

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

1 відступ (інтервал 1,5)

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

4 відступи (інтервал 1,5)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра


**на тему: «АНАЛІЗ ВПЛИВУ ЗОНУВАННЯ МЕРЕЖІ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ
ПОКАЗНИКИ ЇЇ РОБОТИ»**

3 відступи (інтервал 1,5)


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

СУЛІМА СВІТЛАНА ІВАНІВНА

1 відступ (інтервал 1,0)

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук  О. Г. Добровольська

1 відступ (інтервал 1,0)

Рецензент: професор кафедри промислового та цивільного будівництва, докт. техн. наук  В. А. Банах

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Кафедра _____ міського будівництва і архітектури _____
Рівень вищої освіти _____ магістр _____
Спеціальність _____ 192 Будівництво та цивільна інженерія _____
Освітньо-професійна програма _____ водопостачання та водовідведення _____

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____



« 03 » травня 2023 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

_____ Сулімі Світлані Іванівні _____

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Аналіз впливу зонування мережі на енергетичні показники її роботи

2. Строк подання роботи: 05.12.2023

3. Вихідні дані до роботи: Генплан населеного пункту (див. додаток), мета роботи, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Основні напрямки вдосконалення роботи систем подачі та розподілу води. 1.1 Загальна характеристика систем подачі та розподілу води. 1.2 Характеристика сучасного стану систем водопостачання. 1.3 Загальна характеристика однозонних систем водопостачання. 1.4 Загальна характеристика зонних систем водопостачання. 2 Характеристика об'єктів дослідження 2.1 Визначення розрахункового добового водоспоживання населених пунктів. 2.2 Визначення водоспоживання промисловими підприємствами. 3 Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж. 3.1 Розрахунок однозонної мережі населеного пункту №1. 3.2 Розрахунок двозонної мережі населеного пункту №1. Розрахунок однозонної мережі населеного пункту №2. 3.4 Розробка двозонної мережі населеного пункту №2. 3.5 Характеристика напорів досліджуваних варіантів. 3.6 Визначення основних розрахункових параметрів насосів. 3.7 Витрати електроенергії в водопровідних мережах. Висновки.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1. Генплан населеного пункту 1. Схеми однозонної та двозонної водопровідної мережі. 2. Генплан населеного пункту 2. Схеми однозонної та двозонної водопровідної мережі. 3. П'єзометричні лінії та карти однозонної водопровідної мережі населеного пункту 1. 4. П'єзометричні лінії та карти двозонної водопровідної мережі населеного пункту 1 для першої зони. 5. П'єзометричні лінії та карти двозонної водопровідної мережі населеного пункту 1 для другої зони. 6. П'єзометричні лінії та карти однозонної водопровідної мережі населеного пункту 2. 7. П'єзометричні лінії та карти двозонної водопровідної мережі населеного пункту 2 для першої зони. 8. П'єзометричні лінії та карти двозонної водопровідної мережі населеного пункту 2 для другої зони. 9. Діаграма напорів в мережі для населеного пункту 1. Таблиця витрат енергії.
6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Добровольська О.Г., к.т.н., доцент		
2	Добровольська О.Г., к.т.н., доцент		
3	Добровольська О.Г., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Примітка
№	Вид роботи		
1	Розділ 1. Аналіз особливостей роботи централізованих та зонованих систем транспортування води.	10.10.23	
2	2. Вихідні дані об'єктів дослідження. Листи 1.	15.10.23	
3	3.1 Розрахунок та аналіз роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі населеного пункту 1. Листи 3, 4.	10.11.23	
4	3.2 Розрахунок та аналіз роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі населеного пункту 2. Листи 5, 6.	15.11.23	
5	Розділ 4. Аналіз отриманих результатів та техніко-економічне обґрунтування зонування мереж транспортування води. Лист 7, 8.	26.11.23	
6	Презентація, підготовка доповіді. Попередній захист.	11.12.23	

Студент С.І. Суліма
 (підпис) (ініціали та прізвище)

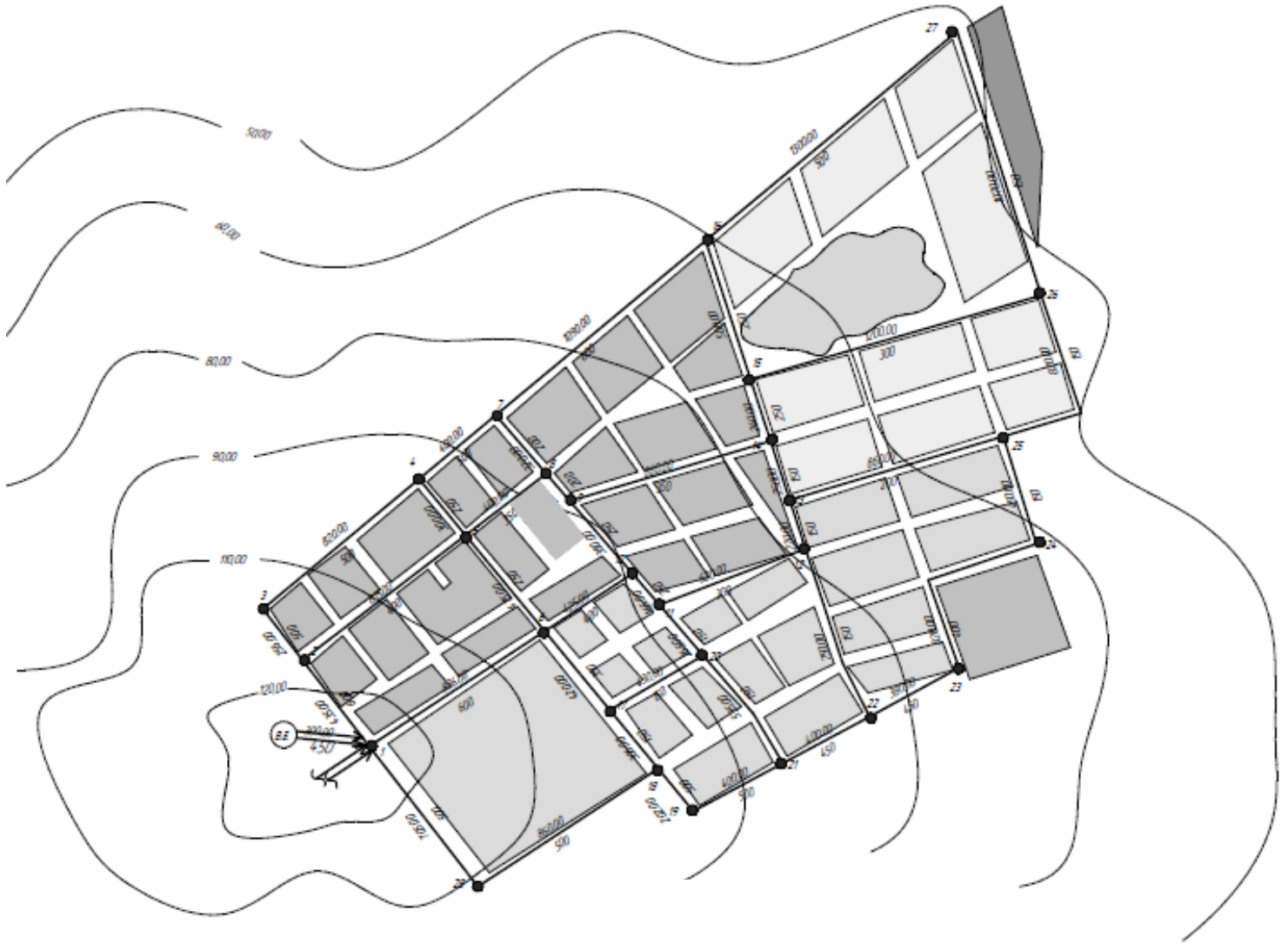
Керівник роботи О.Г. Добровольська
 (підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____
 (підпис)

І.В. Гребенюк
 (ініціали та прізвище)

Генплан М 1:10000



Житлові будинки: кількість поверхів – 5, 6, 8, обладнані внутрішнім водопроводом та каналізацією з централізованим гарячим водопостачанням. Загальна кількість населення – 130 тис. чол.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра: Аналіз впливу зонування мережі на енергетичні показники її роботи: 86 с., 25 табл., 31 джерел, 6 додатків.

НАПР, МЕРЕЖА, РЕЛЬЄФ, НАДЛИШКОВИЙ ТИСК, НЕВИГІДНА ТОЧКА, ВИТРАТИ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ.

Мета роботи – дослідження гідравлічних та енергетичних параметрів водопровідної мережі в умовах її зонування.

Об'єкт дослідження – водопровідна мережа міста продуктивністю 65000 м³/добу.

Предмет дослідження – гідравлічні та енергетичні показники роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі.

В роботі досліджуються технологічні та енергетичні показники водопровідної мережі з урахуванням її зонування для населених пунктів з різною конфігурацією території та рельєфом місцевості.

ABSTRACT

Master's qualification work: Analysis of the influence of network zoning on the energy indicators of its work: 86 pp., 25 tables, 31 sources, 6 appendices.

PRESSURE, NETWORK, TERRAIN, EXCESSIVE PRESSURE, DISADVANTAGED POINT, ELECTRICITY CONSUMPTION.

The purpose of the work is to study the hydraulic and energy parameters of the water supply network under the conditions of its zoning.

The object of the study is the city's water supply network with a capacity of 65,000 m³/day.

The subject of the study is the hydraulic and energy performance indicators of the centralized and zoned water supply network.

The paper examines the technological and energy indicators of the water supply network, taking into account its zoning for settlements with different territory configurations and topography.

ЗМІСТ

Анотація.....	
Abstract.....	
Вступ	
РОЗДІЛ 1 ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ.....	
1.1 Загальна характеристика систем подачі та розподілу води.....	
1.2 Характеристика сучасного стану систем водопостачання.....	
1.3 Загальна характеристика однозонних систем водопостачання.....	
1.4 Загальна характеристика зонних систем водопостачання.....	
1.5 Складова енергетичних витрат в системах водопостачання....	
РОЗДІЛ 2 ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ`ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ.....	
2.1 Визначення розрахункового добового водоспоживання населених пунктів.....	
2.2 Визначення водоспоживання промисловими підприємствами	
РОЗДІЛ 3 ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ.....	
3.1 Розрахунок однозонної мережі населеного пункту 1.....	
3.1.1 Режим водоспоживання населеного пункту 1.....	
3.1.2 Гідравлічний розрахунок однозонної водопровідної мережі	
3.1.3 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі	
3.1.4 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі.....	
3.2 Розрахунок двозонної мережі населеного пункту №1.....	
3.2.1 Розрахунки водопровідної мережі першої зони.....	
3.2.2 Розрахунки водопровідної мережі другої зони.....	
3.3 Розрахунок однозонної мережі населеного пункту №2.....	
3.3.1 Гідравлічний розрахунок однозонної водопровідної мережі	
3.4 Розробка двозонної мережі населеного пункту 2.....	

3.4.1	Гідравлічний розрахунок першої зони водопровідної мережі	
3.4.2	Гідравлічний розрахунок другої зони водопровідної мережі	
3.5	Характеристика напорів досліджуваних варіантів.....	
3.6	Визначення основних розрахункових параметрів насосів	
3.6.1	Розрахунок насосів однозонної водопровідної мережі.....	
3.6.2	Розрахунок насосів двозонної водопровідної мережі	
3.7	Витрати електроенергії в водопровідних мережах.....	
3.7.1	Розрахунок потреб електроенергії однозонної мережі.....	
3.7.2	Розрахунок потреб електроенергії двозонної мережі.....	
	Висновки	
	Перелік посилань.....	
	Додаток А.....	
	Додаток Б.....	
	Додаток В.....	
	Додаток Г.....	
	Додаток Ж.....	
	Додаток З.....	

ВСТУП

Актуальність роботи. Водопровідні мережі являються важливим та найдорожчим елементом системи водопостачання. Робота цих систем в першу чергу залежить від джерела водопостачання, основних користувачів та режимів роботи системи. При цьому, вони зазвичай обслуговують великі території, транспортують воду на великі відстані, що ускладнює експлуатацію через нерівномірність якості обслуговування споживачів. Порушення у роботі водопровідної мережі зазвичай призводять до перебоїв у водопостачанні або призводять до повного припинення подачі води. І тому, її робота повинна бути дуже добре вивчена та досліджена. На сьогодні дуже мало досліджень і розрахунків проводиться в області побудови та аналізу гідравлічної характеристики мережі. Система повинна бути побудованою так, щоб будь-які випадкові події не спричинили недопустимих порушень нормального водозабезпечення.

Метою роботи є теоретичне дослідження роботи системи розподілу та подачі води з виконанням аналізу та порівняння роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі населених пунктів з різною конфігурацією території та рельєфом місцевості.

Відповідно до мети роботи сформульовані наступні **завдання** дослідження:

- виконати аналіз та систематизацію літературних даних про стан водопровідних мереж сучасних населених пунктів;
- визначити фактори, які впливають на формування надлишкових тисків у водопровідній мережі;
- визначити фактори, які впливають на енергетичні показники системи подачі та розподілу води;
- виконати гідравлічні розрахунки водопровідних мереж;
- виконати дослідження та аналіз системи гідравлічних показників роботи водопровідних мереж;

- для візуалізації результатів та порівняння показників побудувати п'єзометричні графіки;
- виконати порівняльний аналіз показників роботи мереж з метою визначення рекомендацій щодо стабілізації тисків мережі;
- визначити розрахункові витрати електроенергії;
- з метою інтенсифікації роботи системи надати рекомендації для досягнення максимальних показників економічності системи.

Об'єкт дослідження – водопровідна мережа міста.

Предмет дослідження – гідравлічні показники роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі.

Методи досліджень – методи математичного моделювання та методи гідравлічних розрахунків.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволяють розробити заходи з інтенсифікації роботи чинних водопровідних мереж для забезпечення економічності та оптимізації функціонування систем подачі та розподілу води. Побудовані та проаналізовані п'єзометричні лінії. Сформульовані рекомендації щодо методики проведення гідравлічних розрахунків водопровідних мереж. Виконані розрахунки витрат електроенергії.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» [1], що проходила 17-22 квітня 2023 року, III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» [2], яка проходила 17-20 жовтня 2023 року, м. Запоріжжя.

1.Добровольська О.Г., Суліма С.І. *Молода наука-2023*: тези доповідей XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених (Запоріжжя, 17-22 квітня 2023). Запоріжжя :ЗНУ, 2023. С. 177-179.

Добровольська О.Г., Суліма С.І. Аналіз ефективності експлуатації мережі транспортування води за енергетичними показниками її роботи. *Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України: тези доповідей III Всеукраїнської науково-практичної конференції за участю молодих науковців (Запоріжжя, 17-20 жовтня 2023).* Запоріжжя :ЗНУ, 2023.

РОЗДІЛ 1

ОСНОВНІ НАПРЯМКИ ВДОСКОНАЛЕННЯ РОБОТИ СИСТЕМ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ

1.1 Загальна характеристика систем подачі та розподілу води

Підвищення благоустрою сучасних населених пунктів суттєво залежить від складу та надійності роботи інженерних об'єктів, які насамперед визначають комфортне життя мешканців, а саме, систем водопостачання та водовідведення.

Системи і споруди водопостачання та водовідведення є невід'ємною частиною критичної інфраструктури і безпосередньо пов'язані з системами життєзабезпечення великих та середніх населених пунктів, міст та селищ, а також з екологічним станом водних об'єктів та водою.

Водопостачання – самостійна галузь водозабезпечення. Режимми та об'єми водоспоживання являються основою для проектування та експлуатації об'єктів водопостачання. Теорія водокористування розглядається як безперервний процес подачі та розподілу води від її очистки до транспортування.

До основних проблем інженерних об'єктів науковці відносять: зношеність основних фондів систем водопостачання, великі об'єми води, що споживаються користувачами, надмірні витрати енергії, низька ефективність роботи споруд та процесів очистки води.

Прогнозування водопостачання міст повинно ґрунтуватися на науковому підході до основних параметрів, які впливають на водопостачання. Спеціалісти, які здійснюють водозабезпечення міст, повинні мати чіткі методики оцінки витоків води для складання діючої програми водо та енергозбереження. Втрати води в системах водопостачання при її транспортуванні користувачам є однією з причин незадовільного водозабезпечення населення.

Особливою рисою систем водопостачання являється необхідність їх періодичної реконструкції, модернізації та вдосконалення, що пов'язано з довготривалістю та безперервністю дії таких систем.

Будь яка система водопостачання міста повинна забезпечувати якісною водою всіх користувачів і, особливо, населення. При цьому її робота повинна бути надійною, економічною і ефективною [1, 2, 3].

Ці вимоги наперед за усе стосуються до найбільш вартісної, масштабної та технологічно складної частини системи водопостачання міста – комплексу гідравлічно взаємодіючих споруд в складі водопровідних мереж. [4, 5]

Водопровідна мережа призначена для розподілу води між окремими споживачами та є одним з елементів загальної системи водоспоживання міста, і тісно пов'язана з іншими складовими, зміни в режимі роботи мережі впливає на функціонування інших елементів. Як технологічна структура вона характеризується конструктивною складністю, динамічним станом і недосконалістю роботи, навіть для невеликих об'єктів – це сотні кілометрів водоводів, водопровідних труб із різних матеріалів з різними діаметрами. [6]

Дієздатність цих систем поперед за усе визначається ступенем забезпечення споживачів водою без недопустимого зниження встановлених показників роботи по відношенню до кількості та якості води. Склад системи в першу чергу залежить від джерела водопостачання, основних користувачів, режимів роботи.

Система подачі та розподілу води населеного пункту повинна задовольняти наступним вимогам: забезпечувати подачу необхідної витрати та напору води в усі вузли мережі; безперебійність та надійність роботи; необхідні робочі параметри при мінімальних капітальних та поточних витратах.

Складність роботи цієї системи поперед усе пов'язана із необхідністю сумісної роботи всіх елементів в складних умовах

експлуатації, під впливом різноманітних зовнішніх та внутрішніх факторів. Від ступеню їх надійності та довговічності залежить рівень комфорту людей, робота підприємств, стан навколишнього середовища.

Розміри та потужності окремих елементів системи водопостачання визначаються в залежності від навантаження основних елементів. Але поперед усе, інженерні споруди повинні задовольняти потребам саме того об'єкту, для якого вони проектуються. Одним із найвідповідальніших елементів комплексу інженерних споруд вважається система подачі та розподілу води, бо саме її робота тісно пов'язана із потребами користувачів. В комплекс споруд для розподілу води зазвичай входять: насосна станція, яка подає воду в мережу, водоводи, які з'єднують насосну станцію з мережею, регулюючі ємності на мережі - башти або резервуари. [7]

Головним завданням системи є подача чистої питної води населенню в необхідній кількості і з необхідним тиском. Основою для визначення навантаження на систему водопостачання є необхідна кількість води, режим її використання з мережі, необхідні напори. Кожний населений пункт представляє собою комплекс різних категорій користувачів води і визначається їх потребами. Забезпечення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж можливе тільки у взаємодії з іншими спорудами: водоводами, напірно-регулювальними спорудами (резервуарами чистої води, водонапірними баштами) та насосними станціями, що живлять водопровідну мережу. [8]

Необхідний рівень функціонування водопровідної мережі забезпечується за рахунок: структурної, конструктивної та технологічної надійності роботи. Структурна надійність водопровідної мережі визначається її конфігурацією. На вибір схеми розподілу води впливають топографічні умови території населеного пункту і продуктивність водопроводу.

В процесі проектування для розрахунку мережі необхідно раціонально призначити потоки води по лініям мережі, визначити економічно вигідні діаметри труб ліній мережі, тобто діаметри, при яких величина приведених витрат по системі подачі води найменша. У самому загальному вигляді задача проектування та розрахунку мережі складається з створення такої мережі, яка повністю забезпечує можливість отримання необхідних відборів та тиску в її вузлах, має найкращі економічні показники та забезпечує надійність подачі води.

Техніко-економічні показники мереж поперед усе залежать від раціональності трасування. Тому, при проектуванні водопровідної мережі, враховується рельєф місцевості, наявність перешкод для прокладання труб, характер планування міста, розмір та форма житлових кварталів, розміщення промислових підприємств, віддаленість об'єкта від джерела водопостачання.

Забезпечити всіх споживачів можливо в тому випадкові, якщо вода буде подаватися з потрібним напором, який залежить від конструкції мережі, рельєфу місцевості та геометричної висоти розміщення точок відбору над поверхнею землі. Питання гідравлічних розрахунків водопровідних мереж досліджувалися ще на початку 30-х рр. ХХ століття. Фундатори в галузі водопостачання – В.Г. Лобачов, М.М. Андріяшев, М.М. Абрамов, Л.Ф. Мошнін, Ф.О. Шевельов, О.О. Білан, Х. Кросс та інші [9] – практично повністю розв'язали проблему створення теоретичних методів саме гідравлічних розрахунків водопровідних мереж для систем водопостачання населених пунктів і промислових об'єктів. В усіх вузлах мережі створити необхідні напори неможливо, тому достатньо якщо необхідний вільний напір забезпечується лише в самій невідповідній точці, в той час як в усіх інших фактичний вільний напір перевищує необхідний: $H_v > H_n$. Невідповідними вузлами зазвичай є максимально віддалені від точки подачі води в мережу або найбільш високо розташовані.

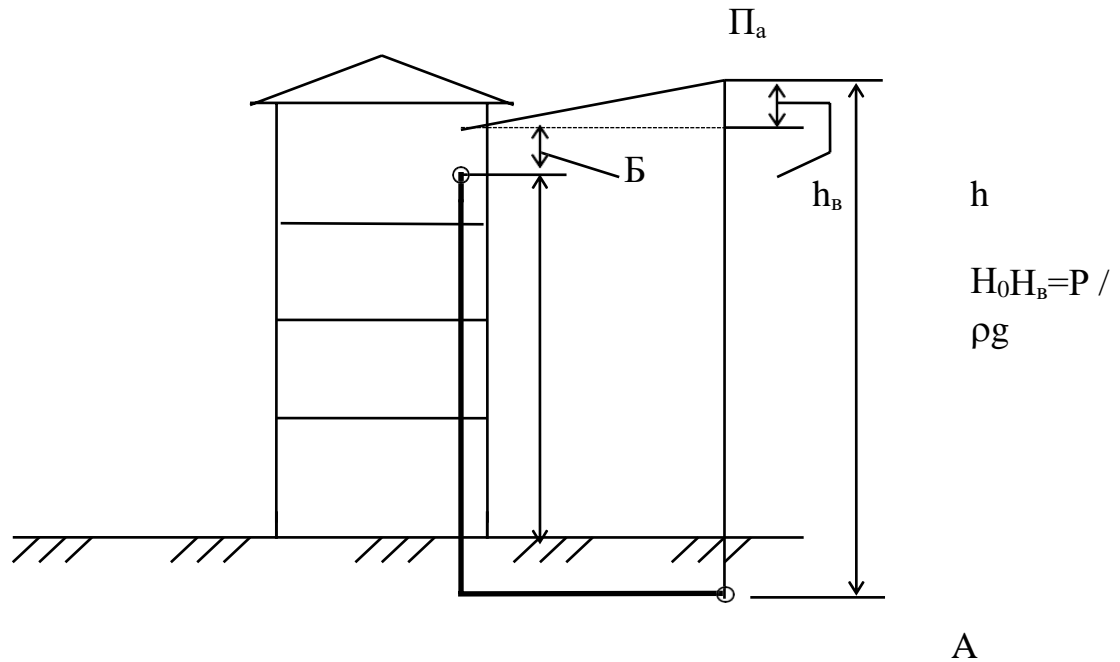


Рисунок 1.1 – Схема подачі води в будинок

Для підйому до точки відбору Б напір в точці А повинен забезпечити підйом води на задану висоту, на вилів та втрати напору на шляху від т. А до т. Б.

Водопровід – це складна система, яка має ряд специфічних особливостей, які суттєво впливають на її експлуатаційні показники.

Одним з найбільш впливових факторів, який пов'язаний з аварійністю мереж і величиною витоків води є напір води [10]. Саме від тиску в мережі залежить комфортність гігієнічних процедур, можливість використання побутових приладів. Також, від рівня тиску в мережі залежить і термін служби системи і її продуктивність. Недостатній тиск не влаштовує споживачів, а надлишковий – пов'язаний з негативними наслідками для самої системи водопостачання.

Важливим критерієм оптимізації керування системою водопостачання є зменшення надлишкових напорів в мережі. Багато досліджень роботи системи водопостачання довели, що надлишкові

напори в мережі пов'язані із значними втратами води. Втрати води в водопровідних мережах поділяються на наступні категорії:

- витоки води во внутрішньодомових мережах;
- витоки по всій водопровідній мережі;
- витоки при ремонтних роботах;
- втрати води при промивці та санітарній обробці після ремонтних робіт;
- промивка каналізаційних мереж;
- випробування пожежних гідрантів.
- хлорування водопроводів,
- промивка резервуарів чистої води. [11]

Сутність економії води і скорочення витоків зводяться до зменшення витрати питної води в процесі її подачі та розподілу.

Мінімальний необхідний напір визначається:

$$H_n = H_0 + h + h \quad (1.1)$$

де H_0 — геометрична висота підйому над віссю трубопроводу водорозбору, м;

h — сумарні втрати напору в трубопроводі від т.А до т.Б, м;

h_v — вільний напір, необхідний для виливу, м.

З іншого боку, максимально допустимі напори в водопровідних мережах нормуються.

Наприклад, в Італії вони складають 61,2 м.вод.ст., у Великобританії, Ірландії – 30, в Нідерландах – 20 [5]. На Україні у відповідності з п. 6.3.3 [1] вільний напір у зовнішній мережі питного водопроводу у споживачів не повинен перевищувати 45 м (раніше ця величина складала 60 м.вод.ст.) [3]. Ці вимоги залежать від матеріалу і типу трубопроводів, та умов експлуатації мережі. Дотримання нормативів величини напорів значно

зменшують аварійність трубопроводів, кількість витіки та нераціональні відбори води.

При невиконанні умови (45м) для окремих будівель або районів слід передбачати заходи, а саме установку регуляторів тиску або виконувати зонування системи водопостачання.

1.2 Характеристика сучасного стану систем водопостачання

Дослідження ряду авторів [12] доводять, що функціонування системи в сучасних умовах мають ряд характерних особливостей, пов'язаних зі змінами параметрів і потребують детального аналізу для вирішення питань вдосконалення. Проблема підвищення надійності функціонування систем водопостачання є актуальною і сьогодні. Існуючі методи підвищення надійності її роботи можливо вирішити наступними методами:

- структурними, які забезпечують оптимізацію структури водопровідної мережі;
- технічними: зонуванням та установкою регуляторів тиску, прокладкою додаткових мереж. [13]

Насамперед системи водопостачання є великими споживачами енергії і істотно впливають на загальноміське енергетичне споживання. Однак важливість системи водопостачання для життєдіяльності міста потребує особливої уваги міської влади до надійності її енергоживлення, тому кожному систему водопостачання необхідно оптимізувати по споживанню електричної енергії.

Особливо сьогодні, в умовах воєнного життя міст, коли збройна агресія росії створила нові виклики в роботі критичної інфраструктури. І стратегічне значення в цьому випадку мають заходи, які дозволяють знизити навантаження на енергетичну систему країни, запобігти створенням аварійних ситуацій, та забезпечити безперебійну роботу систем.

Проблема раціонального використання енергії є актуальною для всієї країни в цілому, особливо, коли обмежені власні джерела енергоносіїв [14].

Зрозумілим є той факт, що найбільшого ефекту економії енергетичних ресурсів в системі водопостачання можливо досягти зменшив витрати енергії насосними двигунами.

Для цього у всіх елементах системи в першу чергу треба ліквідувати надлишкові напори, по-друге, необхідно проаналізувати вплив невігідних точок в окремих елементах на необхідні напори на вході в них, по-третє, зробити необхідне зонування і ввести місцеві підкачування, які дозволяють зменшити необхідні напори, по-четверте, використовувати устаткування з більш високим ККД [15].

Дійсні напори в мережі зазвичай відрізняються від необхідних, які визначаються поверховістю забудови. Різниця між цими напорами і створює надлишкові тиски в мережі, які призводять не тільки до перевитрат енергії на підйом та подачу води, але і до втрат на витоки з міської мережі та збільшення аварійних ситуацій.

Статистичні дані свідчать, що при подачі води нераціональні витрати електроенергії становлять до 30% і більше від всього обсягу води, який використовується водопровідно-каналізаційним господарством країни, що пов'язано з недосконалістю СПРВ, неефективною роботою встановленого насосного обладнання та значними витоками і втратами води (іноді до 50%) [7].

Досить високими показниками питомого енергоспоживання: значення цього показника змінюється в межах від 0,124 кВт-год/м³ (м. Павлоград) до 1,228 кВт-год/м³ (м. Славута). Як правило, найнижчі значення цього показника характерні для систем, які не мають власних водозаборів і змушені купувати питну воду (Іллічівськ – 0,168 кВт-год/м³, Павлоград – 0,124 кВт-год/м³, Лозова – 0,516 кВт-год/м³). Проте, порівнювати між собою показники питомого енергоспоживання для різних

підприємств неможливо, оскільки їх значення залежать від конкретних умов і схем водопостачання.

Зокрема: тип джерела водопостачання, віддаленість джерела водопостачання від міста, перепад висот на території міста, висотність забудови та протяжність мереж [17].

Першочергове уваги потребують проблеми, пов'язані недостатньою ефективністю роботи споруд, фізичним і моральним їх спрацюванням, високою аварійністю системи, значними енергозатратами на подачу води споживачам та зростанням собівартості. Враховуючи спрацюваність основних фондів на більшості комунальних підприємств, особливо стан водопровідних мереж, очевидно, що таке становище призводить до суттєвих втрат води через витіки та зростання числа аварійних ситуацій. В результаті цього в Україні питомі витрати електроенергії на подачу води споживачам мають значно вищі показники, ніж в інших країнах Європи, а тому системи водопостачання вимагають реконструкції та забезпечення енергоощадних режимів роботи, оскільки одну з найвагоміших часток при формуванні собівартості води, як правило, становлять саме витрати за споживану електроенергію, насамперед, внаслідок роботи насосних агрегатів [18].

В системах водопостачання сама велика частина витрат припадає на витрату енергії, яка пов'язана з транспортуванням води.

Подальша модернізація господарського комплексу України, впровадження енергоефективних та енергозберігаючих технологій є нагальною потребою нашої країни у зв'язку з підвищенням рівня конкуренції на світовому ринку, поглибленням світової економічної кризи. Особливо актуальним питанням, з огляду на структуру забезпечення країни первинними енергоносіями, є зменшення енергоємності технологічних процесів, скорочення обсягів споживання енергоресурсів [19].

За результатами узагальнення інформації, представленої у Національній доповіді про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 було відзначено стосовно систем централізованого водопостачання, що загальні показники по Україні, без урахування даних по 4 областям (Донецька, Запорізька, Луганська, Херсонська) та АР Крим, протягом 2022 року були такими: піднято 1 545,5 млн м³ води, з яких очищено – 1 109,21 млн м³ або 71,8 % до обсягу піднятої води, подано споживачам – 1 385,29 млн м³ або 89,6 %, знезаражено – 1 322,46 млн м³ або 85,6 %. Втрати та витрати води складають 505,27 млн м³ або 32,7 %. Порівняно з попереднім роком обсяги піднятої води знизились. Рівень втрат та витрат води зріс – з 30,7 % до 32,7 % [20].

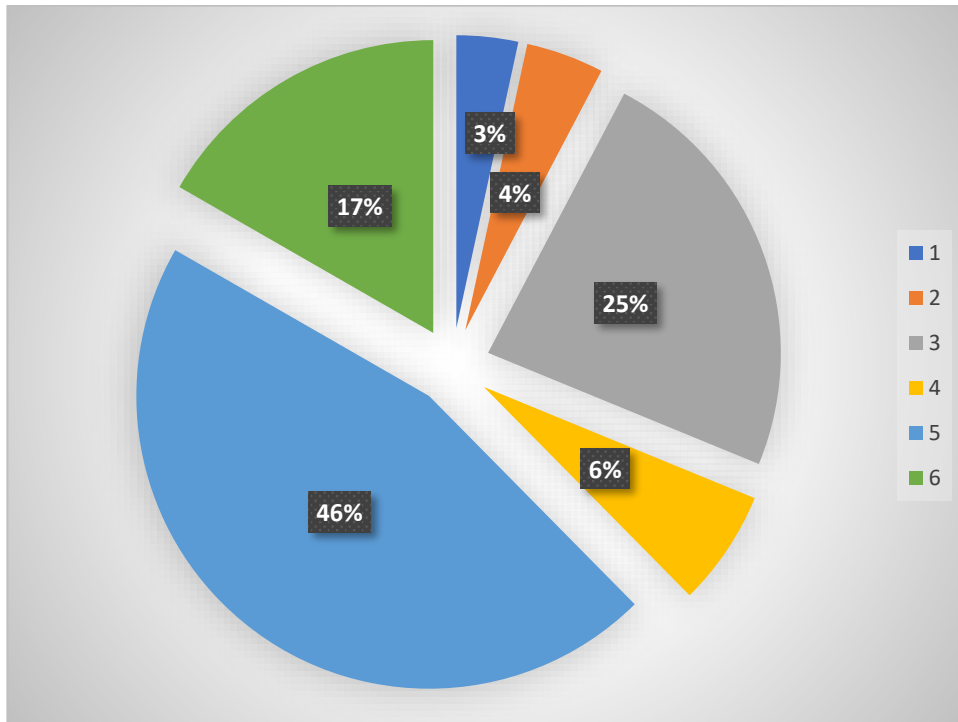
Визначені проблеми є важливим фактором, який впливає роботу комунального господарства в цілому. Аналіз сучасних напрямків розвитку енергоефективних технологій свідчить, що розробки в даному напрямку проводяться і впроваджуються. Але і досі, рівень витрат електроенергії в галузі комунального господарства значно перевищує потрібний.

Вартість спожитої електроенергії становить значну частину експлуатаційних витрат на підприємствах водопостачання, тому заходи, щодо зменшення енергоспоживання є актуальною проблемою сьогодення.

Для розвитку підприємств питного водопостачання та централізованого водовідведення рекомендовано:

1. Впровадження енергоефективних заходів для модернізації підприємств питного водопостачання та централізованого водовідведення.
2. Залучення інвестицій для модернізації водопровідних споруд та очисних споруд систем централізованого водовідведення.
3. Зниження рівня втрат та витрат питної води [20].

Наприклад, в Харкові вартість транспортування води користувачу складає майже половину собівартості.



- 1- реалізація води
- 2- інші витрати
- 3- підйом води
- 4- система очистки води
- 5- транспортування води
- 6- локальні підвищуючі насосні станції

Рисунок 1.2 Структура собівартості води

Основні складові витрати енергії:

$$E = E_G + E_T + E_H, \quad (1.2)$$

де E_G – енергія, необхідна для підйому води споживачу на необхідну висоту;

E_T – енергія, необхідна на подолання гідравлічного опору в трубопроводах;

E_H – надлишкова енергія, що витрачається на створення надлишкових напорів у мережі.

Раціональність використання енергії оцінюється:

$$\varphi = \frac{E_G + E_T}{E} = 1 - \frac{E_H}{E} \quad (1.3)$$

Ефективність використання енергії можливо підвищити за рахунок зменшення величини надлишкової енергії. Це досягається зонуванням централізованої системи, збільшенням кількості місцевих підкачувань, або зниженням витрати енергії на тертя, використовуючи азбестоцементні чи пластмасові труби (Барселона (30% а/ц), Лісабон (41,5% а/ц), Денвер, Варшава (4% ПВХ)) [22].

Зонування водопровідних мереж є популярним у багатьох містах. Наприклад водогінна мережа м. Парижа розділена на три зони: нижню, що охоплює центральну частину міста; середню, та включає периферійні райони. Система включає 7 запасних-регулюючих резервуарів і 6 насосних станцій. Мережа м. Мюнхена (Німеччина) розділена на три зони: нижню, середню і верхню, у кожній з яких підтримується тиск 0,45...0,5МПа. Мережа м. Стокгольма (Швеція) розділена на дві зони, у яких підтримується напір 0,3...0,5 МПа. Система подачі і розподілу води м. Кіото (Японія) розділена на 4 висотні зони, включає 47 водонапірних башт і 28 насосних станцій підкачування.

Зонування може бути здійснене як по «послідовній» так і по «паралельній» схемі. Кожна з розглянутих систем зонування має свої переваги і недоліки. Недоліком системи послідовного зонування є необхідність додаткової насосної станції (для кожної окремої зони), це пов'язане із збільшенням витрат на будівництво і експлуатацію та менша надійність цих систем. До недоліків систем паралельного зонування відноситься збільшення будівельної вартості водоводів (за рахунок збільшення їх сумарної довжини). Взагалі, будівельна вартість зонованої системи завжди більша незонованої.

Очевидно, що застосування зонування для підвищення економічності системи може мати сенс тільки в тому випадку, якщо при зонуванні, підвищення будівельної вартості системи, кошторису утримання персоналу декількох станцій не перевищує економії, що досягається завдяки зменшенню витрат на енергію [21].

Останні дослідження технічного стану систем водопостачання свідчать, що до основних причин втрат води слід віднести: відсутність зонування розподільчої мережі по оптимальних тисках, що зумовлює надлишкові тиски на вводах до будинків, відсутність мікрозонування та інші фактори [16].

Система подачі і розподілу води м. Кіото (Японія) розділена на 4 висотні зони: м. Мюнхен (Німеччина) розділена на три зони: нижню, середню і верхню, у кожній з яких підтримується свій тиск: 0,45...0...0,5 МПа.

1.3 Загальна характеристика однозонних систем водопостачання

Органічним недоліком однозонної системи являється те, що напір насосів в ній визначається необхідним напором в невідповідній точці, яка, як правило, сама найвіддаленіша і високо розташована. В такому випадкові для інших точок напори забезпечуються автоматично, що призводить до створення у вузлах мережі надлишкових тисків.

Значне перевищення тиску, загальний стан мереж та зношеність водорозбірної арматури, часто стають причиною невиробничих втрат води у мережі, що в свою чергу впливає на якість та вартість послуг централізованого водопостачання.

Дослідження [21] показали, що тиск в мережі — головний фактор втрат води.

При тиску 0,4 МПа (8-поверховий будинок) на початку експлуатації

корисний водовідбір складає 56%, невиробничі витрати від недосконалості арматури — 15%, витрати від надлишкового тиску — 22%, витоки води — 7% від загального водоспоживання. При зростанні тиску до 0,6 МПа ці складові водоспоживання зростають відповідно до — 49, 13, 28 та 11%. Тому в деяких випадках, наприклад при певних місцевих топографічних умовах однозонну систему водопостачання доцільно розподіляти на самостійні мережі з окремим живленням.

Зонування системи подачі та розподілу питної води може використовуватись у випадках значних надлишкових напорів у деяких районах мереж. Але найчастіше за все, зонування є необхідним при значних коливаннях рельєфу місцевості та різних вимогах до напорів у різних користувачів. В будь - якому випадкові виконання зонування дає можливість зменшити кількість енергії, що витрачається на підйом води.



Примітка: цифри на рисунку показують відсоткове співвідношення втрат води в залежності від нижченаведених причин. криві 1, 3, 5 — відповідно перший, третій та п'ятий роки експлуатації мереж

Рисунок 1.3 — Динаміка зміни водоспоживання в залежності від тиску в мережі та строку експлуатації

1.4 Загальна характеристика зонних систем водопостачання

Водопровідні мережі розділені на окремі групи називають зонними. Кожна з них має самостійну мережу, окремі насоси і напірно-регулюючі ємності. Зонування водопроводу може бути викликано як технічними, так і економічними міркуваннями. При проектуванні мереж слід звернути увагу, що зонування системи водопостачання не тільки зменшує витрати на електроенергію, але і призводить до збільшення будівельної вартості об'єкту. Використання зонування рекомендовано тільки у тому випадку, якщо економія поточних витрат (в основному на транспортування води) перевищує вартість побудови зонованої системи водопостачання. Тому, для визначення остаточного рішення необхідно попереднє проведення економічного порівняння варіантів по всім елементам системи: насосні станції, групи насосів, магістральні мережі, регулюючі ємності [22].

З чисто технічних міркувань необхідність зонування і число зон приймають виходячи з вимог не перевищувати розрахунковий напір, що допускається технічними умовами експлуатації водопроводу. Зонування застосовується як в міських, так і в промислових водопроводах; як фактор зниження неприпустимо високих напорів, витрат електроенергії на підйом води та витоків.

В залежності від того, як буде транспортуватися вода до кожної зони зоні водопроводи проектують за послідовною або паралельною схемами.

При послідовній схемі зони мережі поєднуються послідовно, а межа між ними визначається значенням максимально допустимого напору в мережі, що відповідно до п. 6.3.3 [1] дорівнює 45 м. Напір в іншій зоні теж повинен не виходити за межі припустимого.

Вода подається в мережу з витратою, що забезпечує повні потреби населеного пункту і під тиском, розрахованим на підйом води до початку другої зони. На межі зон встановлюється насосна станція другого підйому,

що обслуговує другу частину мережі. Насоси відбирають воду з регулюючої ємності або безпосередньо з мережі першої зони і подають її в водопровід другої. Вода, необхідна для обслуговування другої зони, транзитом рухається через мережу першої.

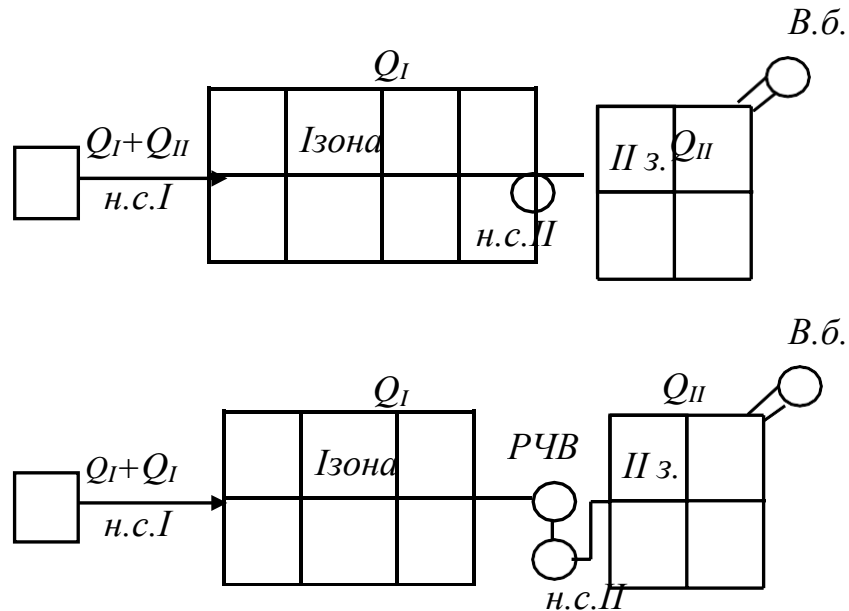


Рисунок 1.4 – Схеми послідовного зонування водопровідної мережі населеного пункту [23]

При паралельному зонуванні кожна з зон мережі обслуговується окремою групою насосів, які розташовуються в одній насосній станції. Розрахунки кожної зони проводяться як для окремого об'єкту.

В цьому випадкові забезпечується паралельне функціонування двох гідравлічно автономних мереж водопостачання. Водоводи, що підводять воду до другої зони знову, як правило прокладаються через територію першої зони мережі водопостачання. За рахунок зонування напір в зонах зменшується, хоча тиск в водоводах може залишитися незмінним.

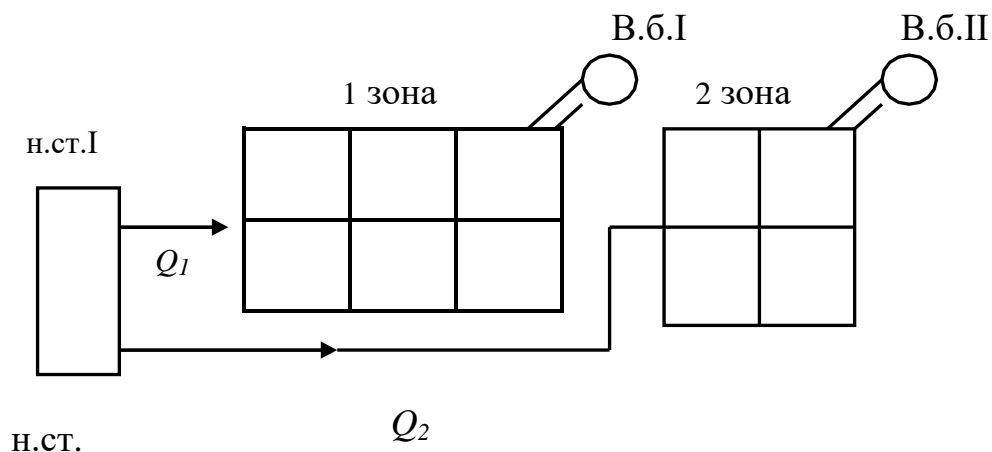


Рисунок 1.5 – Схема паралельного зонування водопровідної мережі населеного пункту [24]

В будь якому випадкові кожна з розглянутих систем має свої переваги і недоліки.

До недоліків послідовного зонування слід віднести необхідність будівництва додаткової окремої насосної станції (для кожної додаткової зони), а це насамперед пов'язане з підвищенням будівельних та експлуатаційних витрат. При послідовному зонуванні зменшується і надійність системи, так як має місце через першу зону всієї витрати води для обслуговування другої. Має ряд недоліків і паралельна схема: збільшення вартості водоводів за рахунок збільшення їх протяжності [24].

В будь якому випадкові, рішення про необхідність зонування водопровідної системи приймається на підставі техніко-економічного обґрунтування варіантів. Вибір типу системи зонування в залежить від ряду факторів: конфігурації населеного пункту, рельєфу території місцевості, протяжності водопровідної мережі, особливостей вимог користувачів. Паралельне зонування зазвичай застосовується для міст з територією, витягнутою впродовж горизонталей, оскільки в цьому випадку довжина водоводів від насосної станції до кожної зони буде найменшою. При забудові, витягнутої в напрямку перпендикулярному горизонталям, найбільш сприятливим є зонування по послідовній схемі.

Основними факторами, що впливають на вибір схеми зонування, є:

- форма території міста;
- розташування користувачів;
- величина і характер зміни геодезичних позначок місцевості;
- відстань від водного джерела до об'єкта водопостачання.

Якщо питання про доцільність зонування об'єкта вирішено позитивно, то необхідно правильно і економічно обґрунтовано зробити вибір схеми зонування (послідовне або паралельне) і визначити кількість зон. Економічно найвигідніша кількість зон відповідає мінімальним приведеним витратам на будівництво та експлуатацію системи, воно визначається техніко-економічними розрахунками при порівнянні варіантів розподілу систем на окремі зони з урахуванням дотримання припустимих тисків у мережі. Гідравлічний розрахунок зонних схем проводиться так само, як і звичайних водопроводів, але з урахуванням їх взаємозв'язку та особливо впливу верхніх зон на нижні зони. [23]

При крутому рельєфу місцевості найчастіше застосовується вертикальне зонування. Якщо в найбільш високо розташованій точці мережі потрібно забезпечити вільний напір H_B , то в її найнижчій точці при централізованому водопостачанні напір складе:

$$H_{\max} = (Z_{\max} - Z_{\min}) + H_B + h, \quad (1.2)$$

де $Z_{\max} - Z_{\min} = \Delta Z$ – максимальна різниця позначок місцевості в межах міста, м;

h – максимальна втрата напору в мережі, м.

Якщо отримана величина H_{\max} перевищує допустимі межі, то необхідно розділити мережу на зони таким чином, щоб в межах кожної зони напір не перевищував допустимої величини.

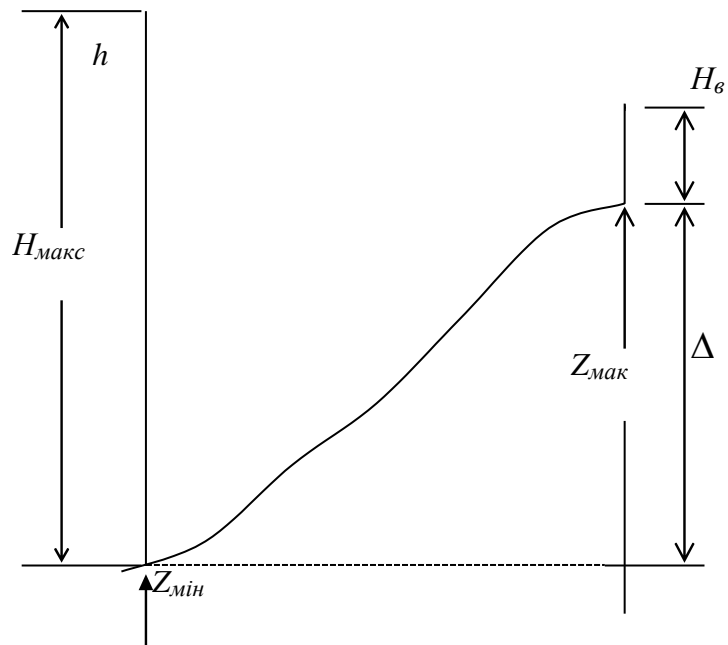


Рисунок 1.6 – Схема напорів в незонуваній мережі [22]

Горизонтальне зонування, як правило, використовують при значній довжині водопровідної мережі, що часто призводить до значних втрат напору та $H_{\text{макс}} > 45$ м (рис.1.6).

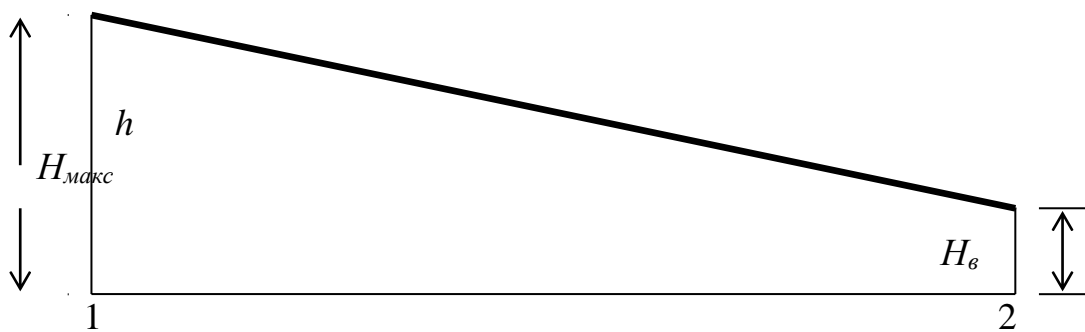


Рисунок 1.7 – Формування напорів в довгій водопровідній мережі [21]

Таким чином, зонування водопровідної мережі населеного пункту дозволить знизити надлишкові тиски в мережі та скоротити витрати енергії насосним обладнанням.

1.5 Складова енергетичних витрат в системах водопостачання

Системи подачі та розподілу води є важливим елементом сучасних систем водопостачання. Технічні показники їх роботи визначаються не тільки надійністю роботи, але і економічною ефективністю. Основне обладнання – насоси, є основними споживачами електроенергії в системах водопостачання.

Витрата енергії в водоводі з кількома відборами Q_i і одним насосом при централізованій мережі водопостачання наводиться на рис.1.8.

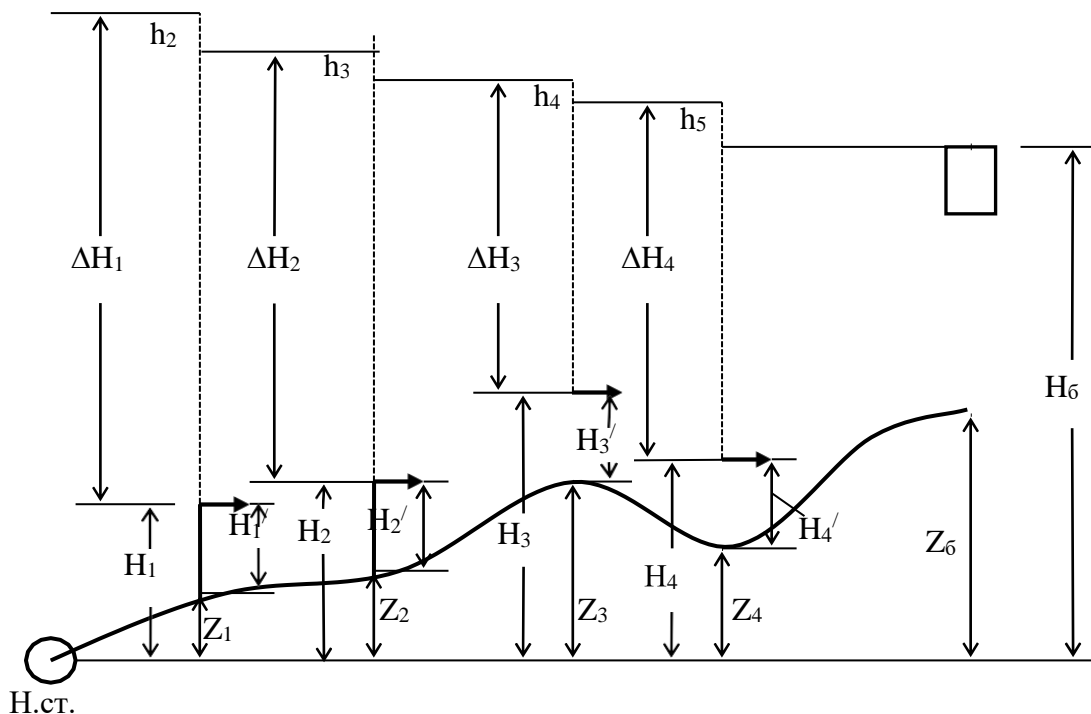


Рисунок 1.8– Формування тисків в незонуваній мережі [22]

Загальна кількість енергії, як витрачається в одиницю часу насосом при подачі витрати Q на загальну висоту підйому H , дорівнює:

$$E = Q \rho g H \quad (1.4)$$

Енергія витрачається на виконання:

- роботи на підйом необхідної споживачу кількості води Q_i на потрібну висоту H_i , що складається з позначки поверхні землі Z_i і висоти розміщення точки відбору над рівнем землі H_i' :

$$E_{\Gamma} = \sum Q_i H_i \rho g , \quad (1.5)$$

де n – кількість точок відбору, шт.

-роботи на подолання гідравлічного опору в трубах при транспортуванні необхідної кількості води до місця її відбору;

$$E_T = \sum q_{i-k} h_{i-k} \rho g , \quad (1.6)$$

де q_{i-k} і h_{i-k} – розрахункові витрати і втрати напора на ділянках, м.

-непродуктивної роботи при відборах води з надлишковим в порівнянні з необхідним напором:

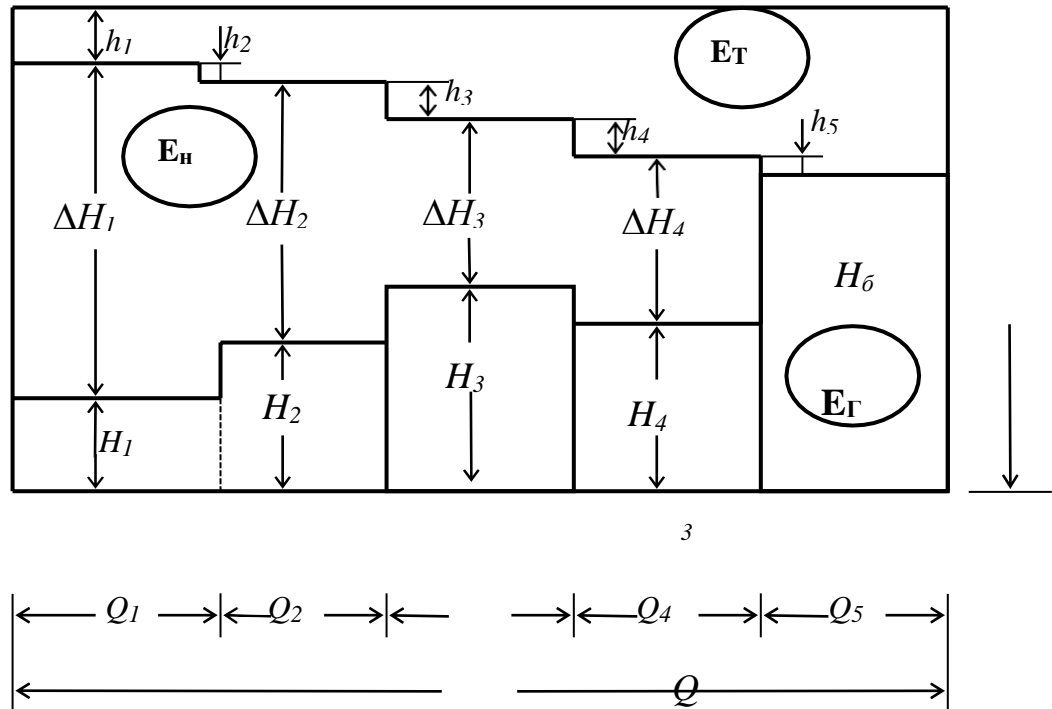
$$E_H = \sum Q_i \Delta H_i \rho g . \quad (1.7)$$

Загальна кількість енергії, яка витрачається в одиницю часу насосом, - це загальна сума складових за формулою 1.2.

Головна це E_{Γ} , - корисна енергія, яка являється заданою величиною і не може змінюватися.

E_T – друга складова загальної витрати енергії, яка не використовується споживачами, а витрачається на транспортування води. Її величину визначають на основі техніко-економічних розрахунків мережі з визначенням найбільш економічно вигідних діаметрів водопроводу. Зниження E_T приведе до зменшення h_i і порушить балансове співвідношення будівельних і поточних витрат.

E_H , ця складова визначає головний недолік централізованої системи водопостачання. Відбір користувачами води на різних позначках H_i призводить до необхідності насосної станції подавати воду під напором, орієнтуючись на найбільш віддаленого та високо розташованого споживача (самий найгірший випадок).



3

Рисунок 1.9 – Схема використання енергії в незонованій системі [22]

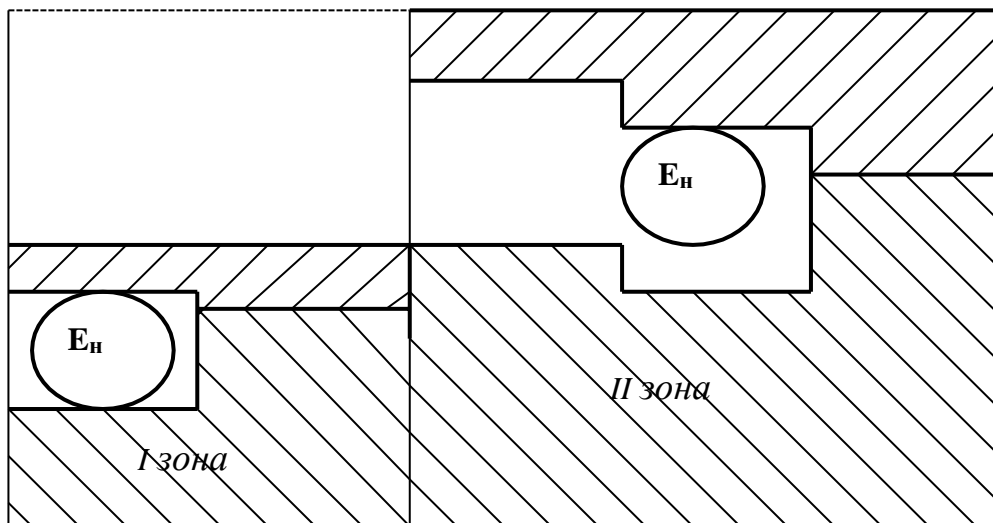


Рисунок 1.10 – Схема використання енергії в зонованій системі [22]

За рахунок розподілу загальної системи на окремі частини можливо зменшити значення E_n , що тим самим призведе до підвищення ефективності витрат енергії (рисунок 1.9), внаслідок зменшення надлишкових тисків, що призведе до зниження нераціональних витрат води: витоків, аварійних ситуацій, виходу з ладу водорозбірної арматури. Число зон водопровідної мережі залежить від умов експлуатації.

Різниця позначок місцевості в межах зони — $\Delta Z = Z_{\text{макс}} - Z_{\text{мін}}$ — не повинна перевищувати:

$$\Delta Z_{\text{кр}} = H_{\text{макс}} - H_{\text{в}} - h_{\text{макс}}, \quad (1.8)$$

де $H_{\text{макс}}$ — максимальний напір, який допускається в водопровідній мережі ($H_{\text{макс}} \leq 45$ м);

$H_{\text{в}}$ — необхідний вільний напір, м;

$h_{\text{макс}}$ — вірогідні максимальні втрати напору в мережі, м.

З точки зору технічних міркувань зонування мережі необхідне у випадкові коли $\Delta Z_{\text{кр}} < \Delta Z$.

Якщо міркування викликані суто економічними важелями, тобто необхідні для зниження витрат електричної енергії, то в такому разі кількість зон водопровідної мережі визначається в залежності від техніко-економічних розрахунків - за мінімальними приведеними витратами.

Статистика свідчить [22], що економічно найвигідніша кількість зон зростає зі збільшенням витрати води, вартості енергії і максимальної різниці геодезичних позначок в межах території населеного пункту. Як правило, для малих міст і з водопроводом незначної продуктивності економічна висота зони складає 60–100 м, а в великих падає до 25–40 м.

При гідравлічному розрахунку зонної системи водопостачання використовуються ті ж методи, що і для розрахунків єдиної мережі. Однак при цьому необхідно враховувати взаємозв'язок між зонами.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТІВ ДОСЛІДЖЕННЯ

Об'єктами дослідження, аналізу та виконання розрахунків є водопровідна мережа двох населених пунктів 1 та 2.

Обидва населені пункти 1 та 2 мають однакові характеристики: складаються з трьох житлових районів. Висотна забудова представлена 5-ть, 6-ть та 8-м поверховими будинками, які обладнані внутрішнім водопроводом та каналізацією з централізованим гарячим водопостачанням. Загальна кількість населення складає майже 130 тис. чол.

Промислові підприємства п/п №1 та п/п №2 використовують воду для всіх потреб підприємства із міської водопровідної мережі.

Населений пункт №1 має складний крутий рельєф, з суттєвою різницею геодезичних позначок. Перепад геодезичних позначок між верхньою і нижньою точкою мережі досягає 70 метрів.

Населений пункт №2 має подовжену конфігурацію міста та спокійно-пологий рельєф місцевості.

2.1 Визначення розрахункового добового водоспоживання населених пунктів

Визначаються витрати води на господарсько-питні потреби населеного пункту: поливку вулиць та зелених насаджень, господарсько-питні потреби промислових підприємств.

Розрахункове добове споживання питної води населенням із системи централізованого водопостачання визначається:

$$Q_{\partial} = \frac{N_i \times q_i}{1000}, \quad (2.1)$$

де q_i – питоме господарсько-питне водоспоживання на одного жителя, л/добу,

- 250 л/доб для всіх трьох районів населеного пункту [1]

N - розрахункова чисельність жителів.

Розрахункові витрати води для окремих районів за добу найбільшого та найменшого водоспоживання визначаються по формулам:

$$Q_{\text{доб.максі}} = K_{\text{доб.максі}} \times Q_{\text{добі}} \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{доб.міні}} = K_{\text{доб.міні}} \times Q_{\text{добі}} \quad (2.3)$$

де $K_{\text{доб.максі}}$ - максимальний коефіцієнт добової нерівномірності,

$K_{\text{доб.міні}}$ - мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності.

Коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, які залежать від режиму роботи підприємств, благоустрою населеного пункту, згідно [1] приймаються однаковими для трьох районів: $K_{\text{доб.максі}} = 1,1$,

$$K_{\text{доб.міні}} = 0,7$$

Результати розрахунку добової витрати води на господарсько-питні потреби виконуються в табл. 2.1

Так як дані про площі які поливаються відсутні, добова витрата води на поливання вулиць та зелених насаджень визначається за витратою води на поливку вулиць в перерахунку на одного мешканця, згідно [1] питома витрата, яка залежить від приналежності до кліматичного району, потужності джерела водопостачання приймається для трьох районів, які розташовані в районі лісостепу для середнього населеного пункту $g_{\text{пит. пол.1}} = 50$ л/ (доб*чол).

Приймається, що із загальної витрати води на полив 30% використовується двірниками, а 70% - машинами.

Результати розрахунків наводяться в табл. 2.2

Таблиця 2.1 Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома середньодобове водоспоживання, л/добу	Коефіцієнти добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³ /доб		
			$K_{доб.максі}$	$K_{доб.мінні}$	$Q_{доби}$	$Q_{доб.максі}$	$Q_{доб.міні}$
1	48716	250	1,1	0,7	12179	13396,9	8525,3
2	32688				8172	8989,2	5720,4
3	48880				12220	13442	8554
	130284				32571	35828,0	22799,7

Таблиця 2.2 – Добова витрата води на поливання вулиць та зелених насаджень

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома витрата на поливку л/доб*чол	Добові витрати води на поливання, м ³ /доб		
			Разом по району	двірниками	машинами
1	48716	50	2435,8	730,74	1705,06
2	32688		1634,4	490,32	1144,08
3	48880		2444	733,2	1710,8
	130284		6514,2	1954,26	4559,94

2.2 Визначення водоспоживання промисловими підприємствами

Витрата води на промислових підприємствах складаються з витрат на господарсько-питні потреби робітників, прийом душу та виробничі потреби.

Витрата води на господарсько-питні потреби робітників, які зайняті на виробництві, визначаються для кожної зміни, виходячи із кількості робітників та питомої витрати води на одного робітника.

Кількість робітників за видами цехів: холодних та гарячих складають:

- для 1-го підприємства в гарячих цехах -40%,
- для 2-го підприємства в гарячих цехах -25%,

Питоме водоспоживання приймається для гарячих цехів - 45 л/зміну на 1 робітника, для холодних цехів - 25 л/зміну на 1 робітника, згідно [25].

Розрахунок витрат за зміну виконується в табл. 2.3 за формулами:

- для гарячих цехів $Q = 0,045 \times \sum N_i$
- для холодних цехів $Q = 0,025 \times \sum N_i$

де N_i - кількість працюючих в гарячих та холодних цехах відповідно, чол.

Витрата води на використання душу на промисловому підприємстві визначається в залежності від санітарної характеристики виробництва за умови годинної витрати води на одну душову сітку 500 л при тривалості використання душу 45 хв:

$$Q = 0,5 \times \sum \frac{N_i}{n_i}, \quad (2.4)$$

де 0,5 – годинна витрата води на одну душову сітку [25] м³

N_i – загальна кількість працюючих, які зайняті у виробничому процесі, чол

n_i – розрахункова чисельність чоловік на одну душову сітку для кожної санітарної групи виробничого процесу, чол. [25]

Розрахунки по визначенню витрат води на використання душу на промислових підприємствах зводяться в табл. 2.4

Таблиця 2.3 - Витрата води на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств

Промислове підприємство	Зміни роботи	Кількість працюючих, N_i , чол	Гарячий цех		Холодний цех		Загальна витрата, Q_p , м ³
			N_r , чол (40% та 25%)	Витрата води, Q_r , м ³	N_x , чол	Витрата води, Q_x , м ³	
№1	1	2000	800	36	1200	30	66
	2	1000	400	18	600	15	33
	3	800	320	14,4	480	12	26,4
	<i>Разом:</i>	<i>3800</i>	<i>1520</i>	<i>68,4</i>	<i>2280</i>	<i>57</i>	<i>125,4</i>
№2	1	3000	750	33,75	2250	56,25	90
	2	1600	400	18	1200	30	48
	<i>Разом:</i>	<i>4600</i>	<i>1150</i>	<i>51,75</i>	<i>3450</i>	<i>86,25</i>	<i>138</i>
Разом:		8400	2670	120,15	5730	143,25	210,0

Таблиця 2.4- Витрати води на використання душу на промислових підприємствах

Промислове підприємство	Вид цеха	Кількість працюючих по змінам, чол			Кількість людей на одну душеву сітку	Кількість працюючих душових сіток в зміну			Витрати води по змінам		
		1	2	3		1	2	3	1	2	3
1	Холодні цеха	1200	600	480	15	80	40	32	40,00	20,00	16,00
	Гарячі цеха	800	400	320	5	160	80	64	80,00	40,00	32,00
<i>Разом</i>		<i>2000</i>	<i>1000</i>	<i>800</i>		<i>240</i>	<i>120</i>	<i>96</i>	<i>120,0</i>	<i>60,00</i>	<i>48,00</i>
2	Холодні цеха	2250	1200	-	15	150	80	-	75,00	40,00	-
	Гарячі цеха	750	400	-	7	108	58	-	54,00	29,00	-
<i>Разом</i>		<i>3000</i>	<i>1600</i>	<i>-</i>		<i>258</i>	<i>138</i>	<i>-</i>	<i>129,0</i>	<i>69,00</i>	<i>-</i>

РОЗДІЛ 3

ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Розрахунок однозонної мережі населеного пункту 1

3.1.1 Режим водоспоживання населеного пункту 1

Для визначення режиму водоспоживання води на господарсько-питні потреби кожного району знаходиться максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності:

$$K_{\text{макс}} = \alpha_{i_{\text{макс}}} \times \beta_{i_{\text{макс}}} \quad (3.1)$$

де $\alpha_{i_{\text{макс}}}$ - коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємства та інші умови.

$\beta_{i_{\text{макс}}}$ - коефіцієнт, який враховує чисельність населення в районі [1]

Для 1 району при кількості мешканців 48716 чол:

$$K_{1\text{макс}} = 1,3 * 1,15 = 1,495 \approx 1,5$$

Для 2 району при кількості мешканців 32688 чол:

$$K_{2\text{макс}} = 1,3 * 1,17 = 1,52 \approx 1,5$$

Для 3 району при кількості мешканців 48880 чол:

$$K_{3\text{макс}} = 1,3 * 1,15 = 1,495 \approx 1,5$$

За відсотковим співвідношенням добових витрат визначаються витрати для кожної години, м³:

$$Q_j = P_j \times Q_{\text{сут.макс}} ./100 \quad (3.2)$$

де P_j - значення j -го годинної витрати, %

$Q_{\text{і доб.макс.}}$ - максимальна витрата для кожного району населеного пункту, м³/доб

Режим витрати води на полив приймається рівномірним впродовж доби. При цьому - полив силами двірників через поливальні крани по 3 години вранці та ввечері, та машинами на протязі 16 годин.

Годинна витрата води на полив:

$$Q_{\text{пол}} = Q_{\text{сут.пол.}} / T_{\text{пол}}, \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{доб.пол.}}$ - витрата води на полив (двірниками та машинами), м³/доб

$T_{\text{пол.}}$ - час поливу, год.

Режим витрати води на виробничі потреби розподіляється рівномірно на протязі робочих змін. Розрахункові витрати на потреби населеного пункту виконується в табл.3.1

Таблиця 3.1 -Загальне водоспоживання населеного пункту 1 за годинами доби

Години доби	Водоспоживання води населенням											
	Господарсько-питні потреби						Витрати на полив вулиць та зелених насаджень					
	1 район		2 район		3 район		1 район, м ³		2 район, м ³		3 район, м ³	
	%	м ³	%	м ³	%	м ³	двірник	машина	двірник	машин	двірник	машина
0-1	1,5	200,95	1,5	134,84	1,5	201,63						
1-2	1,5	200,95	1,5	134,84	1,5	201,63						
2-3	1,5	200,95	1,5	134,84	1,5	201,63						
3-4	1,5	200,95	1,5	134,84	1,5	201,63						
4-5	2,5	334,92	2,5	224,73	2,5	336,05		106,56		71,5		106,92
5-6	4,5	602,86	4,5	404,51	4,5	604,89	121,79	106,56		71,5		106,92
6-7	3,5	468,89	3,5	314,62	3,5	470,47	121,79	106,56	81,72	71,5		106,92
7-8	5,5	736,83	5,5	494,41	5,5	739,31	121,79	106,56	81,72	71,5	122,2	106,92
8-9	6,25	837,31	6,25	561,83	6,25	840,125		106,56	81,72	71,5	122,2	106,92
9-10	6,25	837,31	6,25	561,83	6,25	840,125		106,56		71,5	122,2	106,92
10-11	6,25	837,31	6,25	561,83	6,25	840,125		106,56		71,5		106,92
11-12	6,25	837,31	6,25	561,83	6,25	840,125		106,56		71,5		106,92
12-13	5,0	669,85	5,0	449,46	5,0	672,1		106,56		71,5		106,92
13-14	5,0	669,85	5,0	449,46	5,0	672,1		106,56		71,5		106,92
14-15	5,5	736,83	5,5	494,41	5,5	739,31		106,56		71,5		106,92
15-16	6,0	803,81	6,0	539,35	6,0	806,52	121,79	106,56		71,5		106,92
16-17	6,0	803,81	6,0	539,35	6,0	806,52	121,79	106,56	81,72	71,5		106,92
17-18	5,5	736,83	5,5	494,41	5,5	739,31	121,79	106,58	81,72	71,5	122,2	106,92
18-19	5,0	669,85	5,0	449,46	5,0	672,1		106,6	81,72	71,5	122,2	106,94
19-20	4,5	602,86	4,5	404,51	4,5	604,89		106,6		71,58	122,2	106,98
20-21	4,0	535,88	4,0	359,57	4,0	537,68						
21-22	3,0	401,91	3,0	269,68	3,0	403,26						
22-23	2,0	267,94	2,0	179,78	2,0	268,84						
23-24	1,5	200,95	1,5	134,84	1,5	201,63						
Σ	100	13396,9	100	8989,2	100	13442,0	730,74	1705,06	490,32	1144,08	733,2	1710,8

Продовження табл. 3.1

Витрата води на промислових підприємствах												Загальна витрата	
Підприємство 1						Підприємство 2							
Гарячий цех		Холодний цех		Витрата на душ	Виробничі потреби	Гарячий цех		Холодний цех		Витрата на душ	Виробничі потреби	м ³	%
%	м ³	%	м ³			%	м ³	%	м ³				
15,65	2,25	18,75	2,25		416							957,92	1,47
12,05	1,74	6,25	0,75		416							955,91	1,47
12,05	1,74	12,5	1,50		416							956,66	1,47
12,05	1,74	12,5	1,50		416							956,66	1,47
12,05	1,74	18,75	2,25		416							1600,67	2,46
12,05	1,74	6,25	0,75		416							2437,52	3,75
12,05	1,74	12,5	1,50		416							2161,71	3,32
12,05	4,34	12,5	3,75	48	416	12,05	4,07	12,5	7,03		750	3814,43	5,87
15,65	5,63	18,75	5,63		417	15,65	5,28	18,75	10,55		750	3922,25	6,03
12,05	4,34	6,25	1,88		417	12,05	4,07	6,25	3,52		750	3827,24	5,89
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	3710,43	5,71
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	3710,43	5,71
12,05	4,34	18,75	5,63		417	12,05	4,07	18,75	10,55		750	3267,97	5,03
12,05	4,34	6,25	1,88		417	12,05	4,07	6,25	3,52		750	3257,19	5,01
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	3441,72	5,29
12,05	2,17	12,5	1,88	120	417	12,05	2,17	12,5	3,75	129	750	3982,41	6,12
15,65	2,82	18,75	2,81		417	15,65	2,82	18,75	5,63		750	3819,24	5,87
12,05	2,17	6,25	0,94		417	12,05	2,17	6,25	1,88		750	3755,41	5,77
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	3457,33	5,32
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	3196,58	4,92
12,05	2,17	18,75	2,81		417	12,05	2,17	18,75	5,63		750	2612,91	4,02
12,05	2,17	6,25	0,94		417	12,05	2,17	6,25	1,88		750	2248,99	3,46
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	1893,49	2,91
12,05	1,74	12,5	1,50	60	417					69		1086,66	1,67
	68,4		57,00	228,0	10000		51,75		86,25	198,00	12000	65031,70	100

3.1.2 Гідравлічний розрахунок однозонної водопровідної мережі

Основними користувачами води є мешканці та промислові підприємства, які приєднуються до міської водопровідної мережі. Користувачі диктують майже однакові вимоги до тиску, тому до проектування приймається однозонна схема водопостачання від насосної станції другого підйому.

Транзитні магістралі міської мережі прокладаються по довжині населеного пункту. Мережа населеного пункту 1 створюється транзитними магістралями поєднаними між собою перемичками і складається з 13 кілець, які рівномірно охоплюють всі три райони населеного пункту. Водопостачання житлових кварталів здійснюється за допомогою ліній водопровідної мережі, які прокладаються по всім вулицям де є забудова.

Гідравлічний розрахунок проводиться для часу максимального водоспоживання.

Питома витрата для кожного району при максимальному водоспоживанні визначається:

$$q_{итт} = Q_i / \sum l_i, \quad (3.4)$$

де Q_i - витрата води кожним районом, яка використовується при максимальному водоспоживанні, л/с, визначається за табл. 3.1

$\sum l_i$ - загальна розрахункова довжина магістральної лінії кожного району, м.

Довжина ділянок, які проходять по мережі двох районів, а також ділянки, які обслуговують користувачів тільки з однієї сторони, враховуються у половинному розмірі.

Для режиму максимального водоспоживання:

$$Q_{\text{пит 1 району}} = ((803,81 + 121,79 + 106,56) / 5737,5) = 1032,16 / 5737,5 = 286,71 / 5737,5 = 0,0499 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{пит 2 району}} = ((539,35 + 71,5) / 3770) = 610,85 / 3770 = 169,68 / 3770 = 0,045 \text{ л/с}$$

$$Q_{\text{пит 3 району}} = ((806,52 + 106,92) / 6873,5) = 913,44 / 6873,5 = 253,73 / 6873,5 = 0,0369 \text{ л/с}$$

Шляхові витрати визначаються:

$$Q_{\text{шлях}} = q_{итт} \times l_{\text{діл}} \quad (3.5)$$

де $l_{\text{діл}}$ – розрахункова довжина ділянки, який розраховується, м
Розрахунок шляхових витрат на ділянках при максимальному водоспоживанні визначається в табл. 3.2

Таблиця 3.2 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, l діл., М	Питома витрата, q _{пит. макс./} л/с	Шляхова витрата, л/с
3 район				максимальна
1-2	435	217,5		8,03
2-3	256	128		4,73
3-4	820	410		15,14
4-5	300	300		11,07
5-6	475	475		17,53
4-7	400	200		7,38
7-16	1090	545		20,12
7-8	320	320		11,81
9-8	145	145		5,35
9-10	380	380		14,03
2-5	815	815		30,09
5-8	400	400		14,77
1-6	836	418		15,43
6-10	425	212,5		7,84
10-11	165	82,5		3,05
11-12	620	310		11,44
13-12	220	110		4,06
13-14	250	125		4,61
14-15	260	130		4,80
15-16	580	290		10,71
9-14	860	860	0,0369	31,75
		6873,5		253,74
1 район				
1-6	836	418		19,43
6-10	425	212,5		9,88
10-11	165	82,5		3,84
11-12	620	310		14,41
13-12	220	110		5,11
13-25	860	430		19,99
25-24	450	225		10,46
24-23	820	410		19,06
22-23	380	190		8,83
21-22	400	200		9,30
19-21	400	200		9,30
18-19	202	101		4,70
28-18	860	430		19,99
1-28	705	352,5		16,39
6-17	420	210		9,76
17-18	306	306		14,23
20-21	535	535		24,87
12-22	750	750	0,0464	34,87
11-20	265	265		12,32
17-20	430	430		19,99
		6167,5		286,71

Продовження табл. 3.2

2 район			0,045	
13-14	250	125		5,63
14-15	260	130		5,85
15-16	580	290		13,05
16-27	1300	650		29,25
26-27	1070	535		24,08
26-25	820	410		18,45
13-25	860	430		19,35
15-26	1200	1200		54,00
		3770		169,65

Загальні шляхові витрати складають: 253,74+286,71+169,65= 710,09 л/с

Вузлові витрати визначаються:

$$Q_{\text{вузл.}j} = 0,5(\sum Q_{\text{шлях}})_{\text{вузл}} \quad (3.6)$$

де $(\sum Q_{\text{шлях}})_{\text{вузл}}$ - сума шляхових витрат ділянок, які примикають до

вузла, який розраховується.

Таблиця 3.3- Визначення вузлових витрат

Нумер вузла	$(\sum Q_{\text{шлях}})_{\text{вузл}}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{\text{вузл}}$	Зосереджена витрата
1	59,28	29,64	
2	42,84	21,42	
3	19,86	9,93	
4	33,59	16,80	
5	73,46	36,73	
6	79,88	39,94	
7	39,31	19,66	
8	31,93	15,97	
9	51,13	25,56	
10	38,63	19,32	
11	45,05	22,53	
12	69,89	34,95	
13	58,75	29,38	
14	52,64	26,32	
15	88,40	44,20	
16	73,12	36,56	
17	43,98	21,99	
18	38,91	19,45	
19	13,99	7,00	
20	57,18	28,59	
21	43,47	21,73	
22	53,00	26,50	
23	27,89	13,95	
24	29,52	14,76	150,92
25	68,25	34,12	
26	96,53	48,26	
27	53,33	26,66	245,81
28	36,38	18,19	
	1420,19	710,09	396,1

Витрати води на промислових підприємствах враховуються як зосереджені витрати в точках 24 та 27.

Витрата води в годину максимального водоспоживання для промислового підприємства за табл. 2.5 складає:

$$Q_{п.п.1} = 2,17 + 1,88 + 120 + 416 = 541,05 \text{ м}^3/\text{год} = 150,29 \text{ л/с}$$

$$Q_{п.п.2} = 2,17 + 3,75 + 129 + 750 = 884,92 \text{ м}^3/\text{год} = 245,81 \text{ л/с}$$

Критерієм вірного визначення вузлових та шляхових витрат для являється дотримання умови:

$$\sum Q_{шлях} = \sum Q_{вузл} \quad (3.7)$$

Згідно розрахунком:

$$253,74 + 286,71 + 169,65 = 710,09 \text{ л/с} = 1420,19/2 = 710,09 \text{ л/с}$$

3.1.3 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі

Для виконання гідравлічної ув'язки водопровідної мережі виконується попередній поточкорозподіл, який представляється на рис. 3.1

Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці мережі починаються з точки сходу потоків. Витрата води у вузлі сходу розподіляється по ділянкам водопровідної мережі, які підходять до вузла, із дотриманням умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{вузл} = 0, \quad (3.8)$$

де $\sum q_{i-k}$ - сума витрат води по ділянкам, які входять у вузол,

$Q_{вузл}$ - відбір води із вузла.

Для визначення дійсного поточкорозподілу для однозонної системи водопостачання населеного пункту 1 виконується гідравлічна ув'язка методом Лобачова-Кроса на ПК з використанням GIDRAST 1, яка використовується і для подальших рохрахунків.

Вихідними даними для ув'язки мережі з використанням ПК є схема населеного пункту 1 (13 кілець, 40 ділянок), яка представлена на рис. 3.1.

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі населеного пункту 1 для однозонної системи на ПК наводяться в Додатку А.

Дійсна схема поточкорозподілу водопровідної мережі населеного пункту 1 для однозонної схеми представлена на рис. 3.2

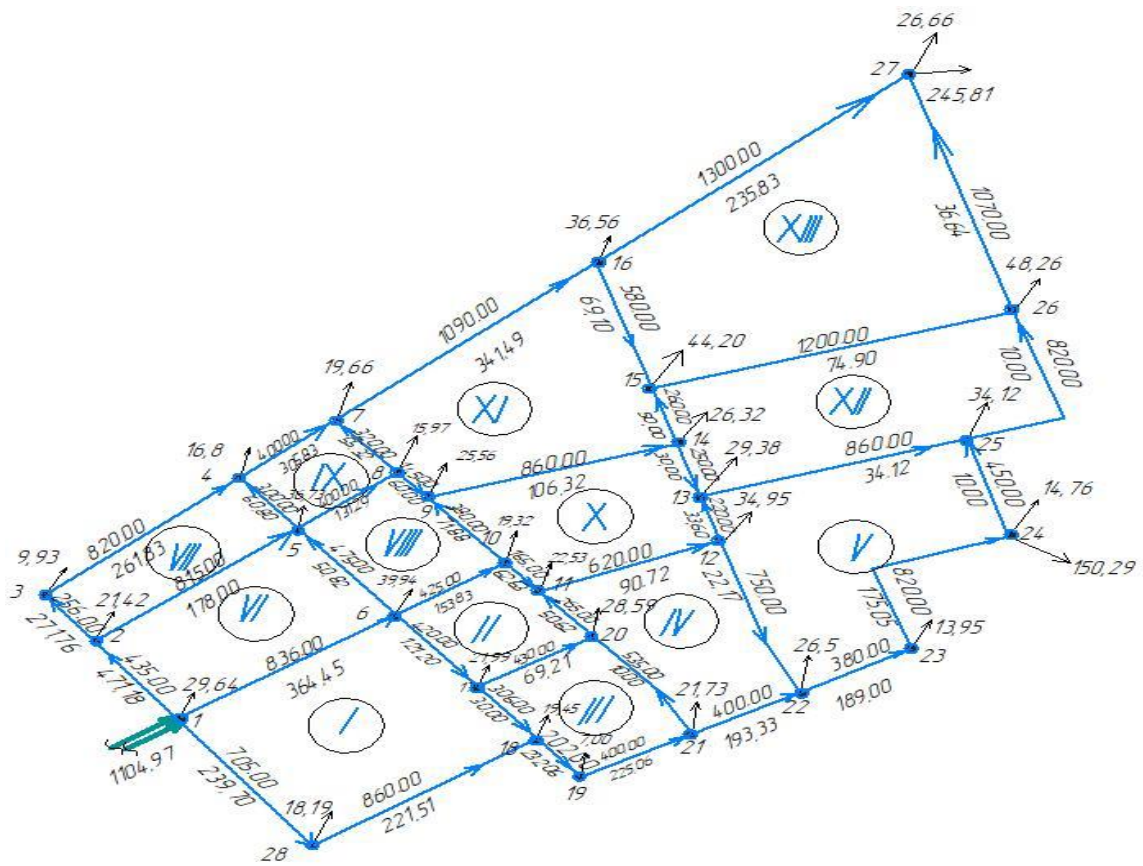


Рисунок 3.1 Вихідна розрахункова схема однозонної мережі населеного пункту

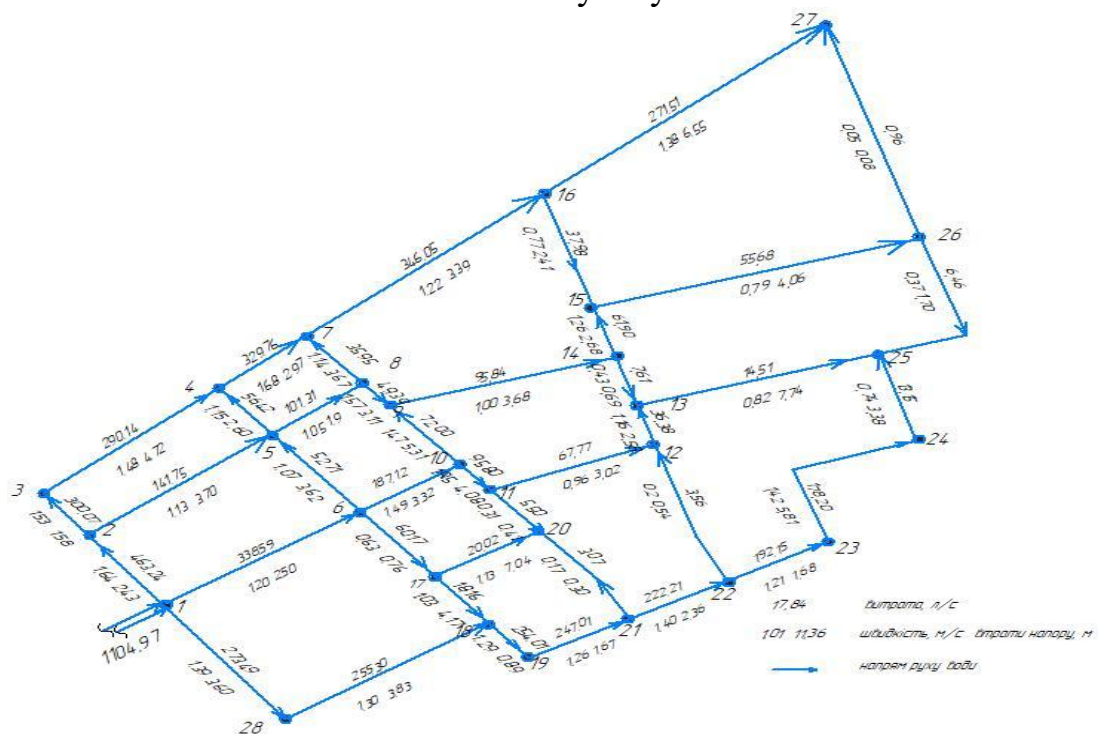


Рисунок 3.2 Дійсна схема поточкорозподілу однозонної мережі населеного пункту 1

3.1.4 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі

Визначення розрахункових позначок починається з визначення невідгідної точки, яка в місці приєднання водоводів до мережі вимагає найбільшої п'єзометричної позначки. Для її вибору перевіряються найбільш високі та віддалені вузли.

Потрібні п'єзометричні позначки у обраних точках визначаються:

$$P_{тр.i} = H_{вільн\ потр.i} + z_i \quad (3.9)$$

де $H_{вільн.потр.i}$ – потрібний вільний напір в i -й точці який для режиму максимального водоспоживання визначається:

$$H_{вільн.потр.i} = 6 + 4n$$

где n - кількість поверхів в будинках розглянутого району.

Перший район $n=8$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 8 = 38$ м

Другий район $n=5$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 5 = 26$ м

Третій район $n=6$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 6 = 30$ м

z_i – абсолютна позначка кожної точки, яка визначається за генпланом населеного пункту.

П'єзометрична позначка $P_{i(1)}$ в точці підключення водоводів, необхідна для отримання п'єзометричних позначок в розглянутих точках визначається:

$$P_{i(1)} = P_{нотр.i} + \sum h_{1-i} \quad (3.10)$$

де $\sum h$ - алгебраїчна сума втрат напору від точки підключення водоводів до i -ї точки.

Невідгідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 1, який вимагає найбільше значення п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів: вузол 1: $P_1 = 162,00$ м

Результати розрахунків п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі для години максимального водоспоживання представлені в графічній частині роботи.

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних:

- 38 м, 30м та 26м - для години максимального водоспоживання по відповідним районам.

На ділянках мережі вільний напір значно перевищує необхідний потрібний напір і значно перевищує 45м, що не відповідає нормативним вимогам. Величини надлишкових тисків є значними, що потребує розробку

заходів по захисту внутрішніх домових систем водопостачання від надлишкового тиску:

- встановлення регуляторів тиску (діафрагм із центральним отвором);
- зонування водопровідної мережі.

Зонування може бути викликане як технічними, так і економічними міркуваннями, оскільки воно дозволяє понизити тиск в трубах водопровідних мереж, тим самим зменшити кількість енергії, що витрачається на підйом води. Також доцільним вважається використання зонування, коли вільні напори в деяких частинах мережі більші, ніж 45 м, але зазвичай, зонні водопроводи влаштовують в разі значної різниці позначок в межах обслугованої водопроводом території. Причиною високих вільних тисків є те, що в єдиній системі водопостачання тиск, який створюється насосами визначається з умови розташування водорозбірної (невигідної) точки, що зумовлює виникнення в мережі надлишкових тисків.

3.2 Розрахунок двохзонної мережі населеного пункту №1

Для дослідження водопровідної мережі з метою зниження надлишкових тисків населеного пункту 1 проводиться її зонування.

Для цього централізована система водопостачання в залежності від величин вільних напорів в мережі розподіляється на дві зони за паралельною схемою (зона 1 та зона 2), які мають окремі точки живлення.

Згідно такого розподілу:

перша зона водопровідної мережі з подачею води до вузла 1 обслуговує два райони міста: третій та частину першого району площею 89,60 га, і складається з 10 водопровідних кілець.

друга зона водопровідної мережі з подачею води до вузла 13 складається з 3-х водопровідних кілець, які повністю охоплюють другий район та частину першого району площею 38,60 га.

3.2.1 Розрахунки водопровідної мережі першої зони

Розрахунок добової витрати води на господарсько-питні потреби виконуються в табл. 3.4

Розрахунок добової витрати на поливання вулиць та зелених насаджень виконується в табл. 3.5

Таблиця 3.4 Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення для водопровідної першої зони

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома середньодобове водоспоживання, л/добу	Коефіцієнти добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³ /доб		
			$K_{доб.макс}$	$K_{доб.мін}$	$Q_{доб}$	$Q_{доб.макс}$	$Q_{доб.мін}$
1	34048	250	1,1	0,7	8512	9363,2	5958,4
3	48880				12220	13442	8554
	82928				20732	22805,2	14512,4

Таблиця 3.5 – Добова витрата води на поливання вулиць та зелених насаджень

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома витрата на поливку л/доб*чол	Добові витрати води на поливання, м ³ /доб		
			Разом по району	Двірниками (30%)	Машинами (70%)
1	34048	50	1702,4	510,72	1191,68
3	48880		2444	733,2	1710,8
	82928		4146,4	1243,92	2902,48

Витрат води на промислових підприємствах при зонуванні мережі для першої зони не існує (обидва промислові підприємства обслуговуються зоною 2).

Максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності, який залежить від чисельності мешканців розраховується за формулою 3.1:

Для 1 району при кількості мешканців 34048 чол:

$$K_{1\text{ макс}} = 1,3 * 1,17 = 1,52 \approx 1,5$$

Для 3 району при кількості мешканців 48880 чол:

$$K_{3\text{ макс}} = 1,3 * 1,15 = 1,495 \approx 1,5$$

Нові значення витрат води для кожної години визначаються за формулою 3.2.

Витрати води на полив залишаються рівномірними впродовж доби (силами двірників - по 3 години вранці та ввечері, та машинами на протязі 16 годин) і за годинами доби визначаються за формулою 3.3

Розрахункові витрати води для зони 1 виконується в табл. 3.6

3.1.4 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі

Визначення розрахункових позначок починається з визначення невідгідної точки, яка в місці приєднання водоводів до мережі вимагає найбільшої п'єзометричної позначки. Для її вибору перевіряються найбільш високі та віддалені вузли.

Потрібні п'єзометричні позначки у обраних точках визначаються:

$$P_{тр.i} = H_{вільн\ потр.i} + z_i \quad (3.9)$$

де $H_{вільн.потр.i}$ – потрібний вільний напір в i -й точці який для режиму максимального водоспоживання визначається:

$$H_{вільн.потр.i} = 6 + 4n$$

где n - кількість поверхів в будинках розглянутого району.

Перший район $n=8$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 8 = 38$ м

Другий район $n=5$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 5 = 26$ м

Третій район $n=6$: $H_{вільн.потр.} = 6 + 4 * 6 = 30$ м

z_i – абсолютна позначка кожної точки, яка визначається за генпланом населеного пункту.

П'єзометрична позначка $P_{i(1)}$ в точці підключення водоводів, необхідна для отримання п'єзометричних позначок в розглянутих точках визначається:

$$P_{i(1)} = P_{потр.i} + \sum h_{1-i} \quad (3.10)$$

де $\sum h$ - алгебраїчна сума втрат напору від точки підключення водоводів до i -ї точки.

Невідгідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 1, який вимагає найбільше значення п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів: вузол 1: $P_1 = 162,00$ м

Результати розрахунків п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі для години максимального водоспоживання представлені в графічній частині роботи.

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних:

- 38 м, 30м та 26м - для години максимального водоспоживання по відповідним районам.

На ділянках мережі вільний напір значно перевищує необхідний потрібний напір і значно перевищує 45м, що не відповідає нормативним вимогам. Величини надлишкових тисків є значними, що потребує розробку заходів по захисту внутрішніх домових систем водопостачання від надлишкового тиску:

- встановлення регуляторів тиску (діафрагм із центральним отвором);
- зонування водопровідної мережі.

Зонування може бути викликане як технічними, так і економічними міркуваннями, оскільки воно дозволяє понизити тиск в трубах водопровідних мереж, тим самим зменшити кількість енергії, що витрачається на підйом води. Також доцільним вважається використання зонування, коли вільні напори в деяких частинах мережі більші, ніж 45 м, але зазвичай, зонні водопроводи влаштовують в разі значної різниці позначок в межах обслугованої водопроводом території. Причиною високих вільних тисків є те, що в єдиній системі водопостачання тиск, який створюється насосами визначається з умови розташування водорозбірної (невигідної) точки, що зумовлює виникнення в мережі надлишкових тисків.

3.2 Розрахунок двохзонної мережі населеного пункту №1

Для дослідження водопровідної мережі з метою зниження надлишкових тисків населеного пункту 1 проводиться її зонування.

Для цього централізована система водопостачання в залежності від величин вільних напорів в мережі розподіляється на дві зони за паралельною схемою (зона 1 та зона 2), які мають окремі точки живлення.

Згідно такого розподілу:

перша зона водопровідної мережі з подачею води до вузла 1 обслуговує два райони міста: третій та частину першого району площею 89,60 га, і складається з 10 водопровідних кілець.

друга зона водопровідної мережі з подачею води до вузла 13 складається з 3-х водопровідних кілець, які повністю охоплюють другий район та частину першого району площею 38,60 га.

3.2.1 Розрахунки водопровідної мережі першої зони

Розрахунок добової витрати води на господарсько-питні потреби виконуються в табл. 3.4

Розрахунок добової витрати на поливання вулиць та зелених насаджень виконується в табл. 3.5

Таблиця 3.4 Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення для водопровідної першої зони

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома середньодобове водоспоживання, л/добу	Коефіцієнти добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³ /доб		
			$K_{доб.макс}$	$K_{доб.мін}$	$Q_{доб}$	$Q_{доб.макс}$	$Q_{доб.мін}$
1	34048	250	1,1	0,7	8512	9363,2	5958,4
3	48880				12220	13442	8554
	82928				20732	22805,2	14512,4

Таблиця 3.5 – Добова витрата води на поливання вулиць та зелених насаджень

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома витрата на поливку л/доб*чол	Добові витрати води на поливання, м ³ /доб		
			Разом по району	Двірниками (30%)	Машинами (70%)
1	34048	50	1702,4	510,72	1191,68
3	48880		2444	733,2	1710,8
	82928		4146,4	1243,92	2902,48

Витрат води на промислових підприємствах при зонуванні мережі для першої зони не існує (обидва промислові підприємства обслуговуються зоною 2).

Максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності, який залежить від чисельності мешканців розраховується за формулою 3.1:

Для 1 району при кількості мешканців 34048 чол:

$$K_{1\text{ макс}} = 1,3 * 1,17 = 1,52 \approx 1,5$$

Для 3 району при кількості мешканців 48880 чол:

$$K_{3\text{ макс}} = 1,3 * 1,15 = 1,495 \approx 1,5$$

Нові значення витрат води для кожної години визначаються за формулою 3.2.

Витрати води на полив залишаються рівномірними впродовж доби (силами двірників - по 3 години вранці та ввечері, та машинами на протязі 16 годин) і за годинами доби визначаються за формулою 3.3

Розрахункові витрати води для зони 1 виконується в табл. 3.6

Таблиця 3.6 - Загальне водоспоживання для першої зони за годинами доби

Години доби	Водоспоживання води населенням								Загальна витрата	
	Господарсько-питні потреби				Витрати на полив вулиць та зелених насаджень					
	1 район		3 район		1 район, м ³		3 район, м ³		м ³	%
	%	м ³	%	м ³	двірники	машини	двірники	машини		
0-1	1,5	140,45	1,5	201,63					342,08	1,27
1-2	1,5	140,45	1,5	201,63					342,08	1,27
2-3	1,5	140,45	1,5	201,63					342,08	1,27
3-4	1,5	140,45	1,5	201,63					342,08	1,27
4-5	2,5	234,08	2,5	336,05		74,48		106,92	751,53	2,79
5-6	4,5	421,34	4,5	604,89	85,12	74,48		106,92	1292,75	4,80
6-7	3,5	327,71	3,5	470,47	85,12	74,48		106,92	1064,70	3,95
7-8	5,5	514,98	5,5	739,31	85,12	74,48	122,2	106,92	1643,01	6,10
8-9	6,25	585,20	6,25	840,125		74,48	122,2	106,92	1728,93	6,41
9-10	6,25	585,20	6,25	840,125		74,48	122,2	106,92	1728,93	6,41
10-11	6,25	585,20	6,25	840,125		74,48		106,92	1606,73	5,96
11-12	6,25	585,20	6,25	840,125		74,48		106,92	1606,73	5,96
12-13	5,0	468,16	5,0	672,1		74,48		106,92	1321,66	4,90
13-14	5,0	468,16	5,0	672,1		74,48		106,92	1321,66	4,90
14-15	5,5	514,98	5,5	739,31		74,48		106,92	1435,69	5,33
15-16	6,0	561,79	6,0	806,52	85,12	74,48		106,92	1634,83	6,07
16-17	6,0	561,79	6,0	806,52	85,12	74,48		106,92	1634,83	6,07
17-18	5,5	514,98	5,5	739,31	85,12	74,48	122,2	106,92	1643,01	6,10
18-19	5,0	468,16	5,0	672,1		74,48	122,2	106,94	1443,88	5,36
19-20	4,5	421,34	4,5	604,89		74,48	122,2	106,98	1329,89	4,93
20-21	4,0	374,53	4,0	537,68					912,21	3,38
21-22	3,0	280,90	3,0	403,26					684,16	2,54
22-23	2,0	187,26	2,0	268,84					456,10	1,69
23-24	1,5	140,45	1,5	201,63					342,08	1,27
	100	9363,2	100	13442,0	510,72	1191,68	733,2	1710,80	26951,60	100

Основними користувачами води водопровідної мережі першої зони є населення.

Мережа створюється транзитними магістралями поєднаними між собою перемичками і складається з 10 кілець, які рівномірно охоплюють частину першого та третій район населеного пункту.

Гідравлічний розрахунок, як і в попередніх розрахунках проводиться для часу максимального водоспоживання.

Питома витрата для районів визначається за формулою 3.4

Для режиму максимального водоспоживання:

$$q_{\text{пит 1 району}} = ((585,20 + 74,48) / 3,6) / 4427,5 = 0,04138 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пит 3 району}} = ((840,125 + 122,20 + 106,92) / 3,6) / 6873,5 = 0,043211 \text{ л/с}$$

Розрахунок шляхових витрат за формулою 3.5 на ділянках при максимальному водоспоживанні визначається в табл. 3.7

Вузлові витрати за формулою 3.6 визначаються в табл. 3.8

Критерієм вірного визначення вузлових та шляхових витрат для являється дотримання умови за формулою 3.7. яка за табл. 3.7 та 3.8 виконується.

Попередній потікорозподіл представляється на рис. 3.3

Вихідними даними для ув'язки мережі з використанням ПК є схема першої зони (10 кілець, 30 ділянок), яка представлена на рис. 3.3.

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі населеного пункту 1 першої зони на ПК наводяться в Додатку Б та рис. 3.4

Таблиця 3.7– Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, l _{діль.} , м	Питома витрата, q _{пит. макс./} л/с	Шляхова витрата, л/с
3 район				максимальна
1-2	435	217,5		9,40
2-3	256	128		5,53
3-4	820	410		17,72
4-5	300	300		12,96
5-6	475	475		20,53
4-7	400	200		8,64
7-16	1090	545		23,55
7-8	320	320		13,83
9-8	145	145		6,27
9-10	380	380		16,42
2-5	815	815		35,22
5-8	400	400		17,28
1-6	836	418		18,06
6-10	425	212,5		9,18
10-11	165	82,5		3,56
11-12	620	310		13,40
14-12	470	235		10,15
14-16	840	420		18,15
9-14	860	860	0,04138	37,16
		6873,5		297,01
1 район				
1-6	836	418		17,30
6-10	425	212,5		8,79
10-11	165	82,5		3,41
11-12	620	310		12,83
21-22	400	200		8,28
19-21	400	200		8,28
18-19	202	101		4,18
28-18	860	430		17,80
1-28	705	352,5		14,59
6-17	420	210		8,69
17-18	306	306		12,66
20-21	535	535		22,14
12-22	750	375		15,52
11-20	265	265		10,97
17-20	430	430	0,043211	17,80
		4427,5		183,25
		11301,00		480,26

Таблиця 3.8- Вузлові витрати для водопровідної мережі зони 1

Нумер вузла	$(\sum Q_{витр})_{вузл}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл}$
1	59,35	29,68
2	50,15	25,07
3	23,25	11,62
4	39,32	19,66
5	85,99	42,99
6	82,56	41,28
7	46,02	23,01
8	37,38	18,69
9	59,85	29,92
10	41,38	20,69
11	44,17	22,09
12	51,90	25,95
14	65,46	32,73
16	41,70	20,85
17	39,15	19,58
18	34,64	17,32
19	12,46	6,23
20	50,91	25,45
21	38,70	19,35
22	23,80	11,90
28	32,39	16,19
	960,51	480,26

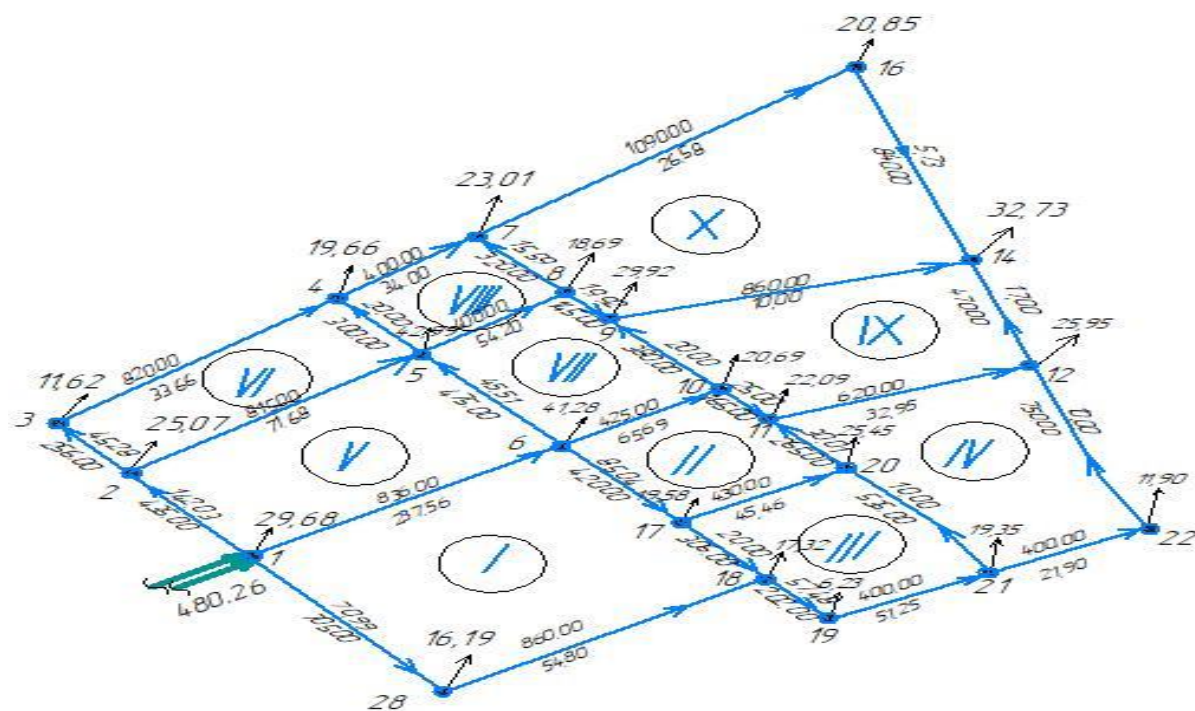


Рисунок 3.3 Вихідна розрахункова схема мережі населеного пункту 1 першої зони

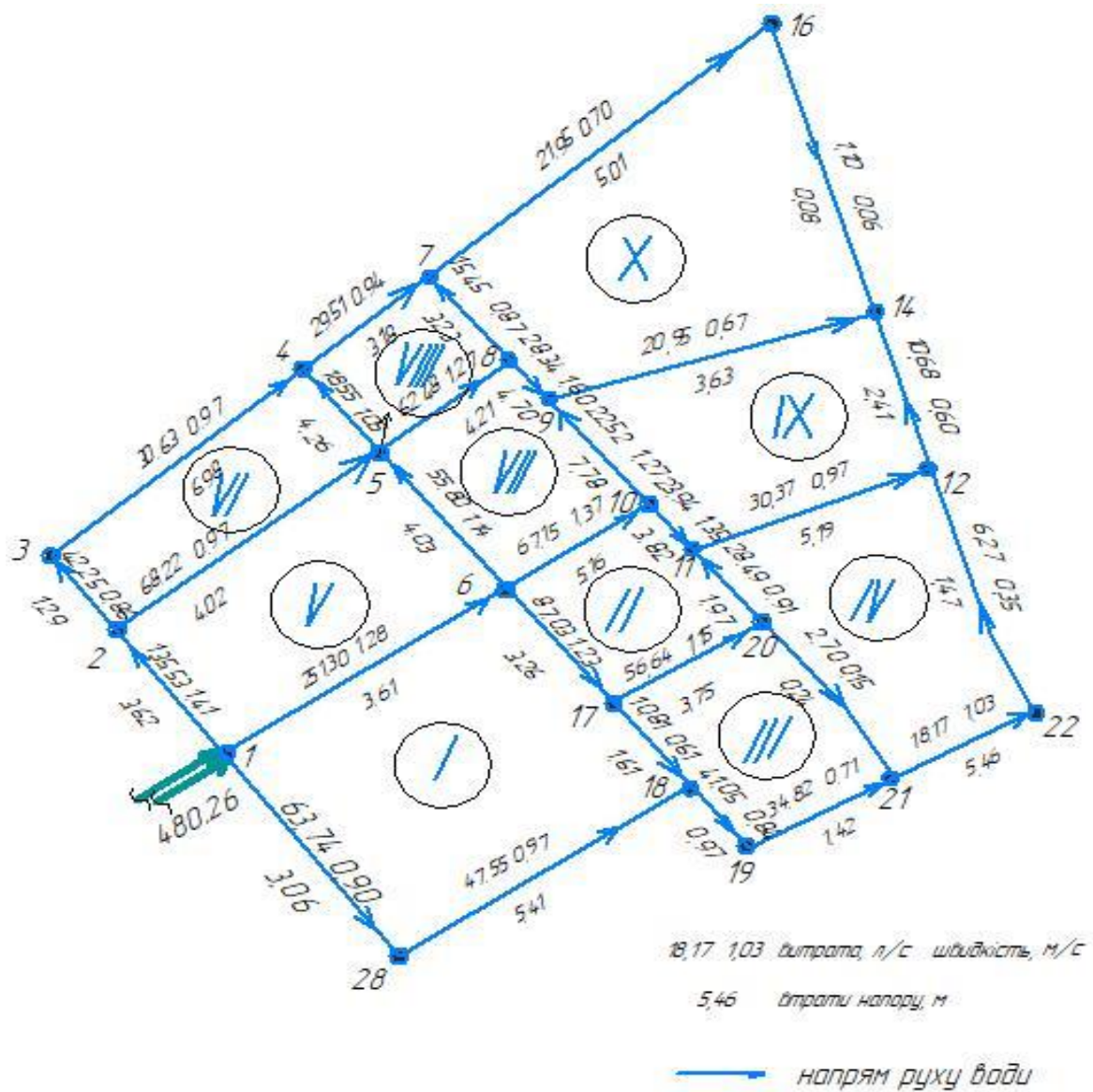


Рисунок 3.4 Дійсна схема потокорозподілу мережі населеного пункту 1 першої зони

Подальші розрахунки проводяться за формулами 3.9 та 3.10.

Невигідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 1, який вимагає найбільше значення п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів: вузол 1: $P_1 = 162,00$ м

Результати розрахунків п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі для зони 1 представлені в графічній частині роботи.

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних: - 38 м, 30м, що відповідає нормативним вимогам, - для години максимального водоспоживання по відповідним районам 1 та 2, які входять до водопровідної мережі першої зони. Вільні напори в мережі значно перевищують 45 м, що не відповідає нормативним вимогам.

3.2.2 Розрахунки водопровідної мережі другої зони

Розрахунок добової витрати води на господарсько-питні потреби виконуються в табл. 3.9

Розрахунок добової витрати на поливання вулиць та зелених насаджень виконується в табл. 3.10

Таблиця 3.9 Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення для водопровідної зони 2

Район населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питоме середньодобове водоспоживання, л/добу	Коефіцієнти добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³ /доб		
			$K_{доб.макс}$	$K_{доб.мін}$	$Q_{доб}$	$Q_{доб.макс}$	$Q_{доб.мін}$
1	14668	250	1,1	0,7	3667	4033,7	2566,9
2	32688				8172	8989,2	5720,4
	82928				11839	13022,9	8287,3

Таблиця 3.10 – Добова витрата води на поливання вулиць та зелених насаджень

Райони населеного пункту	Розрахункова чисельність мешканців, чол	Питома витрата на поливку л/доб*чол	Добові витрати води на поливання, м ³ /доб		
			Разом по району	Двірниками (30%)	Машинами (70%)
1	14668	50	733,4	220,02	513,38
2	32688		1634,4	490,32	1144,08
	82928		2367,8	710,34	1657,46

Витрати води на потреби промислових підприємств №1 та №2 залишаються незмінними і приймаються за даними попередніх розрахунків. Максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності, який залежить від чисельності мешканців розраховується за формулою 3.1:

Для 1 району при кількості мешканців 14668 чол:

$$K_{1\text{ макс}} = 1,3 * 1,25 = 1,62 \approx 1,6$$

Для 2 району при кількості мешканців 32688 чол:

$$K_{2\text{ макс}} = 1,3 * 1,17 = 1,52 \approx 1,5$$

Нові значення витрат води для кожної години визначаються за формулою 3.2. Витрати води на полив залишаються рівномірними впродовж доби (силами двірників - по 3 години вранці та ввечері, та машинами на протязі 16 годин) і за годинами доби визначаються за формулою 3.3. Розрахункові витрати води для зони 2 виконуються в табл. 3.11

Таблиця 3.11 - Загальне водоспоживання населеного пункту 1 за годинами доби для другої зони

Години доби	Водоспоживання води населенням							
	Господарсько-питні потреби				Витрати на полив вулиць та зелених насаджень			
	1 район		2 район		1 район, м ³		2 район, м ³	
	%	м ³	%	м ³	двірники	машини	двірники	машини
0-1	1,15	46,39	1,5	134,84				
1-2	1,15	46,39	1,5	134,84				
2-3	1,15	46,39	1,5	134,84				
3-4	1,25	50,42	1,5	134,84				
4-5	2,25	90,76	2,5	224,73		32,08		71,5
5-6	3,25	131,10	4,5	404,51	36,67	32,08		71,5
6-7	4,75	191,60	3,5	314,62	36,67	32,08	81,72	71,5
7-8	6	242,02	5,5	494,41	36,67	32,08	81,72	71,5
8-9	6,6	266,22	6,25	561,83		32,08	81,72	71,5
9-10	5,85	235,97	6,25	561,83		32,08		71,5
10-11	5,35	215,80	6,25	561,83		32,08		71,5
11-12	5,85	235,97	6,25	561,83		32,08		71,5
12-13	6	242,02	5,0	449,46		32,08		71,5
13-14	6	242,02	5,0	449,46		32,08		71,5
14-15	5,5	221,85	5,5	494,41		32,08		71,5
15-16	5,25	211,77	6,0	539,35	36,67	32,08		71,5
16-17	5,5	221,85	6,0	539,35	36,67	32,08	81,72	71,5
17-18	6	242,02	5,5	494,41	36,67	32,08	81,72	71,5
18-19	5,65	227,90	5,0	449,46		32,10	81,72	71,5
19-20	4,75	191,60	4,5	404,51		32,16		71,58
20-21	4,25	171,43	4,0	359,57				
21-22	3	121,01	3,0	269,68				
22-23	2	80,67	2,0	179,78				
23-24	1,5	60,51	1,5	134,84				
	100	4033,7	100	8989,2	220,02	513,38	490,32	1144,08

Продовження табл. 3.11

Витрата води на промислових підприємствах											Загальна витрата		
Підприємство 1					Підприємство 2								
Гарячий цех		Холодний цех		Витрата на душ	Виробничі потреби	Гарячий цех		Холодний цех		Витрата на душ	Виробничі потреби	м ³	%
%	м ³	%	м ³			%	м ³	%	м ³				
15,65	2,25	18,75	2,25		416							601,73	1,58
12,05	1,74	6,25	0,75		416							599,72	1,57
12,05	1,74	12,5	1,50		416							600,47	1,58
12,05	1,74	12,5	1,50		416							604,50	1,59
12,05	1,74	18,75	2,25		416							839,06	2,20
12,05	1,74	6,25	0,75		416							1094,35	2,87
12,05	1,74	12,5	1,50		416							1147,43	3,01
12,05	4,34	12,5	3,75	48	416	12,05	4,07	12,5	7,03		750	2191,59	5,76
15,65	5,63	18,75	5,63		417	15,65	5,28	18,75	10,55		750	2207,44	5,80
12,05	4,34	6,25	1,88		417	12,05	4,07	6,25	3,52		750	2082,19	5,47
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	2067,40	5,43
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	2087,57	5,48
12,05	4,34	18,75	5,63		417	12,05	4,07	18,75	10,55		750	1986,65	5,22
12,05	4,34	6,25	1,88		417	12,05	4,07	6,25	3,52		750	1975,87	5,19
12,05	4,34	12,5	3,75		417	12,05	4,07	12,5	7,03		750	2006,03	5,27
12,05	2,17	12,5	1,88	120	417	12,05	2,17	12,5	3,75	129	750	2317,34	6,09
15,65	2,82	18,75	2,81		417	15,65	2,82	18,75	5,63		750	2164,25	5,68
12,05	2,17	6,25	0,94		417	12,05	2,17	6,25	1,88		750	2132,56	5,60
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	2039,64	5,36
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	1876,81	4,93
12,05	2,17	18,75	2,81		417	12,05	2,17	18,75	5,63		750	1710,77	4,49
12,05	2,17	6,25	0,94		417	12,05	2,17	6,25	1,88		750	1564,84	4,11
12,05	2,17	12,5	1,88		417	12,05	2,17	12,5	3,75		750	1437,40	3,77
12,05	1,74	12,5	1,50	60	417					69		744,59	1,96
	68,4		57,00	228,0	10000		51,75		86,25	198,00	12000	38080,22	100

Основними користувачами води водопровідної мережі другої зони є населення та промислові підприємства 1 та 2.

Мережа водопровідної другої зони 2 складається з 3-х кілець, які рівномірно охоплюють частину першого та другий район населеного пункту.

Гідравлічний розрахунок, як і в попередніх розрахунках проводиться для часу максимального водоспоживання.

Питома витрата для районів визначається за формулою 3.4

Для режиму максимального водоспоживання:

$$q_{\text{пит 1 району}} = ((211,77+36,67+32,08)/3,6)/1850 = 0,042 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пит 2 району}} = ((539,35+71,5) / 3625 = 0,0468 \text{ л/с}$$

Розрахунок шляхових витрат за формулою 3.5 на ділянках при максимальному водоспоживанні визначається в табл. 3.12

Таблиця 3.12 – Визначення шляхових витрат на ділянках другої зони

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, $l_{\text{дл.}}$, м	Питома витрата, $q_{\text{пит. макс.}}$ л/с	Шляхова витрата, л/с
				максимальна
1 район				
13-25	860	430	0,042	18,11
24-25	450	225		9,48
23-24	820	410		17,27
22!-23	380	190		8,00
13-22!	970	595		25,06
		1850		
2 район				
13-15	510	255	0,0468	11,93
15-16!	580	145		6,79
16!-27	1300	650		30,42
27-26	1070	535		25,04
15-26	1200	1200		56,16
25-26	820	410		19,19
13-25	860	430		20,12
		3625		169,65
				247,57

Вузлові витрати за формулою 3.6 визначаються в табл. 3.13

Таблиця 3.13 - Вузлові витрати для водопровідної мережі другої зони

Нумер вузла	$(\sum Q_{шлях})_{вузл}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл}$
13	75,23	37,62
15	74,88	37,44
16!	37,21	18,60
22!	33,06	16,53
23	25,27	12,64
24	26,75	13,37
25	66,90	33,45
26	100,39	50,19
27	55,46	27,73
	495,14	247,57

Критерієм вірного визначення вузлових та шляхових витрат для являється дотримання умови за формулою 3.7, яка за табл. 3.12 та 3.13 виконується.

Витрати води на промислових підприємствах враховуються як зосереджені витрати в точках 24 та 27 і за попередніми розрахунками складають:

$$Q_{п.п.1} = 150,29 \text{ л/с}$$

$$Q_{п.п.2} = 245,81 \text{ л/с}$$

$$Q = 247,57 + 150,29 + 245,81 = 643,67 \text{ л/с}$$

Попередній потокорозподіл представляється на рис. 3.5

Вихідні дані для гідравлічної ув'язки (3 кільця, 11 ділянок) мережі представлені на рис. 3.5

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі населеного пункту 1 другої зони на ПК наводяться в Додатку В.

Дійсна схема потокорозподілу водопровідної мережі населеного пункту 1 для другої зони представлення на рис. 3.6

Подальші розрахунки проводяться за формулами 3.9 та 3.10.

Невигідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 22!

Результати розрахунків п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі для другої зони представлені в графічній частині роботи.

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних, вільні напори перевищують нормативне значення – 45 м.

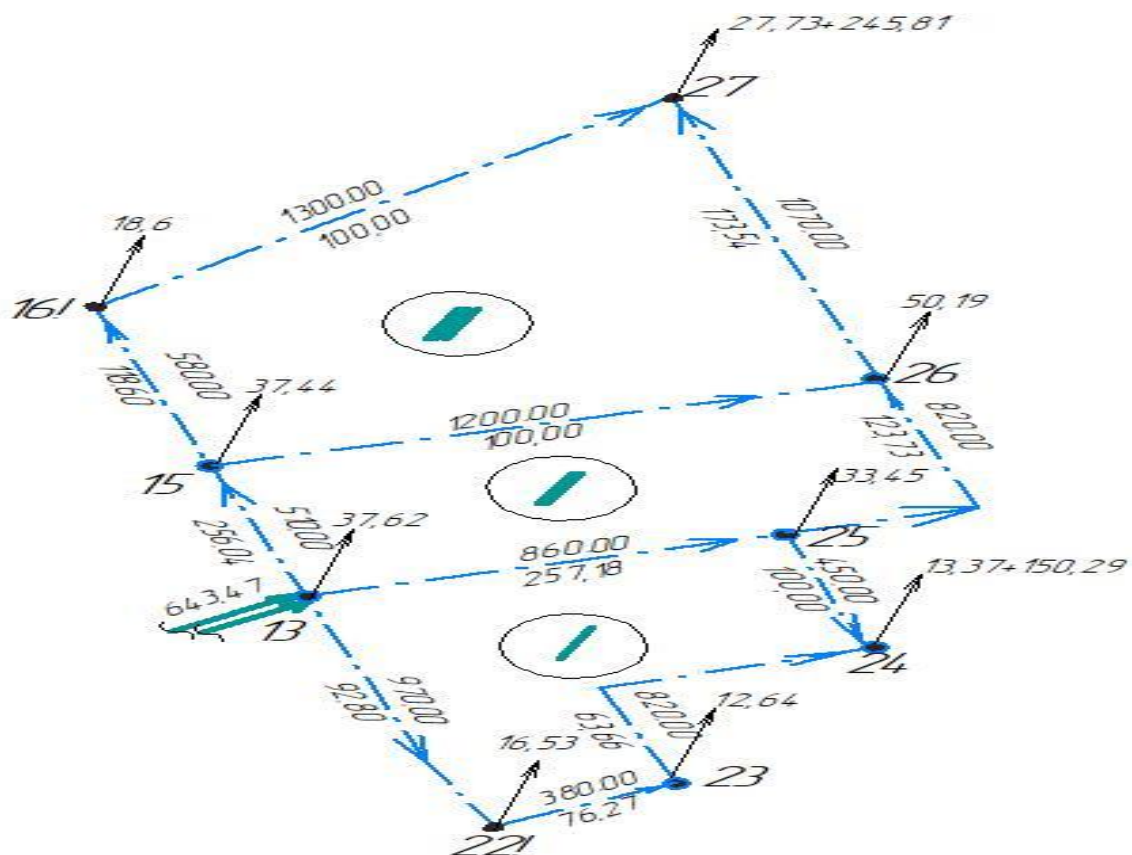


Рисунок 3.5 Вихідна розрахункова схема мережі населеного пункту 1 другої зони

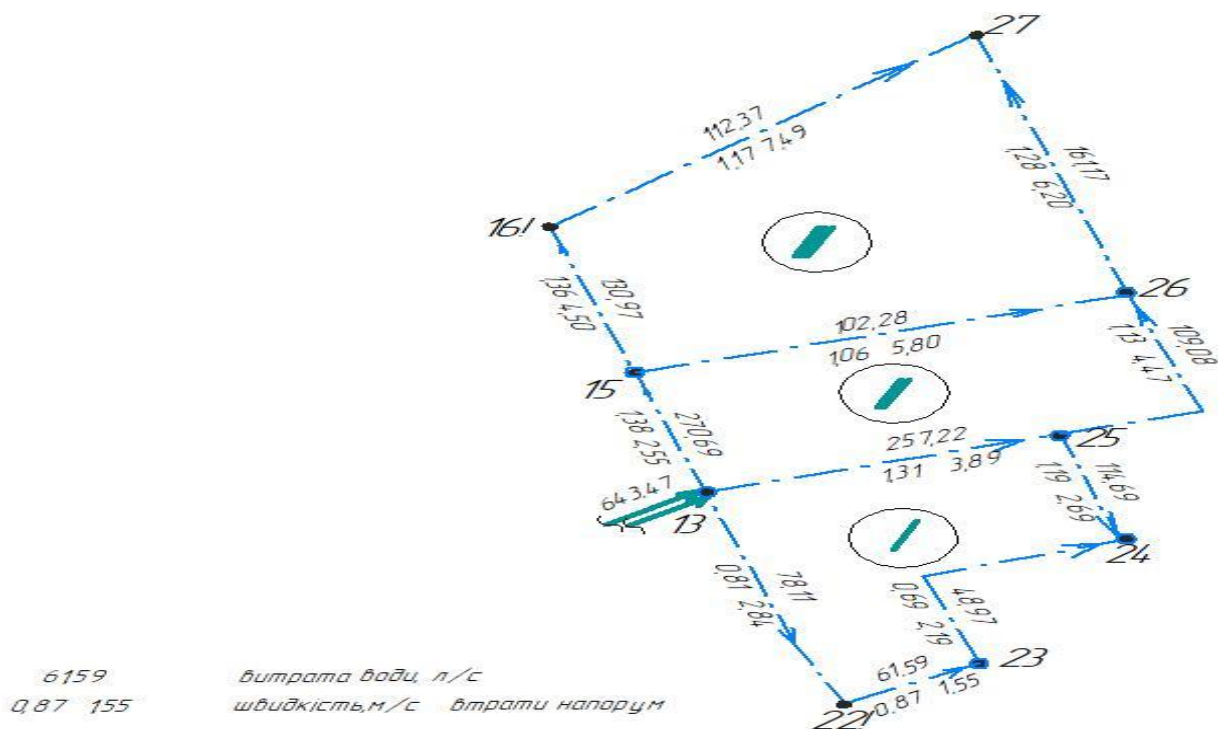


Рисунок 3.6 Дійсна схема поточкорозподілу мережі населеного пункту 1 другої зони

3.3 Розрахунок однозонної мережі населеного пункту №2

Вихідні дані щодо витрат води населенням та промисловими підприємствами 1 та 2 приймаються такими ж як і для населеного пункту 1, тому для гідравлічного розрахунку однозонної водопровідної мережі населеного пункту 2 використовуються дані отримані в табл. 3.1

3.3.1 Гідравлічний розрахунок однозонної водопровідної мережі

Основними користувачами води є мешканці та промислові підприємства, які приєднуються до міської водопровідної мережі. Користувачі диктують майже однакові вимоги до тиску, тому до проектування приймається однозонна схема водопостачання від насосної станції другого підйому.

Транзитні магістралі міської мережі прокладаються по довжині населеного пункту. Мережа населеного пункту 2 створюється транзитними магістралями поєднаними між собою перемичками і складається з 10 кілець, які рівномірно охоплюють всі три райони населеного пункту. Водопостачання житлових кварталів здійснюється за допомогою ліній водопровідної мережі, які прокладаються по всім вулицям де є забудова.

Гідравлічний розрахунок проводиться для часу максимального водоспоживання населеним пунктом.

Питома витрата для кожного району населеного пункту при максимальному водоспоживанні визначається за формулою 3.4:

Для режиму максимального водоспоживання:

$$q_{\text{пит 1 району}} = ((803,81 + 121,79 + 106,56) / 5653,5) = 0,05 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пит 2 району}} = ((539,35 + 71,5) / 3760) = 0,045 \text{ л/с}$$

$$q_{\text{пит 3 району}} = ((806,52 + 106,92)) / 3810 = 0,066 \text{ л/с}$$

Шляхові витрати визначаються за формулою 3.5 в табл. 3.14

Таблиця 3.14 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, l діл., м	Питома витрата, q _{пит. макс./} л/с	Шляхова витрата, л/с
1 район				максимальна
1-2	435	217,5		10,875
2-3	256	128		6,4
3-4	820	410		20,5
4-5	300	300		15
5-6	475	475		23,75
4-7	400	200		10
7-16	1090	545		27,25
7-8	320	320		16
9-10	380	380		19
9-8	145	145		7,25
10-11	165	82,5		4,125
6-10	425	212,5		10,625
1-6	836	418		20,9
9-14	860	860		43
11-12	620	310		15,5
13-12	220	110		5,5
13-14	260	130		6,5
14-15	240	120		6
15-16	580	290	0,05	14,5
		5653,5		282,67
2 район				
13-12	220	110		4,95
13-14	260	130		5,85
14-15	240	120		5,4
15-16	580	145		6,525
16-17	1300	650		29,25
15-19	1200	1200		54
13-20	1430	715		32,175
17-18	700	350		15,75
18-19	400	200		9
19-20	280	140	0,045	6,3
		3760		169,2
3 район				
17-18	700	350		23,31
18-19	400	200		13,32
19-20	280	140		9,32
17-21	1800	900		59,94
18-22	1770	1770		58,94
20-23	1730	865		57,61
21-22	460	230		15,32
22-23	480	240	0,066	15,98
		3810		253,75
				710,62

Вузлові витрати визначаються за формулою 3.6 в табл. 3.15

Таблиця 3.15 - Визначення вузлових витрат

Нумер вузла	$(\sum Q_{шлях})_{вузл}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл}$	Зосереджена витрата
1	31,775	15,89	
2	17,275	8,64	
3	26,9	13,45	
4	45,5	22,75	
5	38,75	19,38	
6	55,275	27,64	
7	53,25	26,63	
8	23,25	11,63	
9	69,25	34,63	
10	33,75	16,88	
11	19,625	9,81	
12	25,95	12,98	
13	54,975	27,49	150,29
14	66,75	33,38	
15	86,425	43,21	
16	103,525	51,76	
17	128,25	64,13	
18	120,32	60,16	
19	78,62	39,31	
20	105,41	52,70	
21	75,26	37,63	
22	90,24	45,12	
23	73,59	36,80	245,81
	1420,18	710,09	396,1
			1106,19

Витрати води на промислових підприємствах враховуються як зосереджені витрати в точках 13 та 23.

Вихідні дані для ув'язки мережі (10 кілець, 32 ділянки) представлені на рис.3.7

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі населеного пункту 2 на ПК наводяться в Додатку Г.

Дійсна схема поточкорозподілу централізованої водопровідної мережі населеного пункту 2 представлена на рис. 3.8

Подальші розрахунки проводяться за формулами 2.19 та 2.20.

Невигідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 2.

Результати розрахунків п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі представлені в графічній частині роботи.

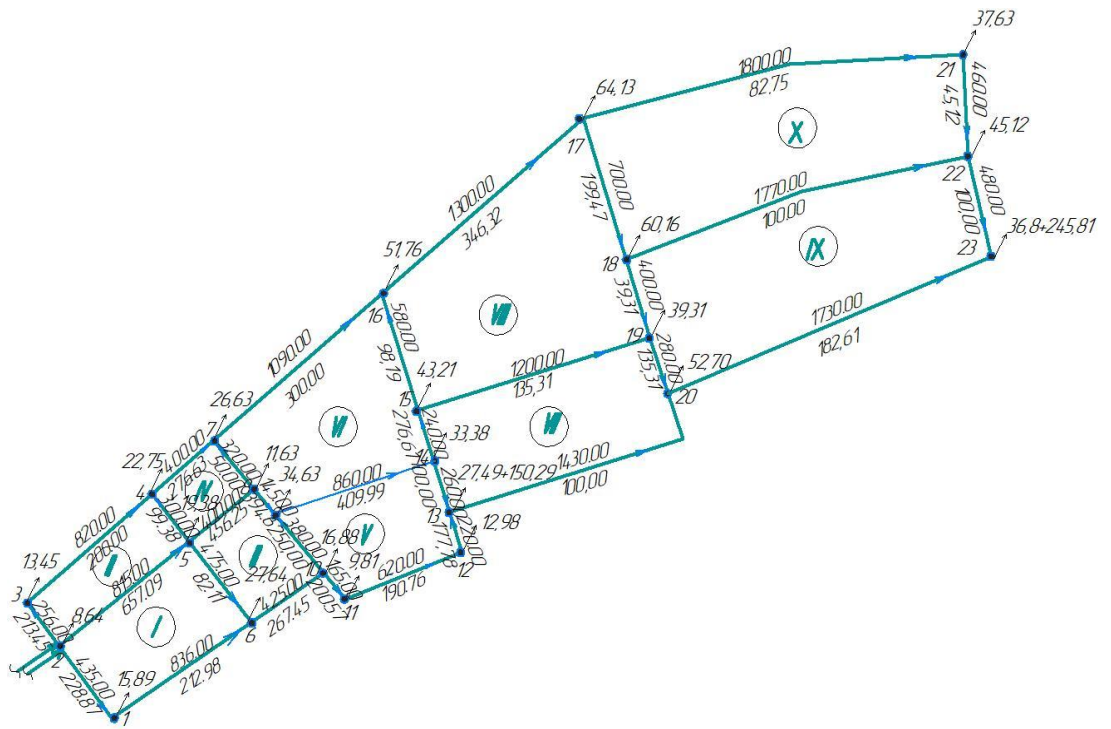


Рисунок 3.7 Вихідна розрахункова схема однострункової мережі населеного пункту 2

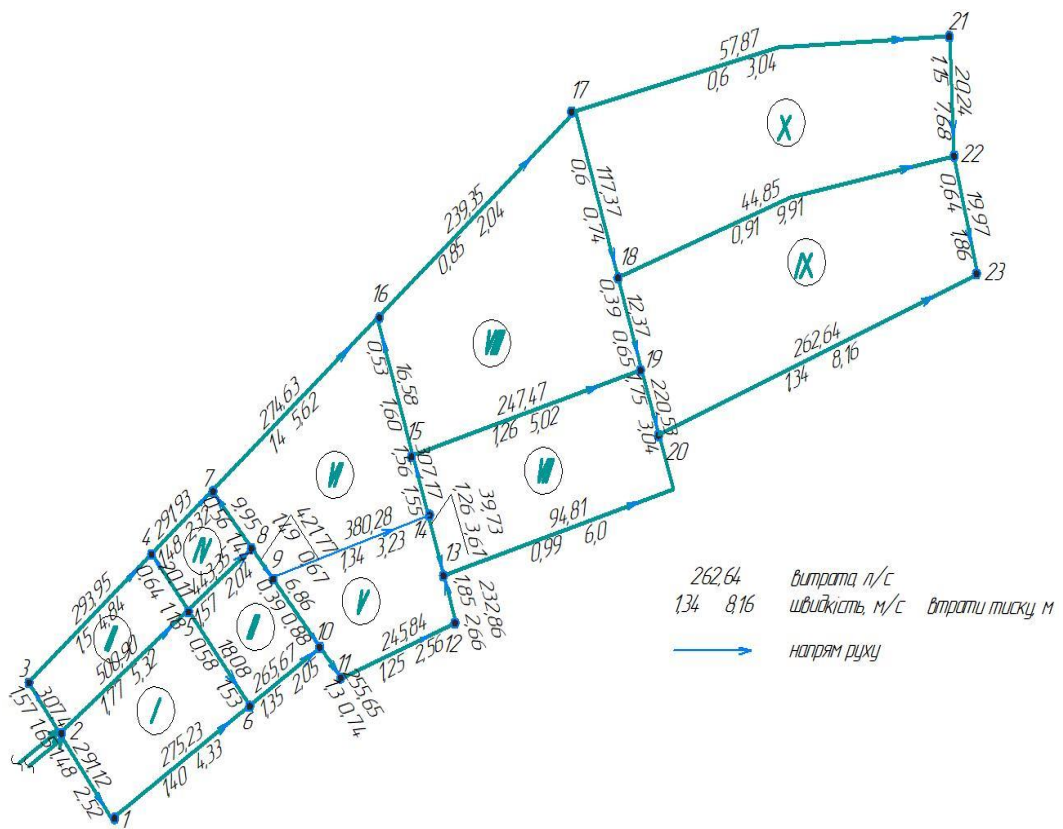


Рисунок 3.8 Дійсна схема потікорозподілу однострункової мережі населеного пункту 2

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних:

- 38 м, 30м та 26м - для години максимального водоспоживання по відповідним районам, що відповідає нормативним вимогам. Перевищення вільного напору (більше 45м) спостерігається на ділянці 21-22, що вирішується місцевими заходами.

Значення надлишкових тисків в мережі для населеного пункту 2 значно менші у порівнянні з аналогічними розрахунками для населеного пункту 1.

3.4 Розробка двохзонної мережі населеного пункту 2

Для подальших досліджень проводиться зонування водопровідної мережі населеного пункту 2.

В першу зону об'єднуються перший та другий райони, які мають 5-ти та 6-ти поверхову забудову.

Друга зона водопровідної мережі – третій район з 8-ми поверховою забудовою.

3.4.1 Гідравлічний розрахунок першої зони водопровідної мережі

Перша зона забезпечує водою 8 кілець водопровідної мережі, основними користувачами води є мешканці та промислове підприємство 1, яке приєднується до міської водопровідної мережі у вузлі 13.

Вузлові витрати у вузлах першого району залишаються незмінними і приймаються згідно розрахунків таблиці 3.14 та 3.15.

Для другого району, так як змінилися умови водорозбору шляхові та вузлові витрати розраховуються в табл. 3.16 та 3.17.

Таблиця 3.16 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, I діл., м	Питома витрата, q _{пит. макс./} л/с	Шляхова витрата, л/с
2 район				
13-12	110	220	0,045	4,95
13-14	130	260		5,85
14-15	120	240		5,4
15-16	145	580		6,525
16-17	650	1300		29,25
15-19	1200	1200		54
13-20	610	1220		27,45
17-19	550	1100		24,75
19-21	250	500		11,25

Таблиця 3.17 - Визначення вузлових витрат

Нумер вузла	$(\sum Q_{шлях})_{вузл}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл}$	Зосереджена витрата
12	25,95	12,98	
13	50,25	25,13	150,29
14	66,75	33,38	
15	86,425	43,21	
16	50,275	25,14	
17	54	27,00	
19	90	45,00	
21	38,7	19,35	

Витрата води на промисловому підприємстві 1 враховуються як зосереджена витрата у вузлі 13.

Вихідні дані для ув'язки мережі (8 кілець, 26 ділянки) представлені на рис.3.9

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі першої зони населеного пункту 2 на ПК наводяться в Додатку Ж.

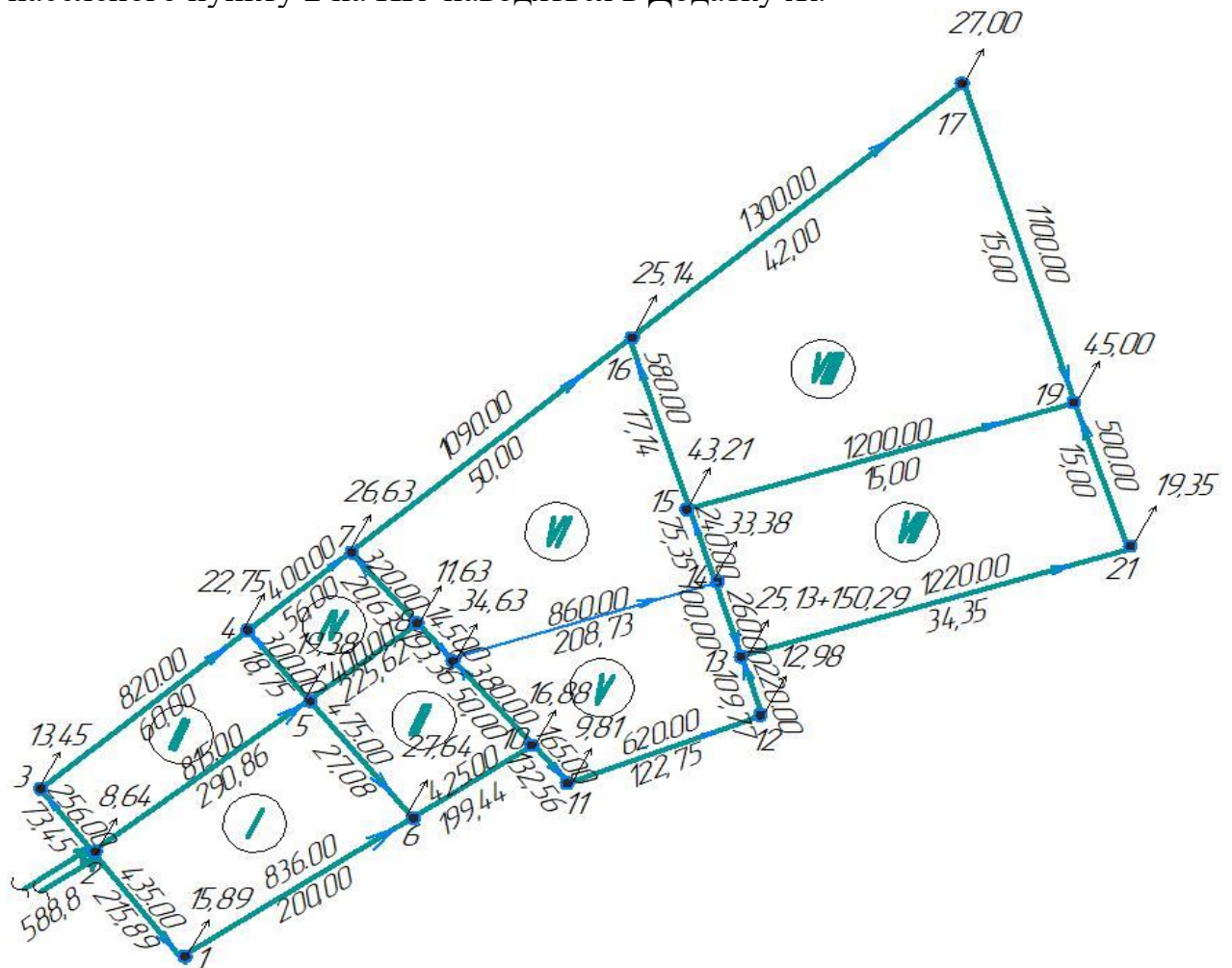


Рисунок 3.9 Вихідна розрахункова схема першої зони мережі населеного пункту 2

Дійсна схема поточкорозподілу зонованної мережі населеного пункту 2 першої зони представлені на рис. 3.10

Невигідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 3.

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних, що відповідає нормативним вимогам.

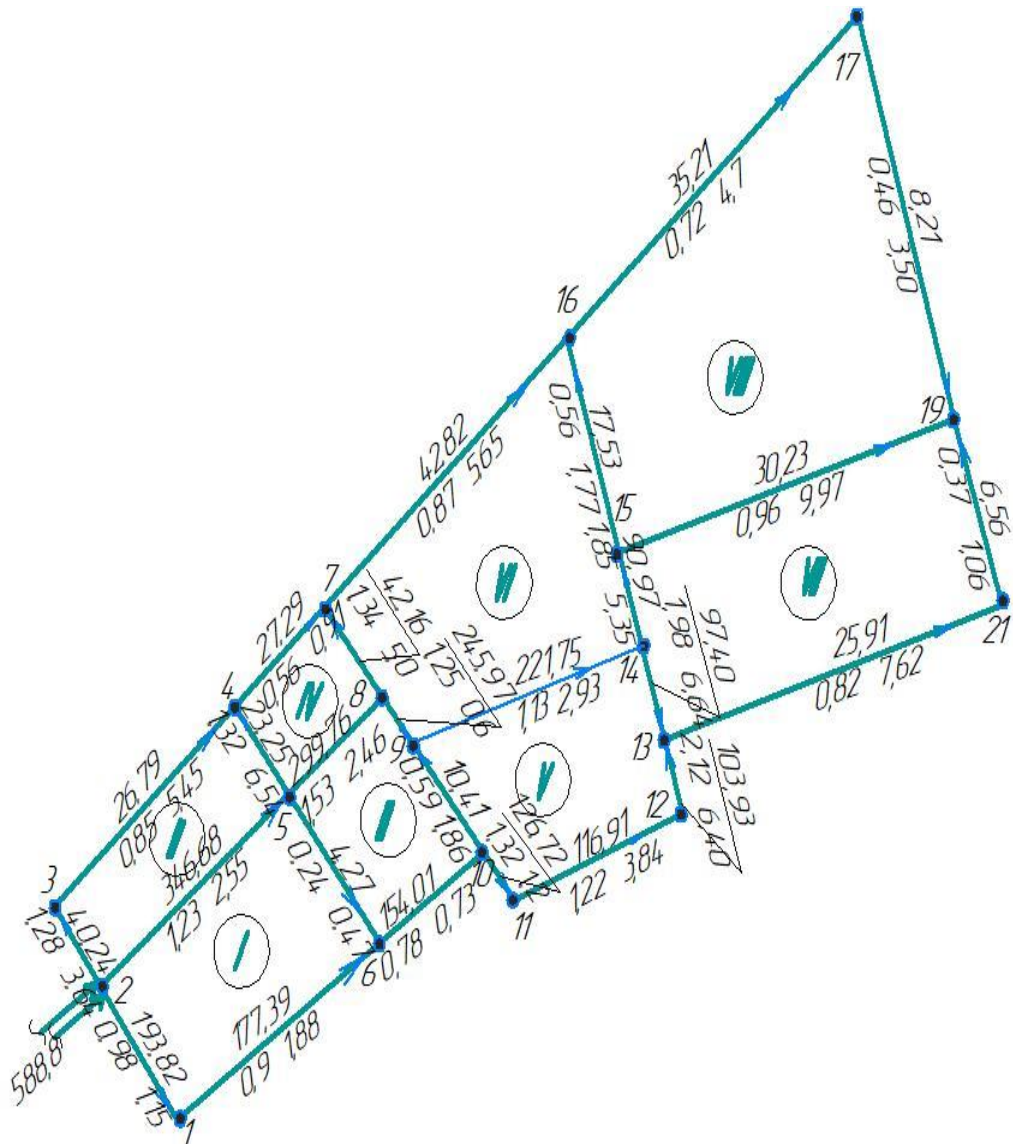


Рисунок 3.10 Дійсна схема поточкорозподілу першої зони мережі населеного пункту 2

3.4.2 Гідралічний розрахунок другої зони водопровідної мережі

Друга зона забезпечую водою 2 кільця водопровідної мережі, основними користувачами води є мешканці 3 району населеного пункту та

промислове підприємство 2, яке приєднуються до міської водопровідної мережі у вузлі 23.

Шляхові та вузлові витрати для другої зони (3-го району населеного пункту) визначаються за формулами 3.5 та 3.6 і наводяться в табл. 3.18 та 3.19

Таблиця 3.18 – Визначення шляхових витрат

Номер ділянки	Довжина ділянки, м	Розрахункова довжина, $l_{\text{діл.}}$, м	Питома витрата, $q_{\text{пит. макс.}}$ л/с	Шляхова витрата, л/с
3 район				
17!-18	700	350	0,054	18,9
18-20	680	340		18,36
17!-21	1800	900		48,6
18-22	1770	1770		95,58
20-23	1730	865		46,71
21-22	460	230		12,42
22-23	480	240		12,96
		4695		

Таблиця 3.19 - Визначення вузлових витрат

Нумер вузла	$(\sum Q_{\text{шлях}})_{\text{вузл}}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{\text{вузл}}$	Зосереджена витрата
17!	67,5	33,75	
18	132,84	66,42	
20	65,07	32,54	
21	61,02	30,51	
22	120,96	60,48	
23	59,67	29,84	245,81
	507,06	253,53	

Витрати води на промисловому підприємстві №2 враховуються як зосереджена витрата в точці 23.

Вихідні дані для ув'язки мережі (2 кільця, 7 ділянок) представлені на рис. 3.11

Результати гідравлічної ув'язки водопровідної мережі другої зони населеного пункту 2 на ПК наводяться в Додатку 3.

Невигідною точкою для години максимального водоспоживання є вузол 20.

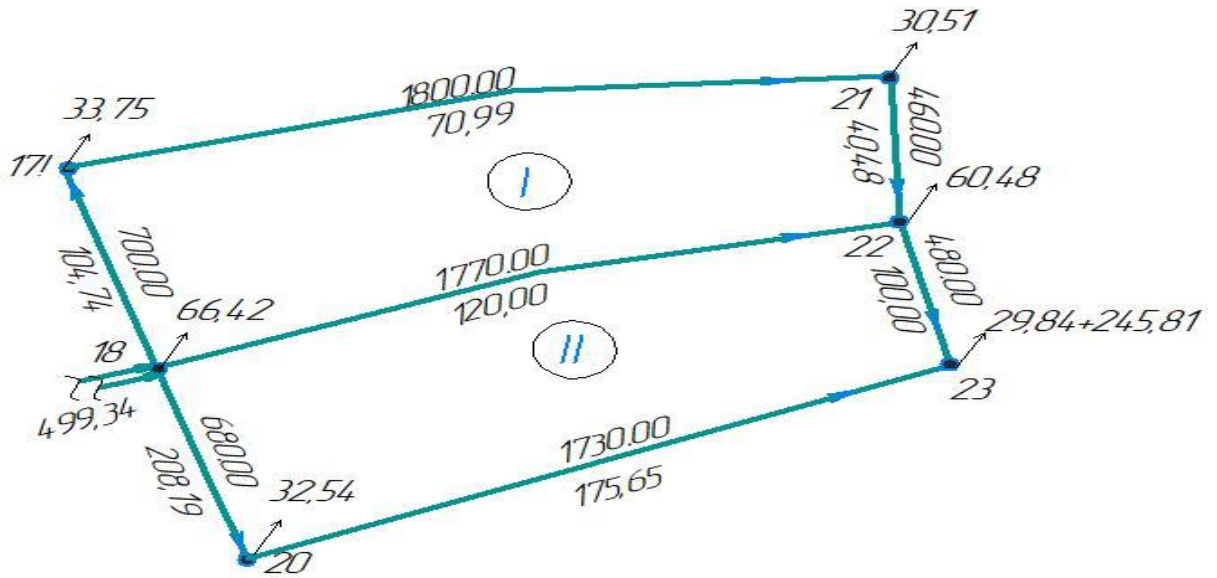


Рисунок 3.11 Вихідна розрахункова схема другої зони мережі населеного пункту

Дійсна схема поточкорозподілу зонованої водопровідної мережі другої зони населеного пункту 2 представлена на рис. 3.12

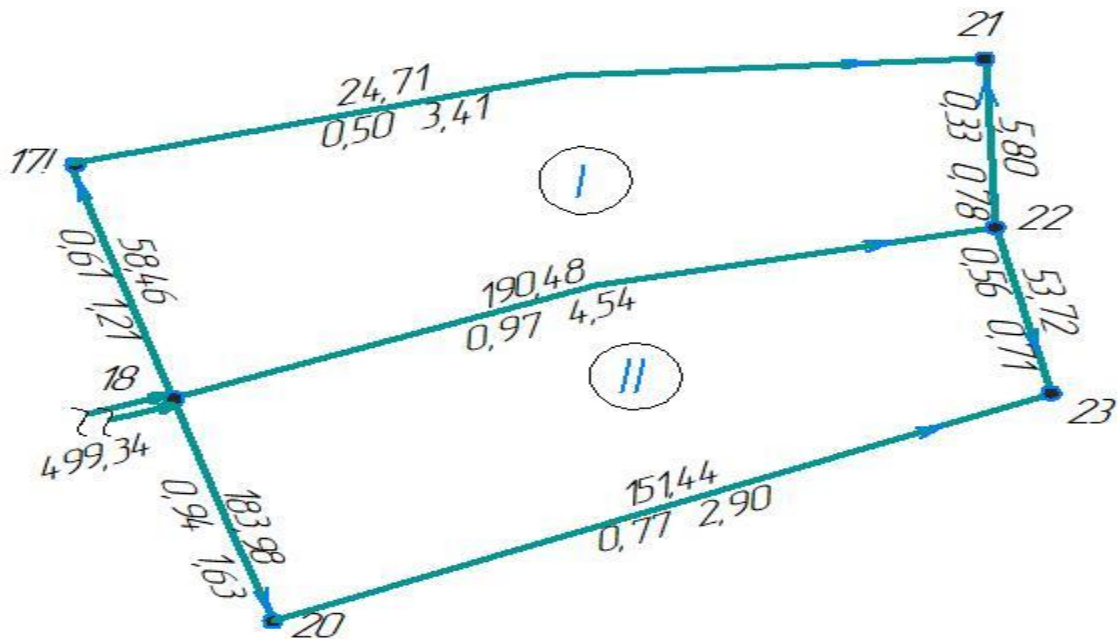


Рисунок 3.12 Дійсна схема поточкорозподілу другої зони мережі населеного пункту 2

Розрахункові вільні напори у вузлах мережі не менше потрібних, що відповідає нормативним вимогам. Перевищення нормативної межі нормативного тиску 45 м спостерігається на ділянках 21-22 та 22-23, що вирішується місцевими заходами.

3.5 Характеристика напорів досліджуваних варіантів

Для аналізу отримані розрахункові значення напорів однозонної та двохзонної систем згідно пьезометричних карт, які наведені в графічній частині роботи, зводяться в табл. 3.20 та 3.21 відповідно для населеного пункту 1 та 2.

За отриманими значеннями вільних напорів у вузлах однозонної та двохзонної мережі результати досліджень свідчать, що розбивка водопровідної мережі за паралельною схемою на дві окремі зони живлення дозволяє знизити тиск в трубопроводах.

Водопровідна мережа населеного пункту 1:

- для першої зони водопровідної мережі, яка обслуговує ділянки місцевості, які розташовані на високих позначках, спостерігається незначне зниження надлишкових тисків. Максимальне абсолютне значення різниці тисків дорівнює 5,4 м.

- для другої зони 2, яка обслуговує ділянку місцевості, яка розташована в низинах місцевості – має місце суттєве зниження надлишкового тиску, абсолютне значення якого складає від 19 м до 32 м.

Для водопровідної мережі населеного пункту 2 суттєвого зниження надлишкових тисків в мережі не спостерігається.

Тому робимо висновки, що найбільш доречнішим варіантом застосування зонування виявився варіант мережі із складним крутим рельєфом місцевості - населений пункт №1.

Визуалізація отриманих результатів дослідження водопровідної мережі представлена в графічній частині роботи в вигляді діаграми.

Таблиця 3.20 Значення напорів у вузлах для однозонної та двохзонної системи водопровідної мережі населеного пункту

1

№ вузла	Необхідний напір, м	Однозонна система			Двохзонна система			Значення зменшення напору $H_{\text{вільн1}} - H_{\text{вільн2}}$, м
		П ₁ п'єзометрична позначка, м	H _{вільн1} , вільний напір, м	H _{надл1} , надлишковий напір, м	П ₂ п'єзометрична позначка, м	H _{вільн2} , вільний напір, м	H _{надл2} , надлишковий напір, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Зона 1			
1	38	162,00	38,00	0	162,00	38,00	0	0
2	30	159,57	41,57	11,57	158,38	40,38	10,38	1,19
3	30	157,99	43,99	13,99	157,09	43,09	13,09	0,9
4	30	153,27	60,27	30,27	150,11	57,11	27,11	3,16
5	30	155,87	61,87	31,87	154,35	60,36	30,36	1,51
6	38	159,50	63,50	25,5	158,39	62,39	24,39	1,11
7	30	150,30	63,30	33,3	146,39	59,93	29,93	3,37
8	30	153,96	65,96	35,96	150,16	62,16	32,16	3,8
9	30	150,85	61,85	31,85	145,46	56,46	26,46	5,39
10	38	156,16	66,66	28,66	153,24	63,74	25,74	2,92
11	38	152,07	63,57	25,57	149,42	60,92	22,92	2,65
12	38	149,06	71,06	33,06	144,25	66,24	28,24	4,82
14	30	147,17	75,17	45,17	141,84	69,84	39,84	5,33
16	30	146,91	86,91	56,91	141,92	81,92	51,92	4,99
17	38	158,74	63,74	25,74	155,13	60,13	22,13	3,61
18	38	154,57	60,57	22,57	153,52	59,52	21,52	1,05
19	38	153,68	60,68	22,68	152,55	59,55	21,55	1,13
20	38	151,66	63,66	25,66	151,39	63,69	25,69	-
21	38	151,96	64,96	26,96	151,15	64,15	26,15	0,81
22	38	149,60	67,60	29,6	145,69	63,69	25,69	3,91
28	38	158,40	48,40	10,4	158,94	48,94	10,94	-

Продовження табл.3.20

1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Зона 2			
13	38	146,48	71,48	33,48	122,84	51,84	13,84	19,64
15	30	155,50	73,50	43,5	120,29	49,29	23,29	20,21
16!	26	-	-	-	115,79	55,79	29,79	-
23	38	147,92	74,92	36,92	118,47	45,47	7,47	29,45
24	38	142,11	83,11	45,11	116,28	57,28	19,28	25,83
25	38	138,74	83,74	45,74	118,97	63,97	25,97	19,77
26	26	140,44	88,44	62,44	114,50	62,50	36,5	25,94
27	26	140,36	90,36	64,36	108,30	58,30	32,3	32,06
22!	38	-	-	-	120,00	38	0	-

Таблиця 3.21 Значення напорів у вузлах для однозонної та двохзонної системи водопровідної мережі населеного пункту

2

№ вузла	Необхідний напір, м	Однозонна система			Двохзонна система			Значення зменшення напору $H_{\text{вільн1}} - H_{\text{вільн2}}$, м
		П ₁ п'єзометрична позначка, м	H _{вільн1} , вільний напір, м	H _{надл1} , надлишковий напір, м	П ₂ п'єзометрична позначка, м	H _{вільн2} , вільний напір, м	H _{надл2} , надлишковий напір, м	
1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Зона 1			
1	30	148,98	31,98	1,98	152,52	34,52	4,52	-2,54
2	30	151,50	30,00	0	152,64	31,14	1,14	-1,14
3	30	149,85	30,85	0,85	149,00	30,00	0	0,85
4	30	145,01	38,01	8,01	143,55	36,55	6,55	1,46
5	30	146,18	37,18	7,18	150,09	41,09	11,09	-3,91
6	30	144,65	36,65	6,65	149,64	41,64	11,64	-4,99
7	30	142,69	39,69	9,69	142,64	39,64	9,64	0,05
8	30	144,12	40,12	10,12	147,63	40,63	10,63	-0,51
9	30	143,45	39,45	9,45	147,03	43,03	13,03	-3,58
10	30	142,60	38,60	8,6	148,91	44,91	14,91	-6,31
11	30	141,86	37,86	7,86	147,71	43,71	13,71	-5,85
12	30	139,27	41,27	11,27	143,87	45,87	15,87	-4,6
13	30	136,61	39,11	9,11	137,47	39,97	9,97	-0,86
14	30	140,22	42,72	12,72	144,10	46,60	16,6	-3,88
15	30	138,67	41,07	11,07	138,67	41,07	11,07	0
16	30	137,07	41,87	11,87	136,99	41,79	11,79	0,08
17	38	135,03	45,03	7,03	132,29	42,29	4,29	2,74
19	38	133,65	41,65	3,65	128,79	36,79	10,79	-7,14
21*	30	-	-	-	129,83	37,85	7,85	-

1	2	3	4	5	6	7	8	9
					Друга зона			
17!	38				129,42	39,42	1,42	-
18	38	134,30	43,03	5,03	130,63	39,63	1,63	3,4
20	38	130,61	39,61	1,61	129,00	38,00	0	1,61
21	38	131,99	55,99	17,99	126,01	50,01	12,01	5,98
22	38	124,31	47,31	9,31	126,79	49,79	11,79	-2,48
23	38	122,45	45,95	7,95	126,08	49,58	11,58	-3,63

3.6 Визначення основних розрахункових параметрів насосів

Параметри насосів визначаються для населеного пункту 1, як варіанту який має більш ефективні технічні показники.

3.6.1 Розрахунок насосів однозонної водопровідної мережі

Насосна станція для однозонної водопровідної мережі населеного пункту розраховується на максимальну витрату води в населеному пункті. Графік водоспоживання населеного пункту та подачі насосної станції II підйому представляється на рис. 3.13

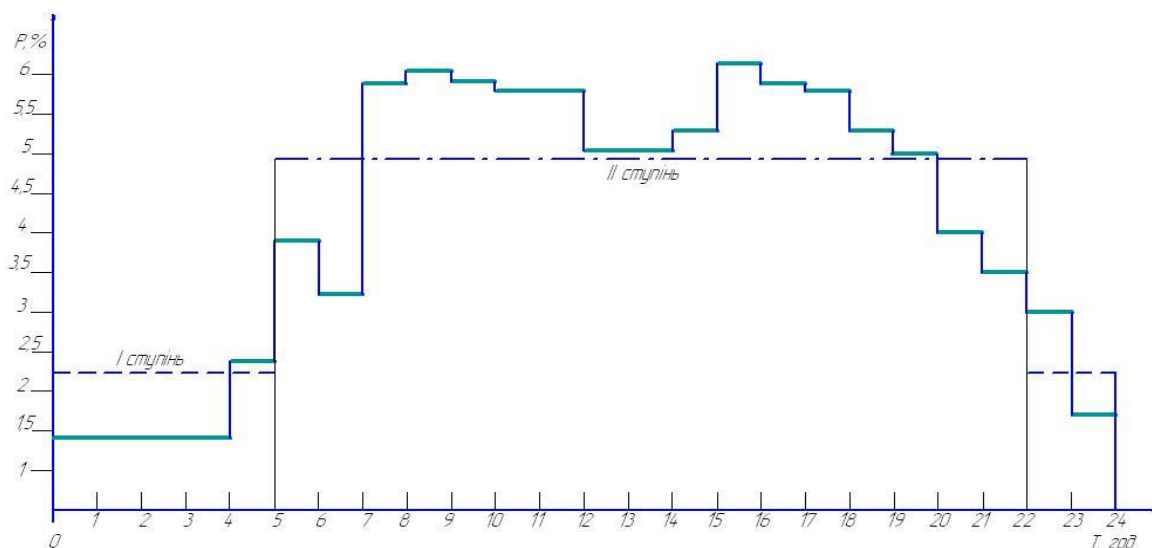


Рисунок 3.13 Графік сумісної роботи насосної станції однозонної водопровідної мережі населеного пункту 1

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня складає:

$$Q_{i.n.c} = Q_{доб} \times P_i / 100, \quad (3.14)$$

де P_i и $Q_{i.n.c}$ – подача кожного ступеня насосної станції у відсотках, % та $m^3/год$ відповідно

$$P_I = 2,2 \%, P_{II} = 4,98 \%$$

$Q_{доб}$ - добова витрата води населеним пунктом, $m^3/доб$ $Q_{доб} = 65031,7 m^3/доб$

за табл. 3.1

$$Q_I = 65031,7 * 2,2 / 100 = 1430,69 m^3/год = 397,42 л/с$$

$$Q_{II} = 65031,7 * 4,98 / 100 = 3238,57 m^3/год = 899,6 л/с$$

Витрата кожного напірного водовода ($n_n = 2$):

$$Q_{н.в.} = Q_{max.н.ст} / n_n, \quad (3.15)$$

де n_n - кількість напірних водоводів.

$$Q_{н.в.} = 899,6 / 2 = 449,8 \text{ л/с}$$

Діаметри трубопроводів призначаються за необхідною витратою в залежності від допустимої швидкості води в трубопроводах, існуючих сортаментів труб та запірної - регулюючої арматури.

Для напірних трубопроводів:

$$Q_{нап} = 449,8 \text{ л/с} \quad D=600 \text{ мм} \quad v=1,59 \text{ м/с}, \quad i=0,0052 \text{ [26];}$$

Розрахунковий напір насосів визначається:

$$H_p = H_r + h_k + h_e + h_z, \quad (3.16)$$

де H_r - геометрична висота підйому води;

h_k - сумарні втрати напору у всмоктуючих та напірних комунікаціях насосної станції, приймаються 2,0-3,0 м, [27];

h_e - втрати напору у водоводах при максимальній подачі насосної станції;

h_z - запас на вилив з напірного трубопроводу, приймається 1 м [27];

Геометрична висота підйому:

$$H_z = \Pi_1 - z, \quad (3.17)$$

де Π_1 - пьезометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі, м

$\Pi_1 = 162,00$ м за графічною частиною роботи;

z - позначка пожежного рівня води в резервуарах чистої води - для випадку максимального водоспоживання. Для узагальнених розрахунків умовно приймається за позначкою місця розташування насосної станції згідно графічної частини.

Геометрична висота підйому води для випадку максимального водоспоживання

$$H_{геом} = 162,00 - 80,00 = 82,00 \text{ м}$$

Втрати напору у напірних водоводах розраховуються:

$$h = 1,1 \text{ il} \quad (3.18)$$

де i - питомі втрати напору [26];
 l - довжина напірного водоводу, за графічною частиною $l = 1,5$ км

$v = 0,7$ м/с, $i = 0,0011$ [26];

$$h = 1,1 * 0,0052 * 1500 = 8,58 \text{ м}$$

$$H_{p11} = 82,00 + 2,0 + 8,58 + 1,0 = 93,58 \text{ м}$$

За графіком характеристик Q-H насосів типа Д визначається марка насосів, які відповідають необхідним параметрам [28].

Приймається насос марки Д 1600-90 при $n = 1980$ об/хв., $D = 540$

Електродвигуни підбираються на підставі потужності та частоти обертів робочого колеса насосу.

Потужність насосу:

$$P_n = \rho g QH / (1000 \eta_n), \quad (3.19)$$

де ρ - щільність рідини, кг/м³;

Q - подача насосу, м³/с;

H - напір насосу, м;

η_n - ККД насосу.

$$P_n = 1000 * 9,81 * 0,31 * 94 / 1000 * 0,85 = 336 \text{ кВт}$$

Подача води в годину максимального водоспоживання зва однозонною схемою забезпечується паралельною роботою трьох однотипових насосів марки Д 1600-90 (один насос забезпечую подачу першого ступеню, три насоси – забезпечують подачу другого).

3.6.2 Розрахунок насосів двохзонної водопровідної мережі

При розбивці мережі на окремі зони (першу та другу зони) кожна з них має окрему точку живлення. При паралельній схемі зонування подача води в кожную зону водопровідної мережі здійснюється окремою групою насосів, які встановлюються в одній будівлі насосної станції, при цьому кожна група насосів мають свої напірні лінії.

Графік водоспоживання першої зони населеного пункту та подачі насосної станції II підйому представляється на рис. 3.14

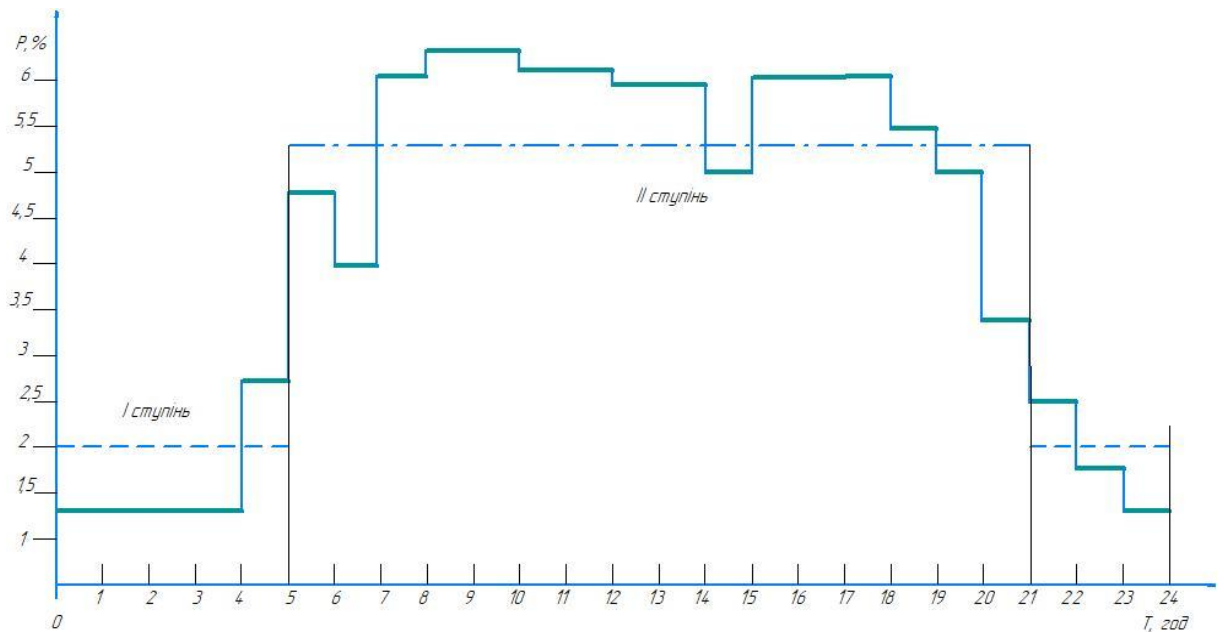


Рисунок 3.14 Графік сумісної роботи насосної станції двоохзонної водопровідної мережі першої зони

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня за формулою 3.14 складає за умови : $P_I = 2,0 \%$, $P_{II} = 5,25 \%$ $Q_{\text{доб}} = 26951,6 \text{ м}^3/\text{доб}$ за табл. 3.6

$$Q_I = 26951,6 * 2,0 / 100 = 539,03 \text{ м}^3/\text{год} = 149,73 \text{ л/с}$$

$$Q_{II} = 26951,6 * 5,25 / 100 = 1414,96 \text{ м}^3/\text{год} = 393,04 \text{ л/с}$$

Витрата кожного напірного водовода ($n_n = 2$) за формулою 3.15 :

$$Q_{\text{н.в.}} = 393,04 / 2 = 196,5 \text{ л/с}$$

Для напірних трубопроводів:

$$Q_{\text{нап}} = 196,5 \text{ л/с} \quad D=500 \text{ мм} \quad v=1,00 \text{ м/с}, \quad i=0,0027 \text{ [26];}$$

Геометрична висота підйому за формулою 3.17:

$$H_{\text{геом}} = 162,00 - 80,00 = 82,00 \text{ м}$$

Втрати напору у напірних водоводах за формулою 3.18:

$$h = 1,1 * 0,0027 * 1500 = 4,45 \text{ м}$$

Розрахунковий напір насосів за формулою 3.16 складає:

$$H_{p11} = 82,00 + 2,0 + 4,45 + 1,0 = 89,45 \text{ м}$$

За графіком характеристик Q-H насосів типа Д визначається марка насосів, які відповідають необхідним параметрам [28].

Приймається насос марки Д 1600-90 при $n = 1980$ об/хв., $D = 480$ мм

Електродвигуни підбираються на підставі потужності та частоти обертів робочого колеса насосу.

Потужність насосу за формулою 3.19:

$$P_H = 1000 * 9,81 * 0,2 * 89 / 1000 * 0,85 = 205 \text{ кВт}$$

Подача води в годину максимального водоспоживання першої зони за двохзонною схемою забезпечується паралельною роботою двох однотипових насосів марки Д 1600-90 (роботу першого ступеню забезпечує один насос, другого- два насоси).

Графік водоспоживання другої зони населеного пункту та подачі насосної станції II підйому представляється на рис. 3.15

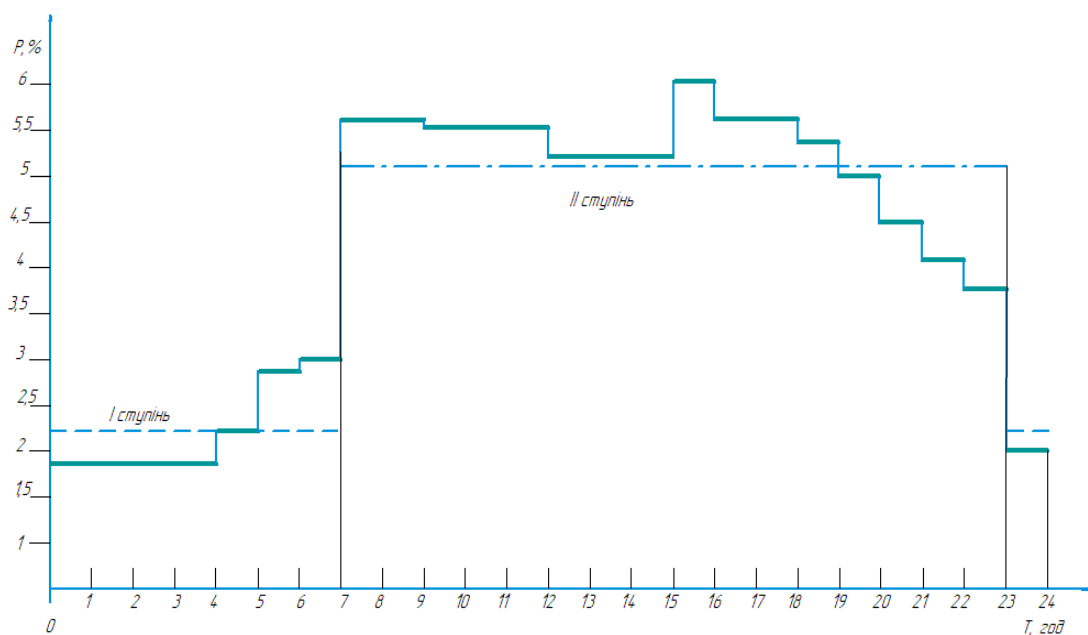


Рисунок 3.15 Графік сумісної роботи насосної станції двохзонної водопровідної мережі другої зони

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня за формулою 3.14 складає за умови : $P_I = 2,2 \%$, $P_{II} = 5,15 \%$ $Q_{\text{доб}} = 38080,22 \text{ м}^3/\text{доб}$ за табл. 3.11

$$Q_I = 38080,22 * 2,2 / 100 = 837,75 \text{ м}^3/\text{год} = 232,71 \text{ л/с}$$

$$Q_{II} = 38080,22 * 5,15 / 100 = 1961,13 \text{ м}^3/\text{год} = 544,76 \text{ л/с}$$

Витрата кожного напірного водовода ($n_n = 2$) за формулою 3.15 :

$$Q_{\text{н.в.}} = 544,76 / 2 = 272,38 \text{ л/с}$$

Для напірних трубопроводів:

$$Q_{\text{нап}} = 272,38 \text{ л/с} \quad D=600 \text{ мм} \quad v=0,96 \text{ м/с}, \quad i=0,0019 \text{ [26];}$$

Геометрична висота підйому за формулою 3.17:

$$H_{\text{геом}} = 122,84 - 80,00 = 42,84 \text{ м}$$

Втрати напору у напірних водоводах за формулою 3.18:

$$h = 1,1 * 0,0019 * (1500 + 2000) = 7,3 \text{ м}$$

Розрахунковий напір насосів за формулою 3.16 складає:

$$H_{\text{рп1}} = 42,84 + 2,0 + 7,3 + 1,0 = 53,14 \text{ м}$$

За графіком характеристик Q-H насосів типа Д визначається марка насосів, які відповідають необхідним параметрам [28].

Приймається насос марки Д 800-57 при $n = 1450 \text{ об/хв.}$, $D = 432 \text{ мм}$

Електродвигуни підбираються на підставі потужності та частоти обертів робочого колеса насосу.

Потужність насосу за формулою 3.19:

$$P_n = 1000 * 9,81 * 0,275 * 54 / 1000 * 0,85 = 171 \text{ кВт}$$

Подача води в годину максимального водоспоживання другої зони за двохзонною схемою забезпечується паралельною роботою двох однотипових насосів марки Д 800-57 (один насос забезпечує подачу на першому ступені, два насоси – подачу другого ступеню).

Таким чином при зонуванні мережі населеного подача води для двох зон забезпечується роботою: двох насосів марки Д 1600-90 - перша зона та двох насосів марки Д 800-57 - друга зона.

3.7 Витрати електроенергії в водопровідних мережах

Для порівняння доцільності досліджуваних варіантів населеного пункту 1 визначається економічна ефективність однозонної та двохзонної водопровідних мереж населеного пункту 1. Для цього визначаються витрати електроенергії для обох варіантів.

Витрати електроенергії прямо пропорційні кількості поданої води і визначаються за питомими витратами [29].

3.7.1 Розрахунок потреб електроенергії однозонної мережі

Витрати електроенергії для однозонної водопровідної мережі визначаються за питомими витратами.

Для визначення питомих витрат електроенергії для насосних станцій з однією групою насосів обчислюється середня питома витрата електроенергії [30] :

$$\rho_{\text{ср}} = 0,01 \sum (P_i * \rho_i), \quad (3.20)$$

де P_i - погодинна подача насосів, % загальних витрат на добу,

при двохступеневій подачі: $P_I = 2,2\%$, $P_{II} = 4,98\%$

ρ_i - питома витрата електроенергії в дану годину.

$$\rho_i = \sum P / \sum Q, \quad (3.21)$$

$\sum P$ – сумарна потужність одночасно працюючих двигунів, кВт

$\sum Q$ - сумарна подача води насосами, м³/ год

Для двохступеневого режиму:

$$\rho_1 = 336/1430,69 = 0,23$$

$$\rho_2 = 3*336/3238,57 = 0,31$$

$$\rho_{\text{ср}1} = 0,01 * (2,2 * 0,23 * 7 + 4,98 * 0,31 * 17) = 0,29$$

Річні витрати електроенергії:

$$E_p = Q_{\text{ср. доб.}} * n * \rho_{\text{ср}}, \quad (3.22)$$

де $Q_{\text{ср. доб.}}$ - добове водоспоживання населеним пунктом, м³/ добу

$$Q_{\text{ср. доб}} = 65031,7 \text{ м}^3 / \text{добу}$$

n – число діб роботи насосів за рік, 365 діб.

$$E_p = 65031,7 * 365 * 0,29 = 6883605,44 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії за рік :

$$B_p = E_p * C, \quad (3.23)$$

де E_p - річна витрата електроенергії, кВт год за рік.

C - ціна 1 кВт год, грн. $C = 4,85$ грн [31]

$$B = 6883605,44 * 4,85 = 33385,48 \text{ тис. грн.}$$

3.7.2 Розрахунок потреб електроенергії двохзонної мережі

Витрати електроенергії для двохзонної водопровідної мережі визначаються за питомими витратами кожної зони.

Розрахунок для першої зони водопровідної мережі.

При двохступеневій подачі насосів питома витрата енергії в дану годину за формулою 3.21:

$$\rho_1 = 205/539 = 0,38$$

$$\rho_2 = 2*205/1415 = 0,29$$

Усереднена питома витрата електроенергії визначається за формулою 3.20:

$$\rho_{\text{сер}1} = 0,01 * (2,0 * 0,38 * 8 + 5,25 * 0,29 * 16) = 0,3$$

Річні витрати електроенергії за формулою 3.22 для $Q_{\text{сер. доб}} = 26951,6 \text{ м}^3/\text{добу}$:

$$E_p = 26951,6 * 365 * 0,3 = 2951200 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії за рік за формулою 3.23 для першої зони водопровідної мережі складають:

$$B = 2951200 * 4,85 = 14313,321 \text{ тис. грн.}$$

Розрахунок для другої зони водопровідної мережі.

При двохступеневій подачі насосів питома витрата енергії в дану годину за формулою 3.21:

$$\rho_1 = 171 / 838 = 0,2$$

$$\rho_2 = 2*171/1961 = 0,174$$

Усереднена питома витрата електроенергії визначається за формулою 3.20:

$$\rho_{\text{сер}1} = 0,01 * (2,2 * 0,2 * 8 + 5,15 * 0,174 * 16) = 0,178$$

Річні витрати електроенергії за формулою 3.22 для $Q_{\text{сер. доб}} = 38080,22 \text{ м}^3/\text{добу}$:

$$E_p = 38080,22 * 365 * 0,178 = 2474071,89 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії за рік за формулою 3.23 для першої зони водопровідної мережі складають:

$$B = 2474071,89 * 4,85 = 11999,248 \text{ тис. грн.}$$

Загальна вартість електроенергії для двохзонної мережі складає:

$$B_{\text{заг.}} = 14313,321 + 11999,248 = 26312,57 \text{ тис. грн.}$$

Економія витрат електроенергії на подачу та розподіл води складає:

$$6883605,44 - (2951200 + 2474071,89) = 1458333,55 \text{ кВт}$$

Різниця витрат на електроенергію між однозонною та двохзонною водопровідною мережею складають: $33385,48 - 26312,57 = 7072,91$ тис. грн.

Висновки

1. В ході виконання роботи були проведені теоретичні дослідження роботи водопровідних мереж для двох населених пунктів з різною конфігурацією та рельєфом місцевості.

2. Виконані гідравлічні розрахунки для однозонних та двозонних мереж. Результати п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі представлені в графічній частині роботи.

3. В ході виконання розрахунків та аналізу результатів проведених досліджень було визначено, що при проектуванні водопровідної мережі на більшості ділянок для населеного пункту 1 (із складним рельєфом) фактичні напори в мережі значно перевищують необхідні напори, що потребує розробки додаткових заходів. Для населеного пункту зі спокійним пологим рельєфом – напори в межах нормативних відхилень.

4. Таким чином можливо зробити висновки, що на формування напорів в водопровідній мережі значний вплив має рельєф місцевості.

5. Проведені гідравлічні розрахунки для досліджуваних варіантів мереж підтверджують, що зонування мережі при складних топографічних умовах місцевості (на прикладі розрахунків для населеного пункту 1) є доцільним з технічних (зменшення надлишкових тисків) та економічних міркувань.

6. Виконання зонування водопровідної мережі населеного пункту 1 привело до зниження надлишкового тиску в мережі до 32 м, і таким чином дозволило скоротити витрати енергії на подачу та розподіл води згідно розрахунків - 1458333,55 кВт, в грошовому еквіваленті на 7072,91 тис. грн.

7. Результати проведених розрахунків свідчать, що при проектуванні та реконструкції водопровідних мереж потрібно мати

декілька варіантів технічних рішень, з подальшим техніко-економічним обґрунтуванням.

Перелік посилань

1. ДБН В.2.5 – 74: 2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. [Чинний від 01.03.2013]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с.
2. Методичні рекомендації з розроблення схем оптимізації роботи систем централізованого водопостачання і водовідведення. Затв. наказом МЖКГ України 23.12.2010 № 476.м. Київ. 9с.
3. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с.
4. Ткачук О., Косінов В., Новицька О., 2011. Системи подачі та розподілення води населених пунктів. Рівне: НУВГП. 273с.
5. Ткачук О., Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. Монографія. Рівне: НУВГП, 2008. 301с.
6. Ткачук О., Хомко В., Оцінка ефективності регулювання напорів у водопровідній мережі м. Рівного //Вісник Національного університету водного господарства та природокористування. Рівне: НУВГП. С. 346 –353
7. Ткачук О.А., Шадура В.О. Водопровідні мережі: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2004, 117с.
8. Ткачук О.А., Шадура В.О. Водопровідні мережі: навч. посіб. Рівне: НУВГП, 2010, 146с.
9. Матяш О.В., Новохатній В.Г. Аналіз пропускної спроможності діючої водопровідної мережі.// Збірник наукових праць. Серія: Галузеве машинобудування, будівництво. Вип. 1 (46). – 2016.

10. Ткачук А., Новицкая О., Гидравлические расчеты водопроводных сетей систем подачи и распределения воды. «Вода Magazine», №10 (26), 2009. С. 50–53
11. Петросов В.А. Стійкість водопостачання. Х: Фактор, 2007, 360с.
12. Ткачук О., Ткачук А., Оптимізація роботи системи подачі та розподілення води м. Хмельницький// Науковий вісник будівництва. Вип.69. Харків: ХДТУБА, ХОТВАБУ. 2012. С. 338–342
13. Minaychev, A. Development of the method of distribution of memory in nonstationary loaded information processing systems [Text] / A. Minaychev // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. –V.1. – N. 9(91). – P. 46–53. doi: <https://doi.org/10.15587/1729-4061.2018.123257>
14. Нор В. В., Хомуцька Т. П. Вибір енергоощадних технологій подачі води у водопровідній мережі // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки. 2018. Вип. 30. С. 48–56.
15. Добровольська О.Г, Світлична В.Б. Моніторинг та удосконалення інженерних об'єктів: конспект лекцій. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 134 с.
16. Гіп Т.Р. Технічний стан систем централізованого водопостачання та водовідведення . Інститут місцевого розвитку. М. Київ. 2018.
17. Ніколенко І.В. Методика оцінки техніко-економічної ефективності гідромашин насосних станцій систем водопостачання та водовідведення: НИЦ КИПУ, 2008. № 16. С.22 – 25
18. Енергозбереження – пріоритетний напрямок державної політики України / М.П. Ковалко, С.П. Денисюк К: УЕЗ, 1998. 506 с.
19. Українець М.О., Сокольник В.І. Вдосконалення систем водопостачання: навч. посібник. Запоріжжя: ЗДІА, 2005. 98с.
20. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання та водовідведення в Україні у 2022 р Міністерство

розвитку громад, територій та інфраструктури України. Київ. 2023 URL <https://mtu.gov.ua/files/> (дата звернення: 01.10.2023).

21. Ісаєв М.Г., Мхітарян. Економія води у структурі водоспоживання. Сантехніка. 200. Вип. 3

22. Битюкова Д.А., Шкилева А.А. Сравнение стоимости двух систем зонирования: последовательная и параллельная // Universum: технические науки: электрон. научн. журн. 2022. 12 (105)

23. Українець М.О. Водопровідні мережі: навч. Посібник Запоріжжя: ЗДІА, 2002. 186с.

24. Дегтяр М.В. Споруди і обладнання водопостачання. Конспект лекцій. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2016. 93 с.

25. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Курсовое проектирование. Київ: Вища шк., 1980. 270с.

26. Орлов В. О., Тугай Я. А., Орлова А. М. Водопостачання та водовідведення : підручник. Київ : Знання, 2011. 359 с.

27. Тугай А.М., Орлов В.О. Водопостачання: підручник. Київ, 2008. 735 с.

28. Залуцький Е.В., Петрухно О.І. Насосні станції. Київ: Вища школа, 1999. 167 с.

29. А.І. Терещук «Економіка систем водопостачання та каналізації» К.: Будівельник, 1980. 88с.

30. Світлична В.Б. Економічне обґрунтування проектів водопровідно-каналізаційного господарства. Методичні вказівки. Запоріжжя: ЗДІА, 2007. 39 с.

31. ПАТ «Запоріжжяобленерго». *Тарифи на електропостачання для підприємств.* URL <http://www.zoe.com.ua/предприятия/> (дата звернення: 01.12.2023).

Додаток А

e= .01000 nk= 13 ny= 40

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	435.00	471.18	600.00	c	2	256.00	271.76	500.00	c	3	705.00	239.70	500.00	c
4	820.00	261.83	500.00	c	5	815.00	178.00	400.00	c	6	836.00	364.45	600.00	c
7	860.00	221.51	500.00	c	8	300.00	60.80	250.00	c	9	475.00	50.82	250.00	c
10	420.00	121.20	350.00	c	11	306.00	30.00	150.00	c	12	202.00	232.06	500.00	c
13	400.00	305.83	500.00	c	14	400.00	131.29	350.00	c	15	425.00	153.83	400.00	c
16	430.00	69.21	150.00	c	17	400.00	225.06	500.00	c	18	320.00	55.32	200.00	c
19	145.00	60.00	200.00	c	20	380.00	71.88	250.00	c	21	165.00	62.63	250.00	c
22	265.00	50.62	150.00	c	23	535.00	10.00	150.00	c	24	1090.00	341.49	600.00	c
25	860.00	106.32	350.00	c	26	620.00	90.72	300.00	c	27	400.00	193.33	450.00	c
28	580.00	69.10	250.00	c	29	260.00	50.00	250.00	c	30	250.00	30.00	150.00	c
31	220.00	33.60	200.00	c	32	750.00	22.17	150.00	c	33	1300.00	235.83	500.00	c
34	1200.00	74.90	300.00	c	35	860.00	34.12	150.00	c	36	380.00	189.00	450.00	c
37	1070.00	36.64	150.00	c	38	820.00	10.00	150.00	c	39	450.00	10.00	150.00	c
40	820.00	175.05	400.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

Результати ув'язки

Нумер		код		діаметр		довжина		витрата		швидкість		втрати	
Ділянки		ділянки		ділянки		ділянки		л/с		м/с		напору	
:	1	:	0- 6	:	600.00	:	435.00	:	463.24	:	1.64	:	2.43
:	2	:	0- 7	:	500.00	:	256.00	:	300.07	:	1.53	:	1.58
:	3	:	1- 0	:	500.00	:	705.00	:	273.49	:	1.39	:	3.60
:	4	:	0- 7	:	500.00	:	820.00	:	290.14	:	1.48	:	4.72
:	5	:	7- 6	:	400.00	:	815.00	:	141.75	:	1.13	:	3.70
:	6	:	6- 1	:	600.00	:	836.00	:	338.59	:	1.20	:	2.50
:	7	:	1- 0	:	500.00	:	860.00	:	255.30	:	1.30	:	3.83
:	8	:	7- 9	:	250.00	:	300.00	:	56.42	:	1.15	:	2.60
:	9	:	6- 8	:	250.00	:	475.00	:	52.71	:	1.07	:	3.62
:	10	:	2- 1	:	350.00	:	420.00	:	60.17	:	.63	:	.76
:	11	:	3- 1	:	150.00	:	306.00	:	18.16	:	1.03	:	4.17
:	12	:	3- 0	:	500.00	:	202.00	:	254.01	:	1.29	:	.89
:	13	:	0- 9	:	500.00	:	400.00	:	329.76	:	1.68	:	2.97
:	14	:	9- 8	:	350.00	:	400.00	:	101.31	:	1.05	:	1.90
:	15	:	8- 2	:	400.00	:	425.00	:	187.12	:	1.49	:	3.32
:	16	:	2- 3	:	150.00	:	430.00	:	20.02	:	1.13	:	7.04
:	17	:	3- 0	:	500.00	:	400.00	:	247.01	:	1.26	:	1.67
:	18	:	9-11	:	200.00	:	320.00	:	35.95	:	1.14	:	3.67
:	19	:	11- 8	:	200.00	:	145.00	:	49.39	:	1.57	:	3.11
:	20	:	8-10	:	250.00	:	380.00	:	72.00	:	1.47	:	5.31
:	21	:	10- 2	:	250.00	:	165.00	:	95.80	:	1.95	:	4.08
:	22	:	2- 4	:	150.00	:	265.00	:	-5.50	:	.31	:	.41
:	23	:	3- 4	:	150.00	:	535.00	:	3.07	:	.17	:	.30
:	24	:	0-11	:	600.00	:	1090.00	:	346.05	:	1.22	:	3.39
:	25	:	11-10	:	350.00	:	860.00	:	95.84	:	1.00	:	3.68
:	26	:	10- 4	:	300.00	:	620.00	:	67.77	:	.96	:	3.02
:	27	:	4- 0	:	450.00	:	400.00	:	222.21	:	1.40	:	2.36
:	28	:	13-11	:	250.00	:	580.00	:	37.98	:	.77	:	2.41
:	29	:	11-12	:	250.00	:	260.00	:	61.90	:	1.26	:	2.68
:	30	:	12-10	:	150.00	:	250.00	:	7.61	:	.43	:	.69
:	31	:	10- 5	:	200.00	:	220.00	:	36.38	:	1.16	:	2.58
:	32	:	5- 4	:	150.00	:	750.00	:	-3.56	:	.20	:	.54
:	33	:	0-13	:	500.00	:	1300.00	:	271.51	:	1.38	:	6.55
:	34	:	13-12	:	300.00	:	1200.00	:	55.68	:	.79	:	4.06
:	35	:	12- 5	:	150.00	:	860.00	:	14.51	:	.82	:	7.74
:	36	:	5- 0	:	450.00	:	380.00	:	192.15	:	1.21	:	1.68
:	37	:	13- 0	:	150.00	:	1070.00	:	.96	:	.05	:	.08
:	38	:	12- 0	:	150.00	:	820.00	:	-6.46	:	.37	:	1.70
:	39	:	5- 0	:	150.00	:	450.00	:	13.15	:	.74	:	3.38
:	40	:	5- 0	:	400.00	:	820.00	:	178.20	:	1.42	:	5.81

Додаток Б

e= .01000 nk= 10 ny= 30

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	435.00	142.03	350.00	с	2	256.00	45.28	250.00	с	3	705.00	70.99	300.00	с
4	820.00	33.66	200.00	с	5	815.00	71.68	300.00	с	6	836.00	237.56	500.00	с
7	860.00	54.80	250.00	с	8	300.00	20.00	150.00	с	9	475.00	45.51	250.00	с
10	420.00	85.04	300.00	с	11	306.00	20.00	150.00	с	12	202.00	57.48	250.00	с
13	400.00	34.00	200.00	с	14	400.00	54.20	250.00	с	15	425.00	65.69	250.00	с
16	430.00	45.46	250.00	с	17	400.00	51.25	250.00	с	18	320.00	15.59	150.00	с
19	145.00	19.92	150.00	с	20	380.00	20.00	150.00	с	21	165.00	25.00	150.00	с
22	265.00	30.01	200.00	с	23	535.00	10.00	150.00	с	24	1090.00	26.58	200.00	с
25	860.00	10.00	200.00	с	26	620.00	32.95	200.00	с	27	400.00	21.90	150.00	с
28	840.00	5.73	150.00	с	29	470.00	17.00	150.00	с	30	750.00	10.00	150.00	с

Результати ув'язки

Нумер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати
Ділянки	ділянки	ділянки	ділянки	л/с	м/с	напору
:	1	: 0- 5	: 350.00	: 435.00	: 135.53	: 1.41 : 3.62
:	2	: 0- 6	: 250.00	: 256.00	: 42.25	: .86 : 1.29
:	3	: 1- 0	: 300.00	: 705.00	: 63.74	: .90 : 3.06
:	4	: 0- 6	: 200.00	: 820.00	: 30.63	: .97 : 6.98
:	5	: 6- 5	: 300.00	: 815.00	: 68.22	: .97 : 4.02
:	6	: 5- 1	: 500.00	: 836.00	: 251.30	: 1.28 : 3.61
:	7	: 1- 0	: 250.00	: 860.00	: 47.55	: .97 : 5.41
:	8	: 6- 8	: 150.00	: 300.00	: 18.55	: 1.05 : 4.26
:	9	: 5- 7	: 250.00	: 475.00	: 55.80	: 1.14 : 4.03
:	10	: 2- 1	: 300.00	: 420.00	: 87.03	: 1.23 : 3.26
:	11	: 3- 1	: 150.00	: 306.00	: 10.81	: .61 : 1.61
:	12	: 3- 0	: 250.00	: 202.00	: 41.05	: .84 : .97
:	13	: 0- 8	: 200.00	: 400.00	: 29.51	: .94 : 3.18
:	14	: 8- 7	: 250.00	: 400.00	: 62.48	: 1.27 : 4.21
:	15	: 7- 2	: 250.00	: 425.00	: 67.15	: 1.37 : 5.16
:	16	: 2- 3	: 250.00	: 430.00	: 56.64	: 1.15 : 3.75
:	17	: 3- 0	: 250.00	: 400.00	: 34.82	: .71 : 1.42
:	18	: 8-10	: 150.00	: 320.00	: 15.45	: .87 : 3.23
:	19	: 10- 7	: 150.00	: 145.00	: 28.34	: 1.60 : 4.70
:	20	: 7- 9	: 150.00	: 380.00	: 22.52	: 1.27 : 7.78
:	21	: 9- 2	: 150.00	: 165.00	: 23.94	: 1.35 : 3.82
:	22	: 2- 4	: 200.00	: 265.00	: 28.49	: .91 : 1.97
:	23	: 3- 4	: 150.00	: 535.00	: -2.70	: .15 : .24
:	24	: 0-10	: 200.00	: 1090.00	: 21.95	: .70 : 5.01
:	25	: 10- 9	: 200.00	: 860.00	: 20.95	: .67 : 3.63
:	26	: 9- 4	: 200.00	: 620.00	: 30.37	: .97 : 5.19
:	27	: 4- 0	: 150.00	: 400.00	: 18.17	: 1.03 : 5.46
:	28	: 0-10	: 150.00	: 840.00	: 1.10	: .06 : .08
:	29	: 9- 0	: 150.00	: 470.00	: 10.68	: .60 : 2.41
:	30	: 4- 0	: 150.00	: 750.00	: 6.27	: .35 : 1.47

Додаток В

e= .01000 nk= 3 ny= 11

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	510.00	256.04	500.00	с	2	580.00	118.60	350.00	с	3	1300.00	100.00	350.00	с
4	1200.00	100.00	350.00	с	5	860.00	257.18	500.00	с	6	380.00	76.28	300.00	с
7	820.00	63.66	300.00	с	8	1070.00	173.54	400.00	с	9	820.00	123.73	350.00	с
10	450.00	100.00	350.00	с	11	970.00	92.80	350.00	с	12	.00	.00	.00	

Результати ув'язки

	Нумер		код		діаметр		довжина		витрата		швидкість		втрати
	Ділянки	:	ділянки	:	ділянки	:	ділянки	:	л/с	:	м/с	:	напору
:	1	:	0- 2	:	500.00	:	510.00	:	270.69	:	1.38	:	2.55
	2	:	0- 3	:	350.00	:	580.00	:	130.97	:	1.36	:	4.50
	3	:	0- 3	:	350.00	:	1300.00	:	112.37	:	1.17	:	7.49
	4	:	3- 2	:	350.00	:	1200.00	:	102.28	:	1.06	:	5.80
	5	:	2- 1	:	500.00	:	860.00	:	257.22	:	1.31	:	3.89
	6	:	1- 0	:	300.00	:	380.00	:	61.59	:	.87	:	1.55
	7	:	1- 0	:	300.00	:	820.00	:	48.97	:	.69	:	2.19
	8	:	3- 0	:	400.00	:	1070.00	:	161.17	:	1.28	:	6.20
	9	:	2- 0	:	350.00	:	820.00	:	109.08	:	1.13	:	4.47
	10	:	0- 1	:	350.00	:	450.00	:	114.69	:	1.19	:	2.69
	11	:	1- 0	:	350.00	:	970.00	:	78.11	:	.81	:	2.84

Додаток Г

e= .01000 nk= 10 ny= 32

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt
1	435.00	228.87	500.00	c	2	256.00	213.45	500.00	c	3	820.00	200.00	500.00
4	815.00	657.09	600.00	c	5	836.00	212.98	500.00	c	6	300.00	99.38	200.00
7	475.00	82.11	200.00	c	8	400.00	276.63	500.00	c	9	400.00	456.25	600.00
10	425.00	267.45	500.00	c	11	320.00	50.00	150.00	c	12	145.00	394.62	600.00
13	380.00	50.00	150.00	c	14	165.00	200.57	500.00	c	15	1090.00	300.00	500.00
16	860.00	409.99	600.00	c	17	620.00	190.76	500.00	c	18	580.00	98.19	200.00
19	240.00	276.61	500.00	c	20	260.00	100.00	200.00	c	21	220.00	177.78	400.00
22	1300.00	346.33	600.00	c	23	1200.00	135.31	500.00	c	24	1430.00	100.00	350.00
25	700.00	199.47	500.00	c	26	400.00	39.31	200.00	c	27	280.00	135.31	400.00
28	1800.00	82.75	350.00	c	29	1770.00	100.00	250.00	c	30	1730.00	182.61	500.00
31	460.00	45.12	150.00	c	32	480.00	100.00	200.00	c	33	.00	.00	.00

Результати ув'язки

	Нумер Ділянки	код ділянки	діаметр ділянки	довжина ділянки	витрата л/с	швидкість м/с	втрати напору						
2.52	:	1	:	1- 0	:	500.00	:	435.00	:	291.12	:	1.48	:
1.65	:	2	:	0- 2	:	500.00	:	256.00	:	307.40	:	1.57	:
4.84	:	3	:	0- 2	:	500.00	:	820.00	:	293.95	:	1.50	:
5.32	:	4	:	2- 1	:	600.00	:	815.00	:	500.90	:	1.77	:
4.33	:	5	:	1- 0	:	500.00	:	836.00	:	275.23	:	1.40	:
1.18	:	6	:	2- 4	:	200.00	:	300.00	:	20.11	:	.64	:
1.53	:	7	:	3- 1	:	200.00	:	475.00	:	18.08	:	.58	:
2.32	:	8	:	0- 4	:	500.00	:	400.00	:	291.31	:	1.48	:
2.04	:	9	:	4- 3	:	600.00	:	400.00	:	443.35	:	1.57	:
2.05	:	10	:	3- 0	:	500.00	:	425.00	:	265.67	:	1.35	:
1.44	:	11	:	4- 6	:	150.00	:	320.00	:	9.95	:	.56	:
.67	:	12	:	6- 3	:	600.00	:	145.00	:	421.77	:	1.49	:
.88	:	13	:	3- 5	:	150.00	:	380.00	:	-6.86	:	.39	:
.74	:	14	:	5- 0	:	500.00	:	165.00	:	255.65	:	1.30	:
5.62	:	15	:	0- 6	:	500.00	:	1090.00	:	274.63	:	1.40	:
3.23	:	16	:	6- 5	:	600.00	:	860.00	:	380.28	:	1.34	:
2.56	:	17	:	5- 0	:	500.00	:	620.00	:	245.84	:	1.25	:
1.60	:	18	:	6- 8	:	200.00	:	580.00	:	16.58	:	.53	:

1.55	:	19	:	6- 7	:	500.00	:	240.00	:	307.17	:	1.56	:
3.61	:	20	:	7- 5	:	200.00	:	260.00	:	39.73	:	1.26	:
2.66	:	21	:	5- 0	:	400.00	:	220.00	:	232.86	:	1.85	:
2.04	:	22	:	0- 8	:	600.00	:	1300.00	:	239.35	:	.85	:
5.02	:	23	:	8- 7	:	500.00	:	1200.00	:	247.47	:	1.26	:
6.00	:	24	:	7- 0	:	350.00	:	1430.00	:	94.81	:	.99	:
.74	:	25	:	10- 8	:	500.00	:	700.00	:	117.37	:	.60	:
.65	:	26	:	9- 8	:	200.00	:	400.00	:	12.37	:	.39	:
3.04	:	27	:	9- 7	:	400.00	:	280.00	:	220.53	:	1.75	:
3.04	:	28	:	0-10	:	350.00	:	1800.00	:	57.87	:	.60	:
9.99	:	29	:	10- 9	:	250.00	:	1770.00	:	44.85	:	.91	:
8.16	:	30	:	9- 0	:	500.00	:	1730.00	:	262.64	:	1.34	:
7.68	:	31	:	0-10	:	150.00	:	460.00	:	20.24	:	1.15	:
1.86	:	32	:	0- 9	:	200.00	:	480.00	:	19.97	:	.64	:

Додаток Ж

e= .01000 nk= 8 ny= 26

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt
1	435.00	215.89	500.00	с	2	256.00	73.45	200.00	с	3	820.00	60.00	200.00
4	815.00	290.86	600.00	с	5	836.00	200.00	500.00	с	6	300.00	18.75	150.00
7	475.00	27.08	150.00	с	8	400.00	56.00	250.00	с	9	400.00	225.62	500.00
10	425.00	199.44	500.00	с	11	320.00	20.63	200.00	с	12	145.00	193.36	500.00
13	380.00	50.00	150.00	с	14	165.00	132.56	350.00	с	15	1090.00	50.00	250.00
16	860.00	208.73	500.00	с	17	620.00	122.75	350.00	с	18	580.00	17.14	200.00
19	240.00	75.35	250.00	с	20	260.00	100.00	250.00	с	21	220.00	109.77	250.00
22	1300.00	42.00	250.00	с	23	1200.00	15.00	200.00	с	24	1220.00	34.35	200.00
25	1100.00	15.00	150.00	с	26	500.00	15.00	150.00	с	27	.00	.00	.00

Результати ув'язки

Номер Ділянки	код ділянки	діаметр ділянки	довжина ділянки	витрата л/с	швидкість м/с	втрати напору								
:	1	:	1- 0	:	500.00	:	435.00	:	193.28	:	.98	:	1.15	:
:	2	:	0- 2	:	200.00	:	256.00	:	40.24	:	1.28	:	3.64	:
:	3	:	0- 2	:	200.00	:	820.00	:	26.79	:	.85	:	5.45	:
:	4	:	2- 1	:	600.00	:	815.00	:	346.68	:	1.23	:	2.55	:
:	5	:	1- 0	:	500.00	:	836.00	:	177.39	:	.90	:	1.88	:
:	6	:	2- 4	:	150.00	:	300.00	:	23.25	:	1.32	:	6.54	:

:	7	:	3- 1	:	150.00	:	475.00	:	4.27	:	.24	:	.47	:
:	8	:	0- 4	:	250.00	:	400.00	:	27.29	:	.56	:	.91	:
:	9	:	4- 3	:	500.00	:	400.00	:	299.76	:	1.53	:	2.46	:
:	10	:	3- 0	:	500.00	:	425.00	:	154.01	:	.78	:	.73	:
:	11	:	4- 6	:	200.00	:	320.00	:	42.16	:	1.34	:	5.00	:
:	12	:	6- 3	:	500.00	:	145.00	:	245.97	:	1.25	:	.60	:
:	13	:	3- 5	:	150.00	:	380.00	:	10.41	:	.59	:	1.86	:
:	14	:	5- 0	:	350.00	:	165.00	:	126.72	:	1.32	:	1.20	:
:	15	:	0- 6	:	250.00	:	1090.00	:	42.82	:	.87	:	5.65	:
:	16	:	6- 5	:	500.00	:	860.00	:	221.75	:	1.13	:	2.93	:
:	17	:	5- 0	:	350.00	:	620.00	:	116.91	:	1.22	:	3.84	:
:	18	:	6- 8	:	200.00	:	580.00	:	17.53	:	.56	:	1.77	:
:	19	:	6- 7	:	250.00	:	240.00	:	90.97	:	1.85	:	5.35	:
:	20	:	7- 5	:	250.00	:	260.00	:	97.40	:	1.98	:	6.64	:
:	21	:	5- 0	:	250.00	:	220.00	:	103.93	:	2.12	:	6.40	:
:	22	:	0- 8	:	250.00	:	1300.00	:	35.21	:	.72	:	4.70	:
:	23	:	8- 7	:	200.00	:	1200.00	:	30.23	:	.96	:	9.97	:
:	24	:	7- 0	:	200.00	:	1220.00	:	25.91	:	.82	:	7.62	:
:	25	:	0- 8	:	150.00	:	1100.00	:	8.21	:	.46	:	3.50	:
:	26	:	7- 0	:	150.00	:	500.00	:	6.56	:	.37	:	1.06	:

Додаток 3

e= .01000 nk= 2 ny= 7

Вихідні дані

	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt
1	700.00	104.74	350.00	с	2	680.00	208.19	500.00	с	3	1800.00	70.99	250.00	
4	1770.00	120.00	500.00	с	5	1730.00	175.65	500.00	с	6	460.00	40.48	150.00	
7	480.00	100.00	350.00	с	8	.00	.00	.00		9	.00	.00	.00	

Результати ув'язки

Нумер	код	діаметр	довжина	витрата	швидкість	втрати								
Ділянки	ділянки	ділянки	ділянки	л/с	м/с	напору								
:	1	:	0- 1	:	350.00	:	700.00	:	58.46	:	.61	:	1.21	:
:	2	:	2- 0	:	500.00	:	680.00	:	183.98	:	.94	:	1.63	:
:	3	:	0- 1	:	250.00	:	1800.00	:	24.71	:	.50	:	3.41	:
:	4	:	1- 2	:	500.00	:	1770.00	:	190.48	:	.97	:	4.54	:
:	5	:	2- 0	:	500.00	:	1730.00	:	151.44	:	.77	:	2.90	:
:	6	:	0- 1	:	150.00	:	460.00	:	-5.80	:	.33	:	.78	:
:	7	:	0- 1	:	350.00	:	480.00	:	53.72	:	.56	:	.71	:

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

Я, Суліма С.Т., магістрант(ка) 2 курсу, заочної форми
здобуття освіти, спеціальності 192 Будівництво та
цивільне інженерія
освітньої програми Будівництво та будівництво,
адреса електронної пошти sulimaja730@gmail.com,

- підтверджую, що виконана мною кваліфікаційна робота на тему:

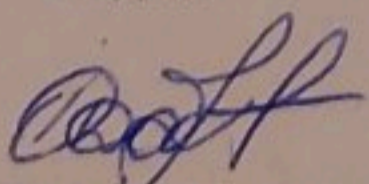
„Аналіз впливу зношення мережі на
енергетичні показники її роботи“

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

- заявляю, що надана мною для перевірки електронна версія роботи є ідентичною її друкованій версії;

- згоден(на) на перевірку моєї роботи на відповідність критеріям академічної доброчесності у будь-який спосіб, у тому числі за допомогою інтернет-системи, а також на архівування моєї роботи в базі даних цієї системи.


підпис


підпис

Суліма С.Т.
П.І.П. здобувача

Добровольська О.Т.
П.І.П. керівника

ВІДГУК
керівника кваліфікаційної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти, виконаної на тему «АНАЛІЗ
ВПЛИВУ ЗОНУВАННЯ МЕРЕЖІ НА ЕНЕРГЕТИЧНІ ПОКАЗНИКИ ЇЇ
РОБОТИ» здобувачкою групи 8.1922-ВВ-З

Сулімою Світланою Іванівною

Представлена кваліфікаційна робота магістра присвячена визначенню технологічні та енергетичні показники водопровідної мережі з урахуванням її зонування для населених пунктів з різною конфігурацією території та рельєфом місцевості. Мережі водопостачання виступають як ключовий і найкоштовніший компонент в системі забезпечення водою. Ефективна робота цих систем в основному залежить від джерела води, основних користувачів та режимів експлуатації системи. Часто вони обслуговують значні території та транспортують воду на великі відстані, що ускладнює їх функціонування через нерівномірність якості обслуговування споживачів. Порушення у роботі водопровідної мережі зазвичай призводять до перебоїв у водопостачанні або повного припинення подачі води. дослідження роботи системи розподілу та подачі води з виконанням аналізу та порівняння роботи централізованої та зонованої водопровідної мережі з урахуванням конфігурації території та рельєфу місцевості є актуальним завданням.

Кваліфікаційна робота повною мірою відповідає поставленій задачі.

Авторка представила ефективне застосування методики виконання досліджень, відповідно до якої розроблені схеми водопровідних мереж з виконанням її зонування, визначені розрахункові параметри, виконані гідравлічні розрахунки, проаналізовані енергетичні показники експлуатації мережі.

Здатність до критичного аналізу актуальних аспектів обраної теми у кваліфікаційній роботі, виконання досліджень, представлення результатів, участь у наукових конференціях, свідчать про успішне використання здобувачкою набутих знань у сфері наукових досліджень та розвинених навичок і вмінь для самостійного виконання наукової роботи на всіх її етапах.

Інформація, яку представлено у ключових розділах, систематично викладена, враховуючи належну аргументацію. Всі структурні елементи кваліфікаційної роботи гармонійно взаємопов'язані, і висновки відповідають поставленим завданням.

Під час виконання роботи Суліма С.І. продемонструвала здатність до самостійного вирішення поставлених завдань.

Якість підготовки здобувачки вищої освіти Суліми С.І. відповідає вимогам освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення» другого (магістерського) рівня вищої освіти за спеціальністю 192 Будівництво та цивільна інженерія галузі знань 19 Архітектура та будівництво, що дає можливість присвоєння йому кваліфікації магістра з будівництва та цивільної інженерії.

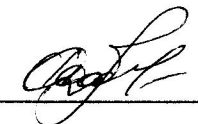
Елементи плагіату (компіляції) у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кваліфікаційна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її авторці, Сулімі Світлані Іванівні може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS 95

(відмінно)

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат технічних наук, доцент  О.Г. Добровольська

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти,

виконаної на тему «Аналіз впливу зонування мережі на енергетичні показники її роботи»

здобувачем групи 8.1922-вв-3
Сулімою Світланою Іванівною

Актуальність дослідження. Актуальність вивчення питання щодо впливу зонування мережі на енергетичні показники її роботи стає очевидною в контексті відновлення зруйнованої міської інфраструктури в умовах сучасних викликів, таких як воєнні події та відбудова держави. Водопровідні мережі являють собою ключовий та дорогий компонент систем водопостачання. Ефективна робота цих систем в першу чергу залежить від джерела водопостачання, основних користувачів та режимів функціонування всієї системи. Зазвичай такі мережі обслуговують великі території й транспортують воду на значні відстані, що ускладнює їхню експлуатацію через нерівномірність якості обслуговування споживачів. Важливо, щоб конструкція системи була спростована так, щоб будь-які випадкові події не призводили до недопустимих порушень нормального водозабезпечення.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні, з ретельним дослідженням обраної проблеми, враховуючи її різні аспекти. В роботі використані загальнонаукові методи дослідження, і вона має елементи наукової новизни. Висновки є обґрунтованими та логічно послідовними, вони належним чином відображають основні результати даної кваліфікаційної роботи.

Використання наукових методів дослідження. Під час виконання роботи були проаналізовані наукові статті вітчизняних та закордонних фахівців, які були опубліковані у наукових журналах, збірках тез доповідей науково-практичних конференцій та інтернет-ресурсах.

Вміння студента чітко, грамотно та аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. Кваліфікаційна робота відзначається впорядкованістю, і тема вивчена в повному обсязі з взаємопов'язаними розділами та застосуванням інформаційно-комп'ютерних технологій. Представлений матеріал відрізняється чіткістю та відповідає науковому стилю, а його оформлення відповідає стандартам технічної грамотності.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Магістрантка Суліма Світлана Іванівна активно брала участь у проведенні досліджень та здійсненні теоретичного та аналітичного аналізу отриманих результатів виконання кваліфікаційної роботи. Розроблені в ній науково-практичні рішення мають відповідне обґрунтування, тема повністю розкрита, приведені необхідні аргументи, що підтверджує ефективність використаних методик досліджень.

Якість виконання. Структура кваліфікаційної роботи є системною, де всі розділи логічно взаємопов'язані та підтверджені обґрунтованим матеріалом. Кожен розділ чітко визначає свої завдання та сприяє досягненню загальної мети дослідження. Висновки мають послідовний та обґрунтований характер, а також належним чином відображають основні результати, отримані протягом виконання кваліфікаційної роботи.

Не виявлення (виявлення) в роботі елементів плагіату та компіляції. Елементи плагіату та компіляції у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Можливості впровадження результатів роботи. Результати роботи мають практичну значущість, запропоновані заходи можуть бути використані фахівцями комунальних підприємств під час проєктування, експлуатації та реконструкції водопровідних мереж. За темою роботи опубліковані тези доповіді у науково-технічних конференціях студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів

Недоліки роботи. Бажано було б детальніше розрахувати економічні показники. Зауваження суттєво не впливає на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.

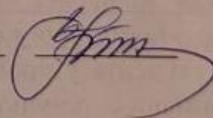
Оцінки кваліфікаційної роботи та можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації. Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Суліми Світлани Іванівни на тему: «Аналіз впливу зонування мережі на енергетичні показники її роботи» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Водопостачання та водовідведення».

Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні та заслуговує оцінки «відмінно».

Кваліфікаційна робота виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору освіти Сулімі Світлані Іванівні, може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS 95 (відмінно) A

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



В. А. Банач