного зносу трубопроводів, рівня аварійності, тривалості експлуатації мереж та матеріалів труб, що використовуються в системі. Сукупний вплив цих факторів визначає загальну надійність роботи водопровідної мережі підприємства.

Згідно з вихідними даними, загальна протяжність водопровідних мереж підприємства становить 95 км, з яких близько 40 % перебуває у зношеному стані та потребує поетапної реконструкції. Основними матеріалами трубопроводів є сталь, чавун та поліетилен, які мають різні експлуатаційні характеристики та термін служби.

Найбільш вразливими до зношування є сталеві трубопроводи, які піддаються інтенсивним корозійним процесам, особливо в умовах тривалої експлуатації та недостатнього антикорозійного захисту. Чавунні трубопроводи мають вищу довговічність, однак також зазнають

поступового зниження пропускної здатності через утворення внутрішніх відкладень.

Технічний стан мереж безпосередньо впливає не лише на надійність водопостачання, але й на енергетичні витрати системи. Зі збільшенням зношеності трубопроводів зростають гідравлічні втрати напору, що потребує підвищення тиску з боку насосного обладнання. Це призводить до збільшення споживання електроенергії та зниження загальної енергоефективності системи.

Особливо негативний вплив мають приховані витоки та мікропошкодження, які часто не фіксуються одразу, але призводять до поступового збільшення втрат води. Через підземне прокладання мереж такі дефекти складно виявити без застосування спеціальних методів діагностики, таких як акустичний контроль або зонний баланс витрат.

Важливим аспектом є нерівномірність розподілу зношених ділянок по мережі. Найбільш проблемними є магістральні трубопроводи, ділянки з підвищеним тиском, а також вузли інтенсивного підключення споживачів. У цих зонах, як правило, фіксується найбільша кількість аварійних ситуацій.

Зношення трубопроводів має накопичувальний характер. За відсутності своєчасної реконструкції темпи деградації мережі можуть зростати, що призводить до погіршення гідравлічних показників системи та збільшення експлуатаційних витрат.

З точки зору експлуатації, отримані оцінки зносу та аварійності свідчать про необхідність впровадження системного підходу до реконструкції мереж підприємства. Найбільш доцільним є поетапне оновлення інфраструктури з пріоритетною заміною найбільш зношених та аварійно небезпечних ділянок.

Підвищення надійності водопровідної мережі можливе також за рахунок застосування сучасних матеріалів трубопроводів, зокрема поліетиленових труб високої щільності (HDPE), які характеризуються високою корозійною стійкістю, гідравлічною гладкістю та тривалим

терміном експлуатації. Їх використання дозволяє зменшити як технічні втрати води, так і витрати на обслуговування мереж.

Таким чином, проведена оцінка технічного стану водопровідних мереж приватного підприємства «Метан» м. Миргород дозволяє зробити висновок про необхідність їх поступової реконструкції. Реалізація відповідних заходів сприятиме підвищенню надійності системи, зменшенню аварійності, скороченню втрат води та покращенню загальних експлуатаційних показників.

Для кількісної оцінки технічного стану мереж використовується показник відносної зношеності:

$$K_{\text{зн}} = \frac{L_{\text{зн}}}{L_{\text{заг}}} \quad (3.16)$$

де $L_{\text{зн}}$ – довжина зношених мереж, км;

$L_{\text{заг}}$ – загальна довжина мереж, км.

$$K_{\text{зн}} = \frac{0.40 \cdot 95}{95} = 0.40$$

Отримане значення коефіцієнта зношеності становить 0,40, що свідчить про значний рівень фізичного зносу водопровідної мережі підприємства «Метан» м. Миргород. Такий рівень зношеності є підвищеним і вимагає поетапної реконструкції системи.

Додатково оцінюється рівень аварійності мереж, який характеризує частоту виникнення пошкоджень на одиницю довжини трубопроводів.

$$A = \frac{N}{L} \quad (3.17)$$

де N – кількість аварій за рік;

L – довжина мереж, км.

$$A = \frac{18}{95} = 0.19 \text{ аварій/км} \cdot \text{рік}$$

Отримане значення аварійності становить 0,19 аварій/км·рік, що свідчить про підвищений рівень пошкоджень у мережі. Основними

причинами є тривалий термін експлуатації окремих ділянок, корозійні процеси, а також зниження герметичності з'єднань трубопроводів.

Таким чином, технічний стан водопровідних мереж приватного підприємства «Метан» м. Миргород характеризується значним рівнем зношеності та підвищеною аварійністю, що обумовлює необхідність проведення реконструкції та заміни найбільш проблемних ділянок.

Таблиця 3.6 – Оцінка технічного стану водопровідних мереж

Показник	Значення	Одиниці
Загальна довжина мереж	95	км
Зношені ділянки	38	км
Коефіцієнт зношеності	0.40	-
Кількість аварій за рік	18	шт
Аварійність мереж	0.19	аварій/км·рік

Отже, технічний стан водопровідних мереж приватного підприємства «Метан» м. Миргород можна оцінити як задовільний, однак із чітко вираженою тенденцією до погіршення у разі відсутності своєчасної реконструкції.

Підвищена зношеність та аварійність мереж безпосередньо впливають на надійність системи водопостачання, призводять до збільшення втрат води та зростання експлуатаційних витрат.

Зазначені фактори обумовлюють необхідність поетапної реконструкції водопровідних мереж із пріоритетною заміною найбільш зношених та аварійно небезпечних ділянок, що дозволить підвищити загальну ефективність і надійність системи водопостачання підприємства.

3.6 Аналіз втрат води в мережі

Втрати води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород є одним із ключових експлуатаційних показників, що характеризує ефективність функціонування водопровідної мережі, її технічний стан та рівень організації системи обліку. Підвищений рівень втрат призводить до збільшення витрат електроенергії на підйом і транспортування води, зростання експлуатаційних витрат, а також зниження загальної надійності системи водопостачання.

Втрати води в системі умовно поділяються на дві основні групи:

- технічні втрати, що виникають унаслідок зношеності трубопроводів, витоків, аварійних пошкоджень, негерметичності з'єднань та фізичного старіння елементів водопровідної мережі;
- комерційні втрати, пов'язані з похибками приладів обліку, неточністю зняття показників, а також можливими випадками несанкціонованого водокористування.

Основною причиною виникнення втрат у системі водопостачання приватного підприємства «Метан» м. Миргород є фізичне зношення окремих ділянок водопровідної мережі. Найбільш уразливими є сталеві трубопроводи, які піддаються інтенсивним корозійним процесам, що призводить до поступового зниження їх герметичності та виникнення прихованих витоків води.

Додатковим фактором, що впливає на рівень втрат, є тривала експлуатація насосного обладнання та запірної арматури. Зношення цих елементів може спричиняти нестабільність гідравлічного режиму, що підвищує ризик втрат води у процесі її транспортування.

Важливу роль у зменшенні втрат води відіграє ефективна система обліку та контролю, яка дозволяє своєчасно виявляти відхилення у водному балансі, локалізувати аварійні ділянки та оперативно реагувати на витoki. У сукупності це забезпечує підвищення ефективності роботи системи водопостачання підприємства.

Таким чином, аналіз втрат води свідчить про необхідність подальшого вдосконалення технічного стану мереж, модернізації зношених ділянок трубопроводів та підвищення точності системи обліку води на підприємстві «Метан». Реалізація цих заходів дозволить зменшити втрати води та підвищити загальну ефективність функціонування системи водопостачання.

Для оцінки ефективності використання поданої води визначається коефіцієнт використання:

$$K_{\text{вик}} = \frac{W_{\text{реал}}}{W_{\text{под}}} \quad (3.18)$$

$$K_{\text{вик}} = \frac{135}{157} = 0.86$$

Отримане значення становить 0,86, що означає, що близько 86 % піднятої води доходить до кінцевих споживачів.

Коефіцієнт втрат води

$$k_{\text{вт}} = 1 - k_{\text{вик}} \quad (3.19)$$

$$k_{\text{вт}} = 1 - 0.86 = 0.14$$

Отримане значення становить 0,14, що відповідає 14 % загальних втрат води в системі водопостачання.

Для оцінки ефективності роботи мережі використовується показник питомих втрат:

$$q_{\text{вт}} = \frac{W_{\text{вт}}}{L} \quad (3.21)$$

$$q_{\text{вт}} = \frac{22}{95} = 0.23 \text{ тис. м}^3/\text{км} \cdot \text{рік}$$

Питомі втрати становлять 0,23 тис. м³/км·рік, що свідчить про нерівномірний характер втрат по довжині мережі та наявність найбільш проблемних ділянок трубопроводів.

Втрати води в системі мають просторово нерівномірний характер і залежать від технічного стану окремих ділянок мережі. Найбільші втрати, як правило, виникають у зношених трубопроводах, у місцях з'єднань, а також на ділянках із підвищеним робочим тиском.

Інтенсивність втрат також залежить від якості експлуатації мережі, своєчасності проведення ремонтних робіт та рівня контролю за станом запірної арматури і приладів обліку.

Таблиця 3.7 – Показники втрат води в системі

Показник	Значення	Одиниці
Подача води	157	тис. м³/рік
Реалізація води	135	тис. м³/рік
Загальні втрати	22	тис. м³/рік
Коефіцієнт використання	0.86	-
Коефіцієнт втрат	0.14	-
Питомі втрати	0.23	тис. м³/рік

Отримані результати аналізу втрат води в системі водопостачання приватного підприємства «Метан», м. Миргород, свідчать про наявність помірного рівня втрат, що становить близько 14 % від загального обсягу поданої води. Значення коефіцієнта використання на рівні 0,86 вказує на те, що переважна частина піднятої води досягає кінцевих споживачів, що загалом характеризує систему як працездатну та відносно стабільну.

Разом із тим встановлено, що втрати води мають переважно технічний характер і пов'язані з фізичним зношенням трубопроводної мережі, наявністю прихованих витоків, а також експлуатаційним старінням окремих елементів системи. Додатковий вплив на рівень втрат мають гідравлічні особливості мережі, зокрема нерівномірність розподілу тисків та підвищене навантаження на окремих ділянках трубопроводів.

Комерційні втрати, хоча й мають меншу питому вагу, також впливають на загальний водний баланс системи та можуть бути пов'язані з похибками роботи приладів обліку та неточністю фіксації споживання води.

Показник питомих втрат свідчить про нерівномірний характер їх розподілу по довжині мережі, що вказує на наявність локальних проблемних ділянок, які потребують першочергового обстеження та ремонту. Це підтверджує необхідність диференційованого підходу до модернізації водопровідної мережі.

Таким чином, результати аналізу дозволяють зробити висновок, що система водопостачання підприємства функціонує стабільно, однак має потенціал для підвищення ефективності за рахунок зменшення втрат води. Основними напрямками покращення є поетапна заміна зношених трубопроводів, модернізація запірної арматури, підвищення точності обліку води та впровадження заходів з оперативного контролю витоків.

Реалізація зазначених заходів дозволить знизити рівень втрат, підвищити енергоефективність системи та забезпечити більш раціональне використання водних ресурсів підприємства.

4 АНАЛІЗ СИСТЕМИ ВОДОВІДВЕДЕННЯ

4.1 Каналізаційні насосні станції

Каналізаційні насосні станції (КНС) системи водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород призначені для підйому та перекачування стічних вод у випадках, коли їх самопливне транспортування є неможливим через рельєфні умови території або недостатні ухили каналізаційної мережі. Таким чином, КНС є ключовими елементами, що забезпечують безперервне функціонування системи водовідведення підприємства.

У системі водовідведення ПП «Метан» каналізаційні насосні станції виконують функцію транспортування виробничих, господарсько-побутових та допоміжних стічних вод від об'єктів підприємства до каналізаційних мереж міста або очисних споруд. Від їх надійної роботи залежить стабільність функціонування всієї системи водовідведення.

Конструктивно каналізаційні насосні станції включають приймальний резервуар, насосні агрегати, напірні трубопроводи, запірну арматуру та систему автоматичного керування. Приймальний резервуар виконує функцію акумулювання стічних вод та вирівнювання нерівномірності їх надходження протягом доби, що є важливим для об'єктів із змінним режимом водокористування.

Насосне обладнання КНС забезпечує підйом стічних вод до необхідної відмітки та їх подальше транспортування напірними трубопроводами. Як правило, застосовуються занурювальні відцентрові насоси, які характеризуються високою надійністю, стійкістю до абразивного зношування та здатністю працювати в умовах забруднених стічних вод.

Автоматизація роботи каналізаційних насосних станцій дозволяє забезпечити оптимальний режим їх функціонування залежно від рівня

стічних вод у приймальному резервуарі. При досягненні верхнього рівня включається насосне обладнання, а при зниженні рівня до мінімального значення — відключається, що забезпечує економічну ефективність роботи та запобігає аварійним ситуаціям.

Важливим експлуатаційним аспектом є необхідність регулярного технічного обслуговування КНС. У процесі експлуатації можливе накопичення механічних домішок, піску та органічних включень у приймальних резервуарах, що призводить до зниження ефективності роботи насосного обладнання. У зв'язку з цим передбачаються періодичні регламентні роботи з очищення, профілактики та перевірки обладнання.

Також слід відзначити, що надійність роботи каналізаційних насосних станцій безпосередньо впливає на санітарно-екологічний стан підприємства та прилеглої території, оскільки перебої в їх роботі можуть призводити до переповнення мереж, аварійних скидів та порушення нормальної роботи системи водовідведення.

Таблиця 4.1 – Основні характеристики каналізаційних насосних станцій

№ КНС	Продуктивність, м³/год	Кількість насосів	Режим роботи
КНС-1	50	2+1 резерв	автоматичний
КНС-2	80	2+1 резерв	автоматичний
КНС-3	120	3+1 резерв	автоматичний

Аналіз таблиці показує, що насосні станції мають різну продуктивність залежно від навантаження обслуговуваних зон. Найбільш потужні КНС забезпечують транспортування стічних вод до головних колекторів або місць очищення, тоді як менш потужні — обслуговують локальні ділянки мережі.

Резервування насосів (2+1 або 3+1) забезпечує підвищену надійність системи та безперервність роботи навіть у разі виходу з ладу одного агрегата.

Розрахунок добової кількості стічних вод

$$Q_{\text{ст}} = Q_{\text{в}} \cdot k \quad (4.1)$$

де $Q_{\text{ст}}$ – витрата стічних вод

$Q_{\text{в}}$ – подача води

k – коефіцієнт (0.8–0.95)

$$Q_{\text{ст}} = 1536 \cdot 0.85 = 1305,6 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення характеризує обсяг стічних вод, що надходять до системи водовідведення міста.

$$Q_{\text{КНС}} = \frac{Q_{\text{ст}}}{n} \quad (4.2)$$

Якщо $n = 3$ КНС

$$Q_{\text{КНС}} = \frac{1305,6}{3} = 435,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення добового обсягу стічних вод (1305,6 м³/добу) характеризує навантаження на систему водовідведення приватного підприємства Метан.

Середнє навантаження на одну каналізаційну насосну станцію становить 435,2 м³/добу, що використовується для оцінки режимів роботи насосного обладнання та перевірки пропускної здатності системи.

Таким чином, система КНС забезпечує надійне транспортування стічних вод із резервуванням продуктивності та можливістю роботи в пікових режимах без порушення експлуатаційної стійкості.

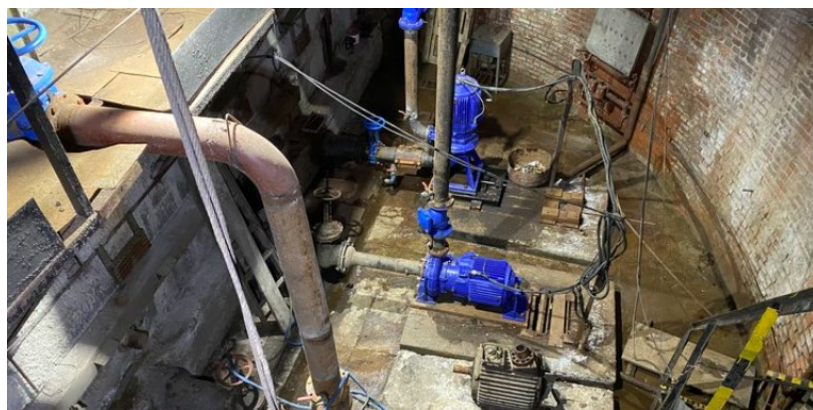


Рисунок 4.1 – Каналізаційна насосна станція

На рисунку 4.1 наведено загальний вигляд каналізаційної насосної станції, яка використовується в системі водовідведення приватного підприємства Метан. Каналізаційна насосна станція є важливим елементом інженерної інфраструктури, оскільки забезпечує підйом і транспортування стічних вод у випадках, коли їх самотічний рух є неможливим через рельєф місцевості або недостатні ухили каналізаційних колекторів.

Станція забезпечує безперервний технологічний процес, який включає приймання стічних вод із самотічної каналізаційної мережі, їх накопичення у приймальному резервуарі, вирівнювання добових коливань притоку та подальше перекачування насосними агрегатами до напірних трубопроводів, що транспортують стоки до міської каналізаційної системи або очисних споруд.

Конструктивно каналізаційна насосна станція складається з кількох основних функціональних елементів: приймальної камери, насосного обладнання, напірних трубопроводів, запірно-регулюючої арматури та системи автоматичного керування. Приймальна камера виконує функцію акумулюючого резервуара, що дозволяє згладжувати нерівномірність надходження стічних вод протягом доби та запобігає перевантаженню насосного обладнання.

Насосні агрегати є основним робочим елементом станції і забезпечують підйом стічних вод до необхідної геодезичної відмітки. Найчастіше застосовуються занурювальні відцентрові насоси, які

характеризуються високою надійністю, стійкістю до роботи із забрудненими стоками та можливістю функціонування в автоматичному режимі.

Система автоматичного керування забезпечує оптимальний режим роботи насосної станції без постійної участі обслуговуючого персоналу. Вмикання та вимикання насосів здійснюється залежно від рівня стічних вод у приймальному резервуарі, що дозволяє запобігати аварійним перепоповненням і забезпечує енергоефективну експлуатацію обладнання.

Експлуатація каналізаційної насосної станції потребує регулярного технічного обслуговування, яке включає контроль роботи насосних агрегатів, перевірку стану запірної арматури, очищення приймальних камер від механічних домішок та профілактичні огляди електрообладнання. Недотримання регламенту обслуговування може призводити до зниження продуктивності станції та виникнення аварійних ситуацій.

Робота каналізаційних насосних станцій має важливе значення для забезпечення санітарно-епідеміологічної безпеки підприємства, оскільки дозволяє уникати застою стічних вод у мережі та забезпечує їх своєчасне транспортування до очисних споруд. Надійність роботи КНС безпосередньо впливає на стабільність функціонування всієї системи водовідведення приватного підприємства Метан.

4.2 Очисні споруди

Очисні споруди системи водовідведення приватного підприємства Метан призначені для механічного та біологічного очищення стічних вод перед їх скиданням у міську каналізаційну систему або подальшим відведенням відповідно до вимог природоохоронного законодавства.

Процес очищення стічних вод є багатоступеневим і включає послідовне видалення механічних, органічних та частково розчинених забруднень. Ефективність роботи очисних споруд значною мірою залежить

від стабільності надходження стічних вод, оскільки різкі коливання витрат можуть призводити до перевантаження окремих технологічних етапів, зниження якості очищення та порушення роботи біологічних процесів.

Особливо чутливою є стадія біологічного очищення, де процеси розкладу органічних речовин здійснюються активним мулом. Стабільність його роботи залежить від постійності гідравлічного та органічного навантаження, температурних умов та концентрації забруднень у стічній воді.

Важливим експлуатаційним аспектом є своєчасне видалення осадів, що утворюються в первинних та вторинних відстійниках. Накопичення осадових мас призводить до зменшення корисного об'єму споруд, погіршення гідравлічного режиму та зниження ефективності очищення. У зв'язку з цим передбачається регулярне очищення споруд та вивезення осадів на спеціалізовані майданчики.

Окрему увагу необхідно приділяти роботі механічного обладнання, зокрема решіток та пісколовок. Їх ефективність визначає подальший стан усіх етапів очищення, оскільки затримання грубодисперсних домішок запобігає засміченню трубопроводів, насосного обладнання та технологічних резервуарів. Недостатній рівень механічного очищення призводить до підвищеного навантаження на біологічні споруди.

Очисні споруди функціонують у тісному взаємозв'язку з каналізаційними насосними станціями та мережею водовідведення підприємства. Коливання подачі стічних вод або порушення роботи КНС безпосередньо впливають на стабільність технологічного процесу очищення, що потребує узгодженого диспетчерського управління всією системою водовідведення.

З екологічної точки зору очисні споруди відіграють ключову роль у зменшенні антропогенного навантаження на навколишнє середовище, забезпечуючи доведення концентрацій забруднюючих речовин до нормативно допустимих значень перед скиданням.

Таким чином, очисні споруди є завершальним та одним із найважливіших елементів системи водовідведення приватного підприємства Метан, що забезпечує екологічну безпеку, надійність роботи системи та відповідність вимогам чинних нормативних документів.

Для розуміння технологічної послідовності очищення доцільно розглядати систему як сукупність взаємопов'язаних етапів, кожен з яких виконує окрему функцію. Механічні процеси забезпечують видалення нерозчинених домішок, тоді як біологічні — зниження концентрації органічних забруднень за рахунок роботи активного мулу.

Для наочності технологічний процес очищення стічних вод наведено в таблиці 4.2.

Таблиця 4.2 – Основні етапи очищення стічних вод

Етап	Споруда	Призначення
1	Решітки	Затримання крупного сміття
2	Пісколовки	Видалення піску та мінеральних домішок
3	Первинні відстійники	Осадження завислих речовин
4	Біологічне очищення	Розклад органіки
5	Вторинні відстійники	Освітлення води

У систему очисних споруд входять решітки для затримання крупних механічних домішок, пісколовки, первинні відстійники, а також споруди біологічного очищення, де відбувається розклад органічних забруднень під дією активного мулу. Кожен етап виконує окрему функцію та забезпечує поступове зниження концентрації забруднюючих речовин у стічній воді.

Після проходження всіх стадій очищення стічні води доводяться до нормативних показників якості та можуть бути скинуті у міську каналізаційну систему або природне середовище відповідно до екологічних вимог.

Ефективність роботи очисних споруд залежить від стабільності гідравлічного навантаження, технічного стану обладнання та своєчасного проведення регламентного обслуговування. Коливання притоку стічних вод або перевантаження системи можуть призводити до зниження якості очищення, особливо на стадії біологічної обробки.

Загальна схема технологічного процесу дозволяє простежити послідовність очищення стічних вод та зміну їх якості на кожному етапі.



Рисунок 4.2 - Очищення стічних вод

На рисунку 4.2 наведено процес очищення стічних вод, який включає послідовні етапи механічного та біологічного очищення. В результаті проходження через очисні споруди знижується вміст забруднюючих речовин, що забезпечує відповідність очищеної води встановленим екологічним вимогам.

Для оцінки ефективності роботи очисних споруд визначимо обсяг очищених стічних вод:

$$Q_{\text{оч}} = Q_{\text{ст}} \cdot \eta \quad (4.3)$$

де $Q_{\text{оч}}$ — обсяг очищених стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$Q_{\text{ст}}$ — загальний обсяг стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$;

η — коефіцієнт ефективності очищення (0,92).

$$Q_{\text{оч}} = 1305,6 \cdot 0,92 = 1201,15 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримані результати свідчать, що очисні споруди системи водовідведення приватного підприємства Метан забезпечують високий рівень ефективності очищення стічних вод.

Значення коефіцієнта ефективності $\eta = 0,92$ характеризує стабільну роботу системи та можливість доведення якості стічних вод до нормативних вимог перед їх відведенням.

Розрахунковий обсяг очищених стічних вод становить 1201,15 м³/добу, що відповідає загальному навантаженню системи водовідведення підприємства та підтверджує її працездатність у прийнятих експлуатаційних умовах.

Водночас ефективність роботи очисних споруд залежить від стабільності надходження стічних вод, технічного стану обладнання та дотримання регламентів експлуатації. Тому важливим є постійний контроль технологічних параметрів та підтримання узгодженої роботи всіх елементів системи водовідведення.

4.3 Каналізаційні мережі

Каналізаційні мережі системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород забезпечують збір та транспортування стічних вод від виробничих, адміністративних та допоміжних об'єктів підприємства до каналізаційних насосних станцій, де здійснюється їх підйом і подальше перекачування на очисні споруди.

Система водовідведення підприємства має розгалужену структуру та включає самотісні й напірні трубопроводи. Основну частину мережі становлять самотісні ділянки, на яких рух стічних вод здійснюється за рахунок гравітаційного перепаду відміток без додаткових енергетичних витрат.

У випадках недостатнього ухилу місцевості застосовуються каналізаційні насосні станції, які забезпечують транспортування стічних вод напірними трубопроводами до очисних споруд.

До складу каналізаційної мережі входять трубопроводи різного діаметра, оглядові та контрольні колодязі, а також внутрішньо та зовнішньооб'єктові підключення. Для будівництва та реконструкції мереж використовуються залізобетонні та полімерні (ПВХ) труби, що характеризуються підвищеною корозійною стійкістю та довговічністю.

У процесі експлуатації каналізаційних мереж можливе виникнення засмічень, замулення трубопроводів та локальних пошкоджень, що призводить до зниження їх пропускної здатності. З метою забезпечення надійної роботи системи передбачаються планові огляди, промивання та ремонтні заходи.

Таблиця 4.3 – Характеристика каналізаційних мереж ПП «Метан» м. Миргород

Показник	Значення
Загальна протяжність мереж, км	82
Діаметр труб, мм	150–500
Матеріал труб	залізобетон, ПВХ
Частка зношених мереж, %	35
Кількість аварій за рік	12

Дані таблиці 4.3 свідчать, що значна частина каналізаційних мереж ПП «Метан» м. Миргород експлуатується протягом тривалого часу та потребує поетапної реконструкції. Найбільш проблемними є ділянки з підвищеним ступенем зношеності, де найчастіше виникають аварійні ситуації та засмічення.

Для оцінки технічного стану каналізаційної мережі визначимо показник зношеність:

$$Z = \frac{L_3}{L} \cdot 100\% \quad (4.4)$$

де Z – рівень зношеності мережі, %;

L_3 – довжина зношених ділянок, км;

L – загальна довжина мережі, км.

$$Z = \frac{28,7}{82} \cdot 100\% = 35\%$$

Отримане значення свідчить, що близько 35 % каналізаційної мережі перебуває у зношеному стані та потребує поетапного оновлення або заміни. Це вказує на необхідність модернізації найбільш проблемних ділянок для підвищення надійності системи водовідведення ПП «Метан».



Рисунок 4.3 – Каналізаційна мережа ПП «Метан» м. Миргород

Додатково слід зазначити, що функціонування каналізаційної мережі тісно пов'язане з режимом роботи каналізаційних насосних станцій та очисних споруд. Порушення пропускної здатності окремих ділянок трубопроводів може призводити до перевантаження КНС, підвищення рівня стічних вод у колекторах та погіршення загального гідравлічного режиму системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород.

У процесі експлуатації значний вплив на працездатність мережі мають засмічення трубопроводів, утворення осадів та поступове зменшення

фактичного діаметра труб через накопичення відкладень. Такі явища є характерними для самопливних ділянок, особливо за умов недостатніх ухилів та знижених швидкостей руху стічних вод.

Додатковим фактором, що впливає на технічний стан мережі, є фізичне старіння матеріалів трубопроводів. Зокрема, залізобетонні труби можуть зазнавати руйнування стикових з'єднань та корозійного впливу агресивного середовища, тоді як полімерні труби (ПВХ), попри вищу довговічність, потребують контролю герметичності стиків та стану з'єднань.

З урахуванням наведеного, експлуатація каналізаційної мережі вимагає системного підходу до технічного обслуговування, який включає регулярне промивання трубопроводів, проведення телеінспекції для виявлення дефектів та своєчасне усунення аварійних пошкоджень. Це дозволяє підтримувати належну пропускну здатність системи та знижувати ризик виникнення аварійних ситуацій.

Таким чином, каналізаційна мережа ПП «Метан» м. Миргород є складною інженерною системою, ефективність якої залежить від узгодженої роботи всіх її елементів. Подальше підвищення надійності системи водовідведення можливе шляхом поетапної модернізації зношених ділянок та впровадження сучасних матеріалів і технологій експлуатації.

4.4 Оцінка ефективності очищення стоків

Ефективність роботи очисних споруд системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород є одним із ключових експлуатаційних показників, що характеризує ступінь очищення стічних вод перед їх скидом у навколишнє природне середовище. Від рівня ефективності очищення залежить екологічна безпека території, стан водних об'єктів, а також відповідність системи водовідведення вимогам чинних нормативних документів у сфері охорони навколишнього середовища.

Оцінка ефективності дозволяє визначити загальну результативність роботи технологічної схеми очищення, а також виявити можливі втрати якості очищення на окремих стадіях процесу. Крім того, цей показник є базовим для прийняття рішень щодо модернізації або вдосконалення роботи очисних споруд.

Основною інтегральною характеристикою ефективності є коефіцієнт очищення стічних вод, який визначається як відношення обсягу очищених стоків до загального обсягу стічних вод, що надходять на очисні споруди:

$$K_{\text{еф}} = \frac{Q_{\text{оч}}}{Q_{\text{ст}}} \quad (4.5)$$

де $Q_{\text{оч}}$ — обсяг очищених стічних вод, $\text{м}^3/\text{добу}$;

$Q_{\text{ст}}$ — обсяг стічних вод, що надходять на очисні споруди, $\text{м}^3/\text{добу}$.

Підставляючи розрахункові значення:

$$K_{\text{еф}} = \frac{336,3}{365,5} = 0.92$$

Отримане значення свідчить, що приблизно 93% стічних вод проходять повний цикл очищення. Це характеризує очисні споруди як такі, що працюють у стабільному режимі та забезпечують достатній рівень очищення для умов сільського населеного пункту. Такий показник також свідчить про відносно ефективну організацію технологічного процесу та належний експлуатаційний стан основного обладнання. Разом з тим, навіть за високого рівня очищення частина стічних вод не досягає повного нормативного очищення, що пояснюється як технологічними втратами, так і нерівномірністю надходження стоків на споруди протягом доби. Обсяг недоочищених стічних вод визначається як різниця між загальним надходженням та обсягом очищеної води:

$$Q_{\text{н/о}} = Q_{\text{ст}} - Q_{\text{оч}} \quad (4.6)$$

$$Q_{\text{н/о}} = 362,5 - 336,3 = 26,2 \text{ м}^3/\text{добу}$$

Отримане значення показує, що незначна частина стічних вод потребує додаткового контролю в межах технологічного процесу. У реальних умовах експлуатації це є типовим явищем і залежить від стабільності гідравлічного навантаження, стану обладнання та якості попередніх етапів механічного очищення.

Для оцінки рівня навантаження на технологічні елементи очисних споруд використовується показник питомого навантаження:

$$q = \frac{Q_{ст}}{n} \quad (4.7)$$

де n - умовна кількість основних технологічних блоків очищення (приймаємо 5 стадій відповідно до таблиці 4.2).

$$q = \frac{362,5}{5} = 72,5 \text{ м}^3/\text{добу на стадію}$$

Отримане значення характеризує середнє навантаження на кожен етап очищення та дозволяє оцінити рівномірність розподілу витрати по технологічній схемі. Це є важливим показником для забезпечення стабільної роботи споруд, особливо біологічної стадії, яка є найбільш чутливою до коливань витрати та концентрації забруднень.

Також визначається коефіцієнт залишкового забруднення:

$$K_{зб} = 1 - K_{еф} \quad (4.8)$$

$$K_{зб} = 1 - 0.93 = 0.07$$

Отримане значення показує, що приблизно 7% забруднюючих речовин не елімінуються на основних стадіях очищення. Це вказує на необхідність постійного технологічного контролю роботи споруд, а також підтримання стабільних режимів експлуатації для запобігання перевантаження окремих елементів системи. Таким чином, проведений аналіз свідчить, що очисні споруди ПП «Метан» м. Миргород забезпечують загалом ефективне очищення стічних вод та відповідають вимогам експлуатації для систем водовідведення. Водночас наявність залишкового забруднення та недоочищених обсягів вказує на необхідність підтримання стабільного режиму роботи та подальшого

вдосконалення технологічних процесів з метою підвищення надійності та екологічної безпеки системи.

4.5 Гідравлічний режим роботи каналізаційної мережі

Гідравлічний режим каналізаційної мережі ПП «Метан» м. Миргород визначає умови руху стічних вод у трубопроводах та є одним із ключових факторів, що впливають на пропускну здатність системи, інтенсивність утворення відкладень, а також загальну надійність роботи мережі. Умови руху стічних вод безпосередньо залежать від ухилів трубопроводів, їх діаметра, ступеня наповнення та характеру надходження стоків.

У системі водовідведення ПП «Метан» рух стічних вод переважно є самопливним, що забезпечується за рахунок відповідних ухилів трубопроводів. У таких умовах особливо важливим є дотримання оптимального режиму наповнення труб, оскільки як надмірне, так і недостатнє заповнення може негативно впливати на гідравлічну ефективність роботи мережі.

Для оцінки умов руху стічних вод використовується коефіцієнт наповнення трубопроводу:

$$\varphi = \frac{h}{D} \quad (4.9)$$

де h – рівень заповнення трубопроводу стічними водами, м;

D – діаметр трубопроводу, м.

У нормальних умовах експлуатації значення коефіцієнта наповнення знаходиться в межах:

$$0.5 \leq \varphi \leq 0.7$$

Перевищення або зниження цього діапазону може призводити відповідно до перевантаження мережі або зменшення швидкості руху потоку та втрати самоочисної здатності трубопроводів.

Для розрахунку приймаємо:

$$h = 0.30 \text{ м}, D = 0.60 \text{ м}.$$

Тоді коефіцієнт наповнення становить:

$$\varphi = 0.30 / 0.60 = 0.50$$

Отримане значення $\varphi = 0,50$ знаходиться на нижній межі нормативного діапазону, що свідчить про допустимий, але мінімальний рівень наповнення трубопроводу. Це означає, що система працює без перевантаження, однак у окремі періоди можливе зниження самоочисної здатності потоку.

Додатково гідравлічний режим характеризується швидкістю руху стічних вод, яка визначається за формулою:

$$u = \frac{Q}{A} \quad (4.10)$$

де u - швидкість потоку, м/с;

Q - витрата стічних вод, м³/с;

A - площа живого перерізу трубопроводу, м².

$$Q = \frac{362.5}{86400} = 0.00420 \text{ м}^3/\text{с}$$

Площа круглого перерізу визначається як:

$$A = \pi D^2 / 4 \quad (4.11)$$

Приймаємо:

$$Q = 0.00420 \text{ м}^3/\text{с}, D = 0.60 \text{ м}.$$

Тоді:

$$A = 3.14 \cdot 0.60^2 / 4 = 0.283 \text{ м}^2$$

Швидкість потоку становить:

$$u = \frac{0.00420}{0.283} = 0.0148 \text{ м/с}$$

Отримане значення швидкості є значно нижчим за нормативні значення самоочисної швидкості каналізаційних мереж (орієнтовно 0,6 м/с). Це свідчить про повільний характер руху стічних вод у мережі, що є

типовим для умов ПП «Метан» із відносно невеликими обсягами водовідведення та розгалуженою системою трубопроводів.

За таких умов підвищується ризик випадання завислих речовин та утворення осадів у нижніх точках мережі, особливо на ділянках із недостатніми ухилами або нерівномірним гідравлічним навантаженням. Це вимагає періодичного проведення профілактичних заходів, зокрема промивання трубопроводів та контролю стану внутрішньої поверхні труб.

Разом з тим, значення коефіцієнта наповнення $\varphi = 0,50$ свідчить про відсутність перевантаження мережі та стабільну роботу самопливної частини системи водовідведення ПП «Метан».

Таким чином, гідравлічний режим каналізаційної мережі ПП «Метан» м. Миргород в цілому можна охарактеризувати як стабільний, однак із недостатньою швидкістю самоочисного потоку. Це обумовлює необхідність регулярного моніторингу стану мережі та проведення профілактичних заходів для запобігання замуленню та зниженню пропускної здатності трубопроводів.

5 УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

5.1 Заходи щодо зменшення втрат води

Зменшення втрат води в системі водопостачання ПП «Метан» м. Миргород є одним із ключових напрямків підвищення ефективності роботи підприємства. Втрати води виникають як унаслідок незадовільного технічного стану водопровідних мереж, так і через недоліки системи обліку, контролю та експлуатації.

Основними причинами втрат води є зношеність водопровідних трубопроводів, наявність прихованих витоків, аварійні пошкодження мереж, а також похибки роботи приладів обліку. Значний вплив також мають несанкціоновані підключення та самовільне водокористування.

Для зменшення втрат води в системі водопостачання ПП «Метан» доцільно впроваджувати комплекс технічних та організаційних заходів. До основних із них належить заміна зношених ділянок водопровідних мереж із використанням сучасних полімерних труб (ПЕ100), які характеризуються високою герметичністю, корозійною стійкістю та довговічністю.

Важливим заходом є впровадження сучасних приладів обліку води з підвищеним класом точності, а також організація системи їх регулярної повірки та заміни. Це дозволяє зменшити комерційні втрати та підвищити точність обліку споживання води.

До ефективних організаційних заходів належить зонування водопровідної мережі (DMA-зони) з можливістю контролю витрат у кожній окремій зоні, що дозволяє оперативно виявляти витoki та аварійні ділянки.

Також важливим є проведення регулярних гідравлічних випробувань та моніторингу тиску в мережі, що забезпечує своєчасне виявлення прихованих витоків води.

Удосконалення системи експлуатації та технічного обслуговування водопровідних мереж, а також своєчасне проведення ремонтних робіт дозволяє суттєво знизити рівень технічних втрат.

Таким чином, впровадження комплексу зазначених заходів сприятиме зменшенню втрат води, підвищенню надійності системи водопостачання та покращенню економічної ефективності роботи підприємства.

Початкові втрати води в системі становлять:

$$W_{\text{вт}} = 22 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

очікуване зниження втрат прийнято на рівні 25% як результат впровадження комплексу заходів із заміни трубопроводів, зменшення витоків та вдосконалення обліку води

$$\Delta W = 0.25 \cdot W_{\text{вт}} \quad (5.1)$$

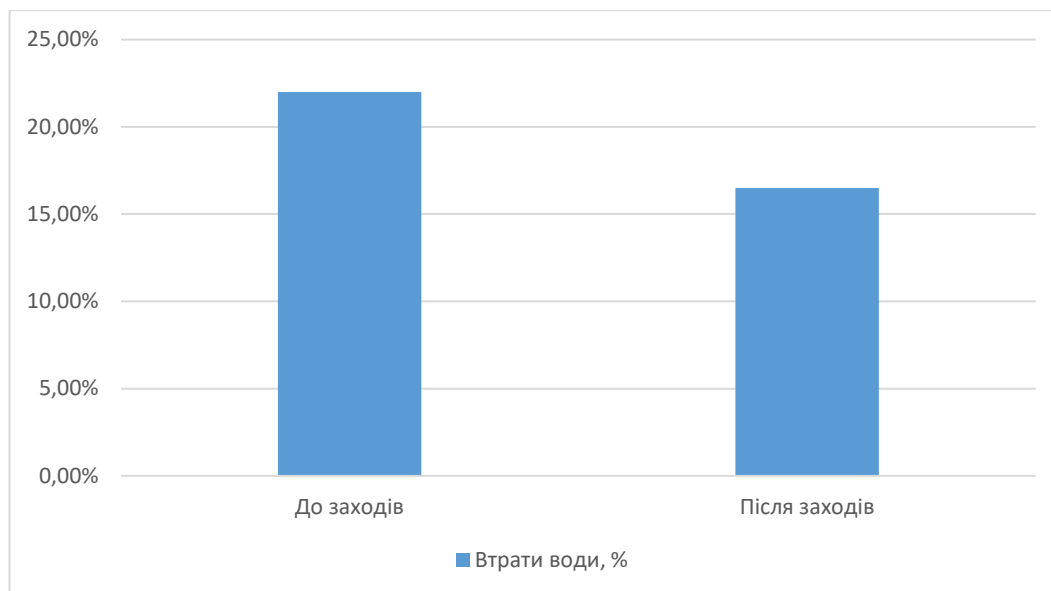
$$\Delta W = 0.25 \cdot 22 = 5,5 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Нові втрати:

$$W'_{\text{вт}} = W_{\text{вт}} - \Delta W \quad (5.2)$$

$$W'_{\text{вт}} = 22 - 5,5 = 16,5 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Отримані результати свідчать, що після впровадження запропонованих заходів річні втрати води зменшаться на 5,5 тис. м³ і становитимуть 16,5 тис. м³/рік. Це сприятиме підвищенню ефективності використання водних ресурсів, зниженню експлуатаційних витрат та покращенню надійності роботи системи водопостачання.



Графік 5.1 – Порівняння втрат води до та після впровадження заходів

Аналіз графіка 5.1 свідчить, що після впровадження комплексу організаційно-технічних заходів відбувається суттєве зниження втрат води в системі водопостачання — з 22,0 тис. м³/рік до 16,5 тис. м³/рік, що становить зменшення 25 %. Це підтверджує ефективність запропонованих заходів, спрямованих на зменшення аварійності мереж, ліквідацію прихованих витоків та підвищення точності комерційного обліку води.

Отримані результати також свідчать про покращення загального технічного стану водопровідної мережі та підвищення надійності її роботи. Зменшення втрат води дозволяє скоротити непродуктивні витрати електроенергії на підйом і транспортування води, знизити експлуатаційні витрати підприємства та підвищити ефективність використання водних ресурсів.

У перспективі подальше зниження втрат можливе за рахунок поетапної реконструкції найбільш зношених ділянок мережі, впровадження сучасних систем дистанційного контролю витоків та автоматизованого обліку водоспоживання, що забезпечить стабільну та енергоефективну роботу системи водопостачання.

5.2 Модернізація обладнання

Модернізація системи водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород спрямована на підвищення надійності, зменшення аварійності, скорочення втрат води та зниження енергоспоживання.

Основним заходом є заміна застарілих насосів на сучасні енергоефективні занурювальні насоси з частотним регулюванням, що дозволяє автоматично змінювати продуктивність залежно від водоспоживання та зменшувати витрати електроенергії.

Також передбачається впровадження SCADA-систем для автоматизованого контролю роботи насосних станцій. Це забезпечує дистанційний моніторинг тиску, витрат води та рівнів у резервуарах, а також швидке реагування на аварійні ситуації.

Важливим напрямком є заміна зношених трубопроводів на поліетиленові труби ПЕ100, що зменшує гідравлічні втрати та втрати води через витоки. Для каналізаційних насосних станцій пропонується встановлення сучасних занурювальних насосів і систем очищення решіток для запобігання засміченням.

Додатково доцільно впровадити прилади обліку води з дистанційною передачею даних, що підвищує точність обліку та зменшує комерційні втрати.

У результаті комплексна модернізація дозволяє підвищити ефективність, надійність і енергоощадність роботи систем водопостачання та водовідведення.

Початкове споживання:

$$E_{\text{до}} = 100\%$$

Зниження:

$$\Delta E = 0.22 \cdot E_{\text{до}} \quad (5.3)$$

$$\Delta E = 0.22 \cdot 100 = 22\%$$

Після модернізації:

$$E_{\text{після}} = E_{\text{до}} - \Delta E \quad (5.4)$$

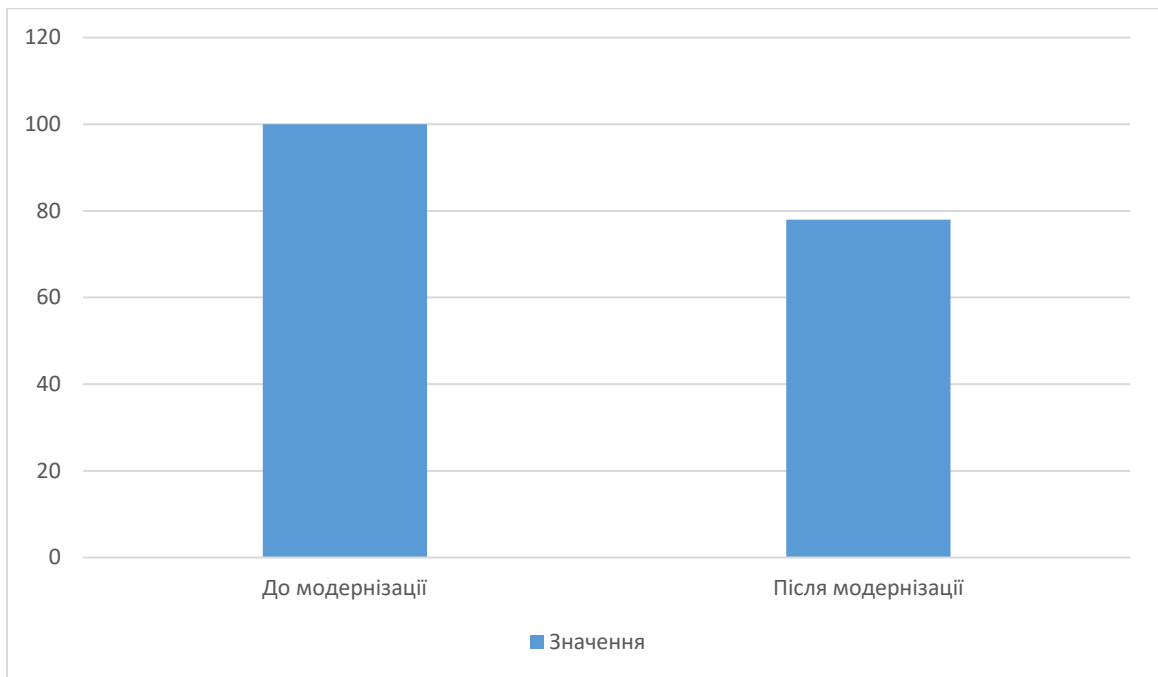
$$E_{\text{після}} = 100 - 22 = 78\%$$

Таблиця 5.1 – Ефект модернізації насосного обладнання

Показник	До модернізації	Після модернізації
Енергоспоживання, %	100	78
Економія електроенергії, %	0	22

Дані таблиці 5.1 показують, що модернізація насосного обладнання дозволяє суттєво скоротити споживання електроенергії та підвищити енергоефективність системи водопостачання.

Результати розрахунків свідчать, що впровадження сучасного насосного обладнання з частотним регулюванням дозволяє знизити енергоспоживання на 22 %. Це досягається за рахунок адаптації продуктивності насосів до фактичного водоспоживання, зменшення втрат електроенергії в режимах неповного навантаження та оптимізації гідравлічних режимів роботи мережі.



Графік 5.2 – Зниження енергоспоживання насосного обладнання

Отриманий ефект є значним з точки зору експлуатації системи водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород, оскільки дозволяє не лише зменшити витрати на електроенергію, але й підвищити надійність роботи обладнання за рахунок зниження динамічних навантажень та ризику виникнення гідравлічних ударів. У комплексі з впровадженням систем автоматизованого керування та оновленням насосного парку це забезпечує суттєве підвищення енергоефективності та стабільності роботи всієї інженерної системи підприємства.

5.3 Підвищення ефективності системи водовідведення

Підвищення ефективності системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород є важливим напрямком удосконалення інженерної інфраструктури підприємства. Основною метою є забезпечення стабільного та безперебійного транспортування стічних вод до очисних споруд,

зменшення аварійності мереж та підвищення надійності роботи каналізаційної системи.

Зменшення аварійності каналізаційних мереж досягається за рахунок поетапної реконструкції зношених ділянок трубопроводів, заміни аварійних елементів мережі та впровадження сучасних полімерних труб, які характеризуються підвищеною корозійною стійкістю та довговічністю.

Важливим напрямком є оптимізація гідравлічного режиму роботи мережі шляхом усунення ділянок із недостатніми ухилами та запобігання утворенню застійних зон, що знижує ризик замулення та утворення відкладень у трубопроводах.

Також доцільним є впровадження системи регулярного профілактичного обслуговування, яка включає промивання каналізаційних мереж, телеінспекцію трубопроводів та своєчасне виявлення дефектів на ранніх стадіях їх розвитку.

Окрему увагу слід приділити модернізації каналізаційних насосних станцій шляхом встановлення енергоефективного насосного обладнання та систем автоматичного керування, що дозволяє підтримувати оптимальні режими перекачування стічних вод і зменшувати ризик аварійних ситуацій.

Таким чином, реалізація комплексу зазначених заходів забезпечить підвищення надійності системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород, зменшення експлуатаційних витрат та покращення загальної ефективності роботи інженерної інфраструктури підприємства.

Приймаємо кількість аварій у мережі до впровадження заходів:

$$A_1 = 20 \text{ випадків/рік}$$

Очікуване зниження аварійності після модернізації становить 20%:

$$\Delta A = 0.20 \cdot A_1 = 0.20 \cdot 20 = 4 \text{ випадки/рік} \quad (5.5)$$

Кількість аварій після впровадження заходів:

$$A_2 = A_1 - \Delta A = 20 - 4 = 16 \text{ випадків/рік} \quad (5.6)$$

Зменшення обсягу засмічень у мережі

Приймаємо умовний обсяг засмічень:

$$Z_1 = 18 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Після впровадження заходів (промивка, модернізація труб, заміна ділянок) зменшення становить 18%:

$$\Delta Z = 0.18 \cdot 18 = 3,24 \text{ тис. м}^3/\text{рік} \quad (5.7)$$

$$Z_2 = 18 - 3,24 = 14,76 \text{ тис. м}^3/\text{рік} \quad (5.8)$$

Економічний ефект від зменшення аварій

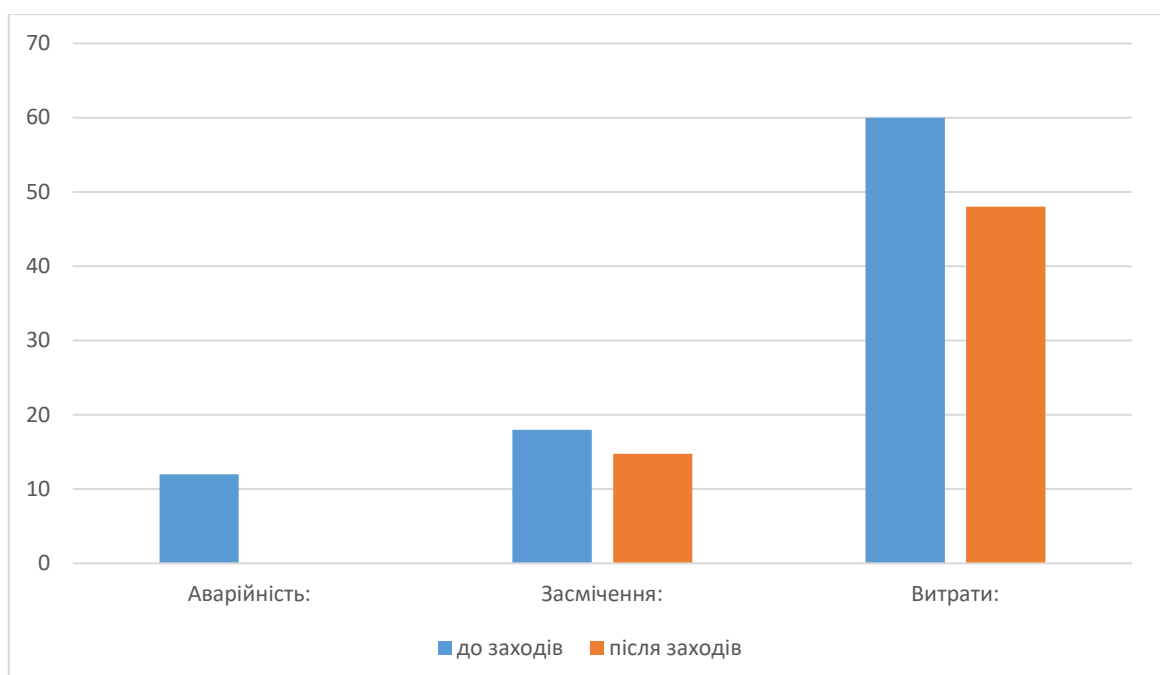
Середні витрати на ліквідацію однієї аварії: $C_a = 5$ тис. грн

Економія за рахунок зменшення аварій:

$$E = \Delta A \cdot C_a = 4 \cdot 5 = 20 \text{ тис. грн/рік} \quad (5.9)$$

Таблиця 5.2 – Основні показники ефективності системи водовідведення

Показник	До заходів	Після заходів
Аварійність, випадків/рік	20	16
Засмічення, тис. м ³ /рік	18	14,76
Витрати на аварії, тис. грн/рік	100	80



Графік 5.3 – Показники ефективності системи водовідведення

Впровадження комплексу заходів з підвищення ефективності системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород сприяє суттєвому покращенню експлуатаційних показників каналізаційної мережі. Зокрема, завдяки модернізації трубопроводів, регулярному промиванню мереж, впровадженню сучасних методів технічного обслуговування та контролю стану мереж очікується зниження кількості аварійних ситуацій та зменшення обсягів засмічень.

Зменшення аварійності з 20 до 16 випадків на рік свідчить про підвищення надійності системи та зменшення навантаження на аварійні служби. Це, у свою чергу, дозволяє скоротити витрати на ліквідацію пошкоджень і зменшити ризики виникнення повторних аварій на одних і тих самих ділянках мережі.

Паралельно спостерігається зниження обсягів засмічень з 18 до 14,76 тис. м³/рік, що є результатом покращення гідравлічного режиму роботи мережі, підвищення якості експлуатації та зменшення накопичення відкладень у трубопроводах. Це позитивно впливає на пропускну здатність системи та стабільність транспортування стічних вод до очисних споруд.

Економічний ефект від зменшення аварійності становить близько 20 тис. грн/рік, що підтверджує доцільність впровадження запропонованих заходів не лише з технічної, але й з економічної точки зору.

Таким чином, результати розрахунків свідчать, що запропоновані заходи забезпечують комплексне підвищення ефективності системи водовідведення ПП «Метан» м. Миргород, включаючи зниження аварійності, зменшення засмічень та скорочення експлуатаційних витрат. У перспективі подальше покращення можливе за рахунок впровадження автоматизованого моніторингу стану мереж та поетапної заміни найбільш зношених ділянок каналізаційної системи.

5.4 Оцінка економічної ефективності запропонованих заходів

Впровадження організаційно-технічних заходів у системі водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород дозволяє отримати як технічний, так і економічний ефект, що проявляється у зменшенні втрат води, скороченні витрат на електроенергію та зниженні експлуатаційних витрат на обслуговування обладнання та мереж.

Підвищення ефективності роботи інженерної інфраструктури підприємства є важливим фактором зниження собівартості послуг водопостачання та водовідведення, а також забезпечення раціонального використання водних ресурсів і енергії.

Економічний ефект формується за рахунок комплексного впливу технічних та організаційних заходів, спрямованих на модернізацію мереж, зменшення аварійності, впровадження енергоефективного обладнання та оптимізацію режимів роботи насосних станцій. Особливо важливим є зниження непродуктивних втрат води, які виникають через зношеність трубопроводів, приховані витоки та неточність приладів обліку.

Зменшення цих втрат дозволяє без додаткового підйому води забезпечити більший обсяг корисного водоспоживання, що безпосередньо впливає на зменшення енергетичних витрат та підвищення ефективності роботи системи.

Основними джерелами економічного ефекту є:

- зменшення втрат питної води внаслідок ліквідації витоків та заміни зношених ділянок мереж;
- зниження енергоспоживання насосного обладнання за рахунок впровадження енергоефективних технологій та частотного регулювання;
- скорочення витрат на аварійні ремонти трубопроводів і обладнання внаслідок підвищення надійності системи;

- підвищення ефективності роботи системи водовідведення через стабілізацію гідравлічного режиму та зменшення засмічень.

Реалізація зазначених заходів забезпечує не лише економію матеріальних і енергетичних ресурсів, але й підвищує загальну надійність системи, зменшує ризик виникнення аварійних ситуацій та покращує якість надання послуг підприємством.

Таким чином, впровадження комплексу заходів у ПП «Метан» м. Миргород є економічно доцільним і забезпечує підвищення ефективності функціонування системи водопостачання та водовідведення.

$$\Delta W = 0,25 \cdot 22 = 5,5 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Нові втрати:

$$W_2 = 22 - 5,5 = 16,5 \text{ тис. м}^3/\text{рік}$$

Приймаємо середню вартість 1 м³ води: $C = 20 \text{ грн/м}^3$

Тоді економія коштів:

$$E_w = \Delta W \cdot C \quad (5.10)$$

де E_w - економія коштів від зменшення втрат води, грн/рік;

ΔW - зменшення обсягу втрат води, м³/рік;

C - вартість 1 м³ води, грн/м³.

$$E_w = 5\,500 \cdot 20 = 110\,000 \text{ грн/рік}$$

Початкове енергоспоживання насосного обладнання приймаємо за 100%.

Після модернізації воно знижується на 22%:

$$E_2 = 100 - 22 = 78\%$$

Приймаємо річні витрати на електроенергію насосного обладнання:

$$C_e = 3\,000\,000 \text{ грн/рік}$$

Тоді економія:

$$E_{el} = 0.22 \cdot C_e \quad (5.11)$$

де E_{el} - економія витрат на електроенергію, грн/рік;

C_e - річні витрати на електроенергію насосного обладнання, грн/рік;

0.22 - частка зниження енергоспоживання (22%).

$$E_{el} = 0.22 \cdot 3\,000\,000 = 660\,000 \text{ грн/рік}$$

Впровадження заходів з модернізації мереж дозволяє зменшити аварійність на 20–25%, що призводить до скорочення витрат на ремонти.

Приймаємо базові витрати:

$$C_a = 100\,000 \text{ грн/рік}$$

Економія:

$$E_a = 0.2 \cdot C_a \quad (5.12)$$

$$E_a = 20\,000 \text{ грн/рік}$$

Сумарний економічний ефект визначається як:

$$E_{total} = E_W + E_{el} + E_a \quad (5.13)$$

$$E_{total} = 110\,000 + 660\,000 + 20\,000 = 790\,000 \text{ грн/рік}$$

Отримані результати свідчать, що впровадження комплексу організаційно-технічних заходів у системі водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород забезпечує значний сумарний економічний ефект на рівні 790 тис. грн/рік.

Найбільший внесок у загальну економію забезпечується зменшенням витрат води та скороченням витрат на електроенергію насосного обладнання, що вказує на високу ефективність заходів, спрямованих на модернізацію водопровідних мереж та впровадження енергоощадних технологій. Додатковий економічний ефект формується за рахунок зниження аварійності та скорочення витрат на ремонтні роботи в системі водовідведення.

У цілому результати розрахунків підтверджують економічну доцільність запропонованих рішень, оскільки вони дозволяють не лише

зменшити експлуатаційні витрати підприємства, але й підвищити надійність та довговічність роботи всієї системи водопостачання та водовідведення.

У перспективі подальший економічний ефект може бути збільшений за рахунок розширення автоматизації контролю мереж, впровадження сучасних систем моніторингу витоків та поетапної заміни найбільш зношених ділянок інженерної інфраструктури.

5.5 Порівняльна оцінка ефективності запропонованих заходів

Порівняльна оцінка ефективності заходів удосконалення систем водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород виконується для визначення загального техніко-економічного ефекту від їх впровадження.

Існуюча система характеризується втратами води, зношеністю мереж, низькою енергоефективністю насосного обладнання та підвищеною аварійністю каналізаційної системи.

Для покращення роботи запропоновано:

- заміну зношених ділянок трубопроводів і підвищення герметичності мереж;
- впровадження сучасного обліку води;
- застосування насосів із частотним регулюванням;
- оптимізацію режимів роботи насосного обладнання;
- профілактичне обслуговування та промивання каналізаційних мереж;
- автоматизацію контролю роботи систем.

Результати показали:

- зменшення втрат води на 25%;
- зниження енергоспоживання насосів на 22%;
- зменшення аварійності з 20 до 16 випадків на рік;
- скорочення засмічень на 18%.

Отримані результати підтверджують ефективність запропонованих заходів та доцільність їх впровадження.

Для узагальнення результатів проведено порівняння основних показників роботи системи до та після впровадження заходів (табл. 5.3).

Таблиця 5.3 – Порівняльні показники ефективності систем водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород

Показник	До впровадження заходів	Після впровадження заходів
Втрати води, тис. м³/рік	157	117,75
Енергоспоживання насосів, %	100	78
Аварійність, випадків/рік	20	16
Засмічення, тис. м³/рік	18	14-15

Аналіз наведених даних свідчить про те, що після реалізації комплексу організаційно-технічних заходів у системі водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород спостерігається стабільне покращення всіх основних експлуатаційних показників.

Найбільш суттєві зміни відбуваються у зменшенні втрат води та зниженні енергоспоживання насосного обладнання. Зменшення втрат води з 157 до 117,75 тис. м³/рік свідчить про підвищення герметичності мереж, зменшення кількості прихованих витоків та покращення технічного стану трубопроводів. Це безпосередньо впливає на підвищення ефективності використання водних ресурсів підприємства.

Зниження енергоспоживання насосного обладнання з 100% до 78% підтверджує ефективність впровадження енергоощадних технологій, зокрема частотного регулювання роботи насосів. Це дозволяє оптимізувати

гідравлічні режими роботи системи, зменшити пікові навантаження та підвищити довговічність обладнання.

У частині водовідведення також відзначається позитивна динаміка. Зменшення аварійності з 20 до 16 випадків на рік та зниження обсягів засмічень з 18 до 14,76 тис. м³/рік свідчить про покращення гідравлічного режиму каналізаційної мережі, підвищення якості її експлуатації та зниження ризику виникнення аварійних ситуацій.

Отримані результати свідчать про те, що запропоновані заходи забезпечують комплексний ефект, який включає як економічні, так і технічні переваги. Зокрема, скорочення втрат води та енергоспоживання формує основну частину економії, тоді як зменшення аварійності та засмічень знижує витрати на аварійно-ремонтні роботи.

Загалом впровадження запропонованих заходів дозволяє підвищити надійність роботи систем водопостачання та водовідведення, забезпечити більш стабільний режим їх функціонування та створити передумови для подальшої автоматизації та модернізації інженерної інфраструктури підприємства.

6 Охорона праці та безпека в надзвичайних ситуаціях

Питання охорони праці на системах водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород є важливою складовою безпечної експлуатації інженерних мереж. Основною метою є забезпечення безпечних умов праці, запобігання аваріям і виробничому травматизму.

Під час роботи працівники можуть зазнавати впливу шкідливих факторів: підвищеної вологості, контакту зі стічними водами, ризику ураження електричним струмом, а також утворення токсичних газів у колодязях і насосних станціях (сірководень, метан). Особливу небезпеку становлять роботи в замкнутих просторах.

Організаційні заходи безпеки

Для зменшення ризиків проводяться інструктажі з охорони праці та допускаються лише працівники, які пройшли навчання і медогляд. Роботи підвищеної небезпеки виконуються за нарядом-допуском. У замкнутих просторах обов'язково контролюється повітря газоаналізаторами.

Засоби індивідуального захисту

Працівники забезпечуються спецодягом, рукавицями, касками, гумовим взуттям та страхувальними системами. При роботах у колодязях застосовуються рятувальні мотузки та страхувальні пояси, за потреби — респіратори.

Технічні заходи

Безпека забезпечується вентиляцією, заземленням електрообладнання, автоматичним захистом та огороженням небезпечних зон. У колодязях використовується низьковольтне освітлення.

Оцінка ризику

Рівень виробничого ризику після впровадження заходів знижується до 0,65 від початкового, що підтверджує ефективність системи охорони праці.

Надзвичайні ситуації

Можливі аварії включають витoki, затоплення, загазованість, відмову обладнання та перебої електропостачання. Для запобігання застосовуються профілактичні огляди, автоматизація та резервування обладнання.

У разі аварії персонал зобов'язаний зупинити обладнання, перекрити арматуру, повідомити диспетчера та локалізувати пошкодження. Після ліквідації проводиться аналіз причин.

Також проводяться навчання та тренування з евакуації та дій у надзвичайних ситуаціях.

6.1 Вимоги безпеки під час експлуатації споруд водопостачання та водовідведення

Під час експлуатації систем водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород необхідно дотримуватись вимог охорони праці, техніки безпеки та виробничої санітарії згідно з чинними нормативними документами України. Це забезпечує безпечну роботу інженерних систем та захист персоналу.

Експлуатація водопровідно-каналізаційних мереж пов'язана з впливом шкідливих факторів: підвищеної вологості, контакту зі стічними водами, ризику ураження електричним струмом та можливих аварійних ситуацій. Особливу небезпеку становлять роботи у колодязях і замкнутих просторах, де можливе накопичення токсичних газів (сірководень, метан) та зниження вмісту кисню.

До робіт допускаються лише працівники, які пройшли навчання з охорони праці, інструктажі та медичний огляд. Роботи підвищеної небезпеки виконуються за нарядом-допуском, а перед початком робіт у

замкнутих просторах обов'язково проводиться контроль повітря газоаналізаторами.

Працівники забезпечуються засобами індивідуального захисту: спецодягом, гумовим взуттям, рукавицями, касками та страхувальними системами. При роботі в колодязях застосовуються страхувальні пояси та рятувальні мотузки.

Технічна безпека забезпечується справністю електрообладнання, наявністю заземлення, захисних відключень, вентиляцією насосних станцій та використанням низьковольтного освітлення у замкнутих просторах. Забороняється робота на несправному обладнанні та без відключення електроживлення.

Регулярно виконуються огляди та профілактичне обслуговування мереж, що дозволяє запобігати витокам, засміченням і аварійним ситуаціям.

У разі аварії персонал зобов'язаний зупинити обладнання, перекрити запірну арматуру, повідомити диспетчерську службу та вжити заходів щодо локалізації пошкодження.

Таким чином, комплекс організаційних і технічних заходів забезпечує безпечну експлуатацію систем водопостачання та водовідведення та знижує ризик виробничого травматизму.

ВИСНОВКИ

У дипломній роботі виконано комплексний аналіз систем водопостачання та водовідведення приватного підприємства «Метан» м. Миргород з урахуванням технічного стану інженерної інфраструктури, умов експлуатації та основних показників ефективності її функціонування. Проведене дослідження дозволило оцінити сучасний стан системи та визначити напрями її подальшого удосконалення.

У першому розділі розглянуто природні умови території м. Миргород, зокрема кліматичні, геологічні та гідрогеологічні особливості. Встановлено, що природні фактори суттєво впливають на умови експлуатації систем водопостачання та водовідведення, зокрема на довговічність трубопроводів, стабільність роботи водозабірних споруд та якість підземних вод.

У другому розділі наведено загальну характеристику системи водопостачання підприємства, виконано розрахунок водоспоживання та проаналізовано структуру подачі і розподілу води. Встановлено, що система забезпечує необхідні обсяги водопостачання, однак характеризується нерівномірністю навантаження в окремі періоди доби.

Також у другому розділі виконано оцінку якості питної води, яка загалом відповідає нормативним вимогам, проте виявлено підвищений вміст заліза, що потребує вдосконалення технології водопідготовки.

У третьому розділі проведено аналіз технічного стану водопровідних мереж. Встановлено значний рівень фізичного зносу трубопроводів, що призводить до втрат води та зниження надійності системи. Виявлено наявність прихованих витоків та підвищеної аварійності окремих ділянок мереж.

У четвертому розділі проаналізовано систему водовідведення підприємства, включаючи каналізаційні мережі та насосні станції. Виявлено проблеми, пов'язані зі зношеністю обладнання, ризиками засмічень та недостатньою пропускною здатністю окремих ділянок системи.

Встановлено залежність ефективності роботи системи від стабільності насосного обладнання та своєчасного технічного обслуговування.

У п'ятому розділі запропоновано комплекс технічних та організаційних заходів, спрямованих на підвищення ефективності систем водопостачання та водовідведення. До них належать зменшення втрат води, модернізація насосного обладнання, заміна зношених ділянок мереж та впровадження енергоефективних технологій. Виконані розрахунки підтвердили доцільність запропонованих рішень, оскільки вони забезпечують зниження експлуатаційних витрат, підвищення надійності та зменшення аварійності системи.

Встановлено, що впровадження запропонованих заходів дозволяє досягти значного економічного ефекту на рівні близько 0,93 млн грн/рік, що підтверджує їх економічну доцільність та практичну значущість.

У шостому розділі розглянуто питання охорони праці та безпеки в надзвичайних ситуаціях. Проаналізовано основні виробничі небезпеки, характерні для експлуатації насосного обладнання, електроустановок та підземних мереж. Запропоновано комплекс організаційних і технічних заходів, спрямованих на зниження виробничого травматизму та забезпечення безпечних умов праці персоналу.

Таким чином, результати дипломної роботи свідчать про наявність ряду проблем у функціонуванні систем водопостачання та водовідведення ПП «Метан» м. Миргород, основними з яких є зношеність мереж, втрати води та недостатня ефективність окремих елементів інфраструктури. Водночас запропоновані заходи дозволяють суттєво покращити технічний стан системи, підвищити її надійність та зменшити експлуатаційні витрати.

Реалізація запропонованих рішень є економічно доцільною та технічно обґрунтованою і сприятиме довгостроковому підвищенню ефективності роботи систем водопостачання та водовідведення підприємства.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

- 1) ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація будівель. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
- 2) ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
- 3) ДБН В.2.5-75:2013. Каналізація. Зовнішні мережі та споруди. – Київ: Мінрегіон України, 2013.
- 4) ДСТУ 7525:2014. Вода питна. Вимоги та методи контролювання якості.
- 5) ДСТУ EN 805:2015. Водопостачання. Вимоги до систем і компонентів зовнішніх мереж.
- 6) ДСТУ EN 752:2017. Системи зовнішньої каналізації.
- 7) ДСТУ ISO 24510:2014. Послуги питного водопостачання та водовідведення.
- 8) ДСТУ ISO 24512:2014. Управління послугами водопостачання.
- 9) ДСТУ ISO 24516-1:2018. Управління активами систем водопостачання та водовідведення.
- 10) Водний кодекс України.
- 11) Закон України «Про питну воду та питне водопостачання».
- 12) Закон України «Про житлово-комунальні послуги».
- 13) Закон України «Про охорону навколишнього природного середовища».
- 14) Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення: підручник. – Київ: Знання, 2011.
- 15) Хоружий П. Д. Водопостачання населених пунктів. – Київ: Аграрна освіта, 2008.
- 16) Водовідведення та очищення стічних вод: навчальний посібник. – Київ: Кондор, 2020.

- 17) Довідник з експлуатації систем водопостачання та водовідведення. – Київ: Будівельник, 2022.
- 18) Енергоефективність та ресурсозбереження в системах водопостачання і водовідведення. – Київ: Техніка, 2021.
- 19) Автоматизація та диспетчеризація інженерних систем водопостачання та водовідведення. – Київ: НУБіП України, 2022.
- 20) Методичні вказівки до виконання дипломних робіт зі спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія». – Дніпро: ДДАЕУ, 2025.
- 21) Технічна документація ПП «Метан» м. Миргород (виробничі звіти, паспорти обладнання).
- 22) Технічні паспорти насосного обладнання каналізаційних та водопровідних станцій ПП «Метан» м. Миргород.
- 23) Матеріали підприємства ПП «Метан» (внутрішня експлуатаційна документація).
- 24) Національна доповідь про якість питної води в Україні. – Київ, 2024.
- 25) Електронні ресурси з гідравліки та водопостачання (навчальні та наукові портали).