

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ФАКУЛЬТЕТ БУДІВНИЦТВА ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

Міського будівництва та господарства
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота / проект

магістр

(рівень вищої освіти)

на тему "Техніко-економічне обґрунтування роботи системи
подачі та розподілу води населеного пункту"

Виконав: студент 2 курсу, групи Буд-18-3нд
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

освітньої програми Водопостачання та водовідведення
(код і назва освітньої програми)

спеціалізації _____
(код і назва спеціалізації)

А. В. Лисенко

(ініціали та прізвище)

Керівник доцент, к.т.н., Сокольник В. І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент доцент, к.т.н., Добровольська О. Г.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2020

и
и
е
Г.
а

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Факультет факультет будівництва та цивільної інженерії
Кафедра міського будівництва і господарства
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерії
(код та назва)
Освітня програма Водопостачання та водовідведення
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри А.В. Балах
« 02 » 09 20 19 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Лисенко Андрію Віталійовичу
(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проекту) Техніко-економічне обґрунтування роботи системи подачі та розподілу води населеного пункту

керівник роботи Сокольник В.І., доцент, к.т.н.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від «10»09 2019 року № 1542-с

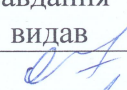

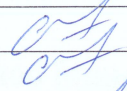

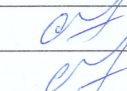

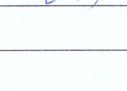



2 Строк подання студентом роботи 28.12.2019

3 Вихідні дані до роботи додаток 1

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Літературний огляд. Розрахунок водоспоживання населеного пункту. Розрахунок водопровідної мережі населеного пункту при централізованій та зонованій системи. Охорона праці. Техніко-економічне обґрунтування централізованої та зонованної системи подачі та розподілу води.

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень) План міста з централізованою та зонованою системою. П'єзометричні лінії та карти. Графіки вільних напорів. Структура тарифу в системі водопостачання. Економічне обґрунтування.

6. Консультанти розділів роботи

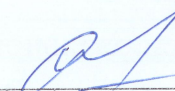
Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1	Сокольник В.І.		 3.09.19
2	Сокольник В.І.		 3.09.19
3	Сокольник В.І.		 3.09.19
4	Сокольник В.І.		 3.09.19
5	Сокольник В.І.		 3.09.19

7. Дата видачі завдання 2.09.2019

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Прим
1	Літературний огляд.	1.10.-15.10	
2	Розрахунок водоспоживання міста.	15.10.-30.10	
3	Розробка графічної частини.	1.11-8.11	
	Проектування централізованої водопровідної мережі.	8.11-14.11	
4	Проектування зонованої водопровідної мережі.	15.11-20.11	
5	Гідравлічні розрахунки мереж.	20.11-7.12	
6	Охорона праці.	8.12-15.12	
7	Розробка графічної частини.	15.12- 20.12	
8	Оформлення роботи.	20.12-28.12	

Студент  (підпис) А.В. Лисенко (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проекту)  (підпис) В.Т. Сокольник (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер  (підпис) Госташченко О.М.

Анотація

стор.97

табл.30

рис.26

бібл.20

Лисенко А.В. «Техніко-економічне обґрунтування роботи систем подачі та розподілу води населеного пункту».

В роботі проаналізовані літературні джерела з питань показників роботи систем подачі і розподілу води, особливостей функціонування централізованих та зонних систем водопостачання та порівняння витрат енергії.

Детально розглянута система водопостачання населеного пункту на 181,3 тис. мешканців з водорозбором 73440,4 м³/доб. Проведено аналіз роботи централізованої та зонованої систем водопостачання та впливу зонування на надлишкові напори і енергоспоживання насосного обладнання.

Ключові слова:

ВОДОПОСТАЧАННЯ, ТРУБОПРОВІД, ВИТРАТА, НАПІР, ВОДРОЗБІР, ТИСК, НАСОС, СПОЖИВАЧ, ЗОНУВАННЯ, ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЯ

Апробація магістерської роботи:

Лисенко А.В., магістрант гр. БУД-18-3мд, Сокольник В.І., доц., к.т.н.; Світлична В.Б., ст. викл. *Аналіз роботи системи подачі та розподілу води* : матеріали XXIV науково-технічної конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів «Проблеми сучасного будівництва, екологічної безпеки та охорони праці». Том II. (Запоріжжя, 26-29 листопада 2019 р.). Запоріжжя: П ЗНУ, 2019. С.10-11.

Summary

pages 97

tabl. 30

pict. 26

bibl. 20

Lysenko A.V. "Feasibility study of the system of supply and distribution of water settlement".

This Master thesis analyzes literary sources on the performance of water supply and distribution systems, features of functioning of centralized and zone water supply systems and comparison of energy costs.

The system of water supply of the settlement for 181.3 thousand inhabitants with total water consumption – 73440.4 m³/day is considered in detail. Analyzed of the operation of centralized and zoned water supply systems and the impact of zoning on excess pressures and energy consumption of pumping equipment.

Keywords:

WATER SUPPLY, PIPELINE, CONSUMPTION, PRESSURE, WATER COVERAGE, PUMP, CONSUMER, ZONING, ELECTRICITY

Approbation of the master's work:

Lysenko A.V., Sokolnyk V.I., Svitlychna V.B. *Analysis of the supply system and distribution of water* : materials of the XXIV Scientific and Technical Conference of students, graduate students, postgraduates and teachers "Problems of modern construction, environmental safety and labor protection". Part II. (Zaporizhzhia, November 26-29, 2019). Zaporizhzhia: II ZNU, 2019. P.10-11.

Зміст

	стор.
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1 Аналіз роботи систем подачі та розподілу води населеного пункту	
1.1 Основні завдання системи подачі та розподілу води.....	8
1.2 Показники роботи системи подачі і розподілу води.....	11
1.3 Особливості централізованих систем водопостачання.....	13
1.4 Особливості зонних систем водопостачання.....	15
1.5 Порівняння витрат енергії для централізованих та зонованих систем водопостачання.....	18
1.6 Системи водопостачання в різних країнах.....	23
РОЗДІЛ 2 Характеристика об'єкта дослідження та розрахунок однозонної водопровідної мережі	
2.1 Характеристика житлової забудови населеного пункту та визначення розрахункової кількості мешканців.....	27
2.2 Загальна характеристика централізованої водопровідної мережі.....	28
2.3 Розрахунок водопровідної мережі міста.....	29
2.3.1 Визначення добових розрахункових витрат води міста.....	29
2.3.2 Режим водоспоживання міста.....	32
2.3.3 Вибір режиму роботи насосної станції та розрахунок ємності баку.....	37
2.3.4 Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі.....	40
2.4 Розрахунок насосної станції II підйому.....	52
2.4.1 Визначення розрахункової подачі насосної станції.....	52
2.4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів.....	53
2.4.3 Визначення розрахункового напору насосів.....	54
2.4.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежі.....	55
2.4.5 Підбір насосів і електродвигунів.....	56

РОЗДІЛ 3 Робота зонованої водопровідної мережі	
3.1 Умови дослідження.....	58
3.2 Вибір режиму роботи насосної станції та розрахунок ємності баків..	61
3.3 Гідравлічний розрахунок зонованої мережі.....	64
3.4 Розрахунок насосної станції II підйому.....	74
3.4.1 Визначення розрахункової подачі насосної станції.....	74
3.4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів.....	75
3.4.3 Визначення розрахункового напору насосів.....	76
3.4.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежі.....	78
3.4.5 Підбір насосів і електродвигунів.....	79
3.5 Аналіз результатів досліджень.....	82
3.5.1 Вільні напори централізованої та зонованої мереж.....	82
3.5.2 Енергоспоживання насосної станції II підйому.....	85
РОЗДІЛ 4 Охорона праці та техногенна безпека.....	88
4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів ділянки експлуатації водопровідних мереж.....	88
4.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	89
4.3 Виробнича санітарія.....	92
4.4 Освітлення.....	93
4.5 Електробезпека.....	93
4.6 Засоби індивідуального захисту.....	94
Висновки і пропозиції.....	95
Використана література.....	96

Вступ

Вода — один з важливих компонентів навколишнього природного середовища, який займає особливе місце серед інших природних ресурсів. Фактично саме життя людини неможливо без наявності води та значною мірою залежить від її кількості та стану. Саме тому економіка будь-якої держави приділяє особливу увагу забезпеченню населення достатнім об'ємом доброякісної води.

В систему водопостачання будь-якого населеного пункту входить комплекс споруд для забору води з природного джерела, очистки, транспортування та подачі безпосередньо споживачам. При проектуванні системи подачі та розподілу води (СПРВ) враховуються багато чинників, серед яких і техніко-економічні показники її роботи. Оскільки основною статтею витрат на експлуатацію СПРВ є вартість електроенергії, то для зменшення цього показника рекомендується розглядати різні варіанти, в тому числі зонування мережі.

Актуальність теми магістерської роботи: на роботу системи подачі і розподілу води впливають багато факторів, в тому числі фактичний напір в мережі та пов'язана з цим вартість витраченої електроенергії. Таким чином, актуальним є аналіз роботи системи подачі та розподілу води з різними варіантами мереж з метою надійного та ощадливого водозабезпечення.

Об'єктом дослідження є водопровідна мережа населеного пункту на 181,3 тис. мешканців. Предмет дослідження — гідравлічні параметри водопровідної мережі при однозонній централізованій системі водопостачання та при зонування мережі.

Мета роботи — аналіз техніко-економічних параметрів роботи систем подачі та розподілу води населеного пункту для різних варіантів мереж. Отримані результати можуть бути використані при проектуванні нових та реконструкції існуючих мереж водопостачання населених пунктів.

РОЗДІЛ 1

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ НАСЕЛЕНОГО ПУНКТУ

1.1 Основні завдання системи подачі та розподілу води

Водопровідна мережа призначена для розподілу води між окремими споживачами та є одним з елементів загальної системи водоспоживання міста, що тісно пов'язаний з рештою. Тобто зміна режиму роботи мережі впливає на функціонування інших елементів.

Система подачі та розподілу води населеного пункту повинна задовольняти наступним вимогам:

- забезпечувати подачу необхідної витрати та напору води в кожному точку запроектованої мережі;
- забезпечувати безперебійність та надійність роботи;
- забезпечувати необхідні робочі параметри при найменших можливих капітальних та експлуатаційних витратах.

Щоб виконати всі ці вимоги, слід правильно обрати тип мережі, матеріал труб, місце розміщення водонапірної башти та провести трасування.

Також слід розв'язати декілька задач:

1. Визначити розрахункові витрати та напори в мережі.
2. Призначити діаметри всіх ділянок мережі.
3. Розрахувати втрати напору в трубопроводах.
4. Побудувати п'єзометричні карти та лінії.
5. Визначити необхідну висоту водонапірної башти.
6. Визначити параметри насосів для забезпечення необхідних режимів роботи.
7. Вибрати необхідне обладнання для мережі.

Хоча кільцева водопровідна мережа дорожче тупикової, вона гарантує безперебійність водопостачання, тому зазвичай для населених пунктів

вибирається саме ця конфігурація. В той час як тупиковий водопровід може прокладатися в невеликих селищах або в якості промислових мереж, де допускаються невеликі перебої в постачанні води.

Техніко-економічні показники мереж залежать від раціональності їх трасування. Тому, при розміщенні ліній водопровідної мережі, слід враховувати рельєф місцевості, наявність перешкод для прокладання труб, характер планування міста, розмір та форму житлових кварталів, розміщення промислових підприємств і т.ін.

Також слід виходити з того, що магістралі повинні проходити по головним напрямам та рівномірно охоплювати весь об'єкт. Оптимально, якщо подача води в окремі райони міста та до великих зосереджених споживачів відбувається максимально коротким шляхом, але при цьому не менше, ніж двома лініями.

Розрахунок мережі водопостачання міста починається з визначення кількості необхідної води в залежності від її споживачів. При цьому основними категоріями витрат є:

- Господарсько-питні. Побутові потреби людей — пиття, приготування їжі, приймання душу, прання та інші. А також забезпечення благоустрою — поливка вулиць та зелених насаджень.
- Виробничі. Витрати на промислових підприємствах — виготовлення та промивання продукції, охолодження та конденсація, побутові потреби та прийом душу робітниками та інші.
- Протипожежні. Витрата на пожежогасіння житлової забудови та промислових об'єктів.

Щоб забезпечити всіх споживачів населеного пункту водою, вона повинна подаватися з відповідним напором, який залежить від конструкції мережі, рельєфу місцевості та геометричної висоти розміщення точок відбору над поверхнею землі. Забезпечити напори, що дорівнюють необхідним, в усіх вузлах мережі неможливо. Тому необхідний вільний напір забезпечується лише в найбільш невідгідній точці, в той час як в усіх інших фактичний вільний напір перевищує необхідний: $H_v > H_n$.

Як правило не вигідними вузлами є такі, що максимально віддалені від точки подачі води в мережу та найбільш високо розташовані.

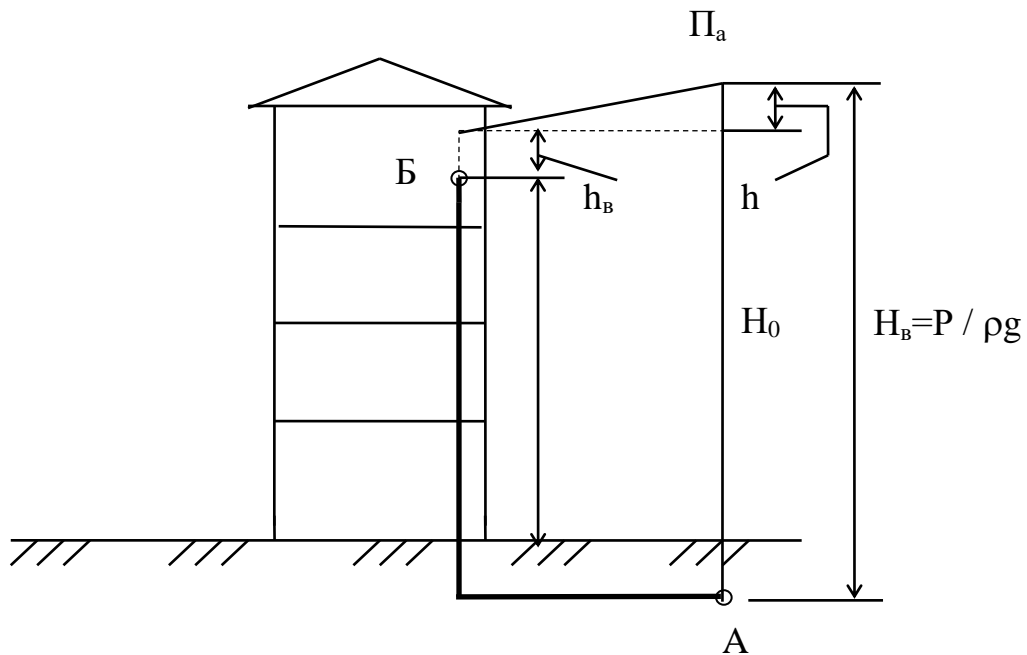


Рисунок 1.1 – Схема подачі води в будинок

Для підйому до точки відбору Б напір в точці А повинен забезпечити підйом води на задану висоту, на вилив та втрати напіору на шляху від т.А до т.Б. Таким чином, мінімальний необхідний напір повинен складати:

$$N_n = N_0 + h + h_v, \quad (1.1)$$

де N_0 — геометрична висота підйому над віссю трубопроводу водорозбору, м; h — сумарні втрати напіору в трубопроводі від т.А до т.Б, м; h_v — вільний напір, необхідний для виливу, м.

З іншого боку, у відповідності з п. 6.3.3 [1] вільний напір у зовнішній мережі питного водопроводу у споживачів не повинен перевищувати 45 м. При напорах у мережі більше ніж 45 м для окремих будівель або районів слід передбачати установку регуляторів тиску або зонування системи водопостачання.

1.2 Показники роботи системи подачі і розподілу води

Процес розбору води в системі подачі та розподілу воді (СПРВ) залежить від багатьох зовнішніх і внутрішніх факторів [2, 3, 4]. Зовнішні — це користування споживачами водорозбірною арматурою. На цей чинник впливає наявна кількість та якісний склад споживачів, пора року та час доби, культура водокористування. Внутрішніми факторами являються напір в водопровідному трубопроводі, технічний стан труб та водорозбірних приладів та режим подачі води.

Загалом водопостачання являє собою ймовірнісний процес [2, 3, 4]. Його випадковий характер можна оцінити за двома основними підходами — ймовірнісним і статистичним.

Для ймовірнісного підходу враховується спрацювання N водорозбірних приладів при заданій забезпеченості P , ймовірності дії одного приладу p і його фіксованих витратах q_0 та визначаються розрахункові витрати води для системи в цілому [2]. Цей метод використовуються для визначення витрат води при розрахунку внутрішнього будинкового водопроводу.

Статистичний підхід передбачає натурні виміри витрат води та побудову на їх основі функції розподілу за весь період спостереження [2]. Це дозволяє найбільш достовірно оцінити розрахункові витрати при різних рівнях забезпеченості. Однак, їх можна застосовувати лише для погодинних витрат [2], що не дає змоги на їх основі провести оптимізаційні розрахунки СПРВ.

Діючий нормативний документ ДБН В.2.5-74:2013 [1] рекомендує визначати розрахункові витрати за спрощеним методом, коли задаються середні річні питомі витрати води q для різних категорій споживачів і величини коефіцієнтів добової та погодинної нерівномірності водоспоживання $K_{\text{доб}}$ і $K_{\text{год}}$. Але цей підхід не дозволяє оцінити навантаження на систему водопостачання при різних рівнях забезпеченості.

Також показники роботи системи подачі та розподілу води відображають гідравлічні розрахунки, що представляють собою ув'язку водопровідної мережі та розрахунок сумісної роботи всіх елементів СПРВ.

Гідравлічні розрахунки з'явилися в 30-х роках минулого сторіччя і наразі орієнтовані як на розрахунки вручну, так і машинними методами [5, 6]. Найбільш поширеними методами проведення гідравлічного розрахунку мережі стали методи Лобачова-Кросса та Андріяшева. Однак вони доволі трудомісткі і в деяких випадках дають розходження результатів.

Сумісна робота елементів СПРВ почала розраховуватися з 60-х років минулого сторіччя. Вперше цим питанням перейнявся професор В.Г. Ільїн, який запропонував використовувати умовні опори мереж водопроводу [7]. Ним були отримані аналітичні залежності відносних втрат напору в лініях мережі від співвідношення витрат води, що розбирається із мережі до поданих насосною станцією. Ці залежності були справедливими для простих мереж із контррезервуарами.

В подальших дослідженнях [8] застосовувались традиційні підходи до гідравлічного розрахунку сумісної роботи споруд СПРВ, що базуються на числових методах з використанням можливостей ЕОМ. Сучасні комп'ютерні програми дозволяють значно спростити вся процеси розрахунку та проводити їх максимально зручно і швидко. Наприклад, за допомогою ГІС-технологій можна моделювати всі елементи системи водопостачання з коригуванням змін шорсткості водопровідних труб, відключенням ділянок та наявністю аварійних витоків.

Важливим показником роботи систем подачі і розподілу воді також є техніко-економічні розрахунки, які демонструють фінансову ефективність роботи мережі.

1.3 Особливості централізованих систем водопостачання

Недоліком централізованої системи водопостачання являється те, що напір насосів визначається необхідним тиском в невідповідній точці мережі, що в ряді випадків призводить до значного надлишку напорів в деяких районах населеного пункту. Згідно з п. 6.3.3 [1] вільний напір у зовнішній мережі питного водопроводу у споживачів не повинен перевищувати 45 м. Якщо напори в мережі перевищують цей показник, слід передбачати установку регуляторів тиску або зонування системи водопостачання.

Окрім того, значне перевищення тиску, як і загальний стан мереж та неякісна водорозбірна арматура, часто стає причиною невиробничих втрат води у мережі. Що в підсумку впливає на якість та вартість послуг централізованого водопостачання.

Дослідження [9] показали, що тиск в мережі — головний фактор втрат води (рис. 1.2). При тиску 0,4 МПа (8-поверховий будинок) на початку експлуатації корисний водовідбір складає 56%, невиробничі витрати від недосконалої арматури — 15%, витрати від надлишкового тиску — 22%, витоки води — 7% від загального водоспоживання. При зростанні тиску до 0,6 МПа ці складові водоспоживання дорівнюють відповідно — 49, 13, 28 та 11%. А зі збільшенням строку експлуатації ще різко зростають.

Тому при певних місцевих топографічних умовах централізовану систему водопостачання виявляється доцільним розділити на дві та більше самостійних зони, які живляться від окремих мереж. Також зонування системи подачі та розподілу питної води може використовуватись у випадках значних надлишкових напорів у деяких районах мережі або більш низьких приведених витратах.

Так, зонування мережі може мати значний економічний ефект, дозволяючи зменшити кількість енергії, що витрачається на підйом води. Таким чином, частіше всього поділ на зони влаштовується при значній різниці позначок землі в межах території населеного пункту або великій різниці значень необхідних напорів для різних споживачів.



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

1.4 Особливості зонних систем водопостачання

В залежності від того, як організована подача води в окрему зону, зонування може бути послідовним або паралельним. При послідовній схемі зони мережі з'єднуються 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 верхню частину мережі. Її насоси відбирають воду з регулюючої ємності або безпосередньо з мережі нижньої зони та подають її в водопровід верхньої зони. Тобто, вода, необхідна для верхньої зони, транзитом проходить крізь нижню.

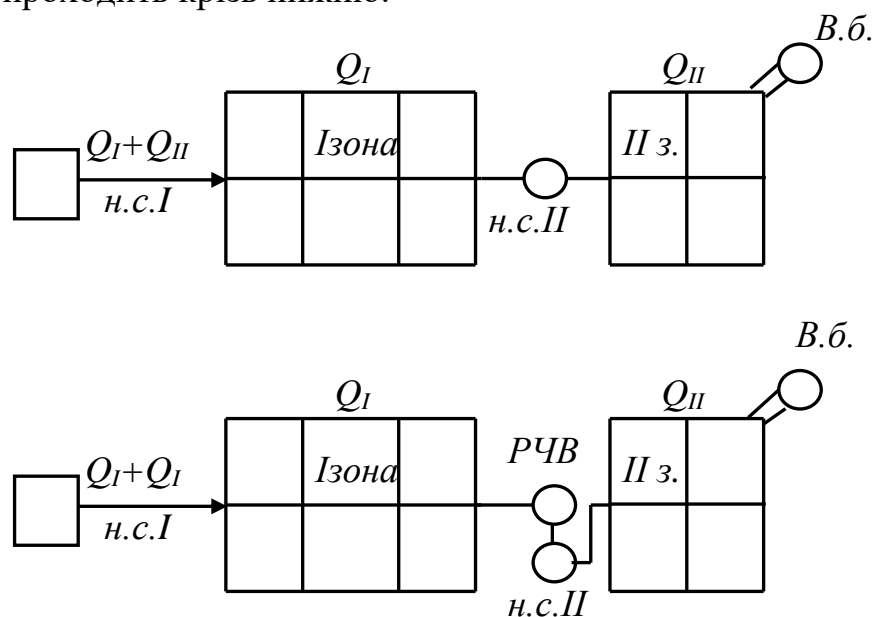


Рисунок 1.3 – Схеми послідовного зонування водопровідної мережі населеного пункту [10]

Паралельне зонування передбачає аналогічний поділ мереж на зони, але вода подається в кожен з них по своїх водоводах окремою групою насосів, які можуть бути розташовані на одній головній насосній станції

другого підйому. Таким чином забезпечується паралельне функціонування двох гідравлічно автономних мереж водопостачання. Водоводи, що подають воду в верхню зону, як правило прокладаються територією нижньої зони. За рахунок зонування напір в зонах знижується, хоча тиск в водоводах, що подають воду в верхню зону, може залишитися тим же.

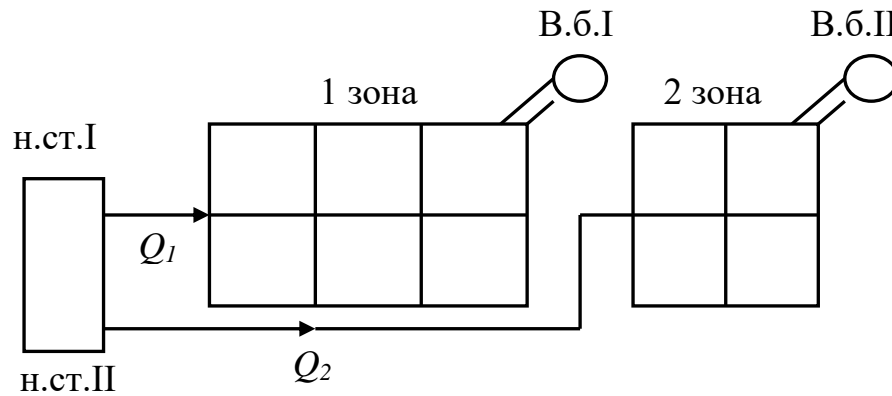


Рисунок 1.4 – Схема паралельного зонування водопровідної мережі населеного пункту [10]

Обидві системи зонування мають не лише переваги, але і деякі недоліки. Так, послідовне зонування потребує влаштування додаткової окремої насосної станції, що збільшує витрати на будівництво та експлуатацію мережі. А недоліком влаштування паралельних зон є збільшення будівельної вартості водоводів.

У випадку крутого рельєфу місцевості, як правило, використовується 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:

$$H_{\text{макс}} = (Z_{\text{макс}} - Z_{\text{мін}}) + H_B + h, \quad (1.2)$$

де $Z_{\text{макс}} - Z_{\text{мін}} = \Delta Z$ – максимальна різниця позначок місцевості в межах міста, м; h – максимальна втрата напору в мережі, м.

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

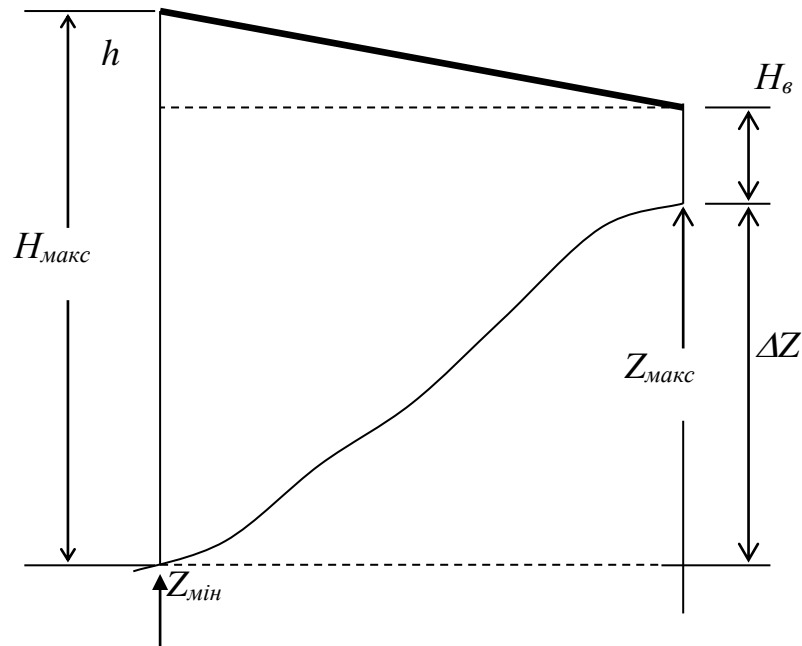


Рисунок 1.5 – Схема напорів в незонуваній мережі [10]

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).

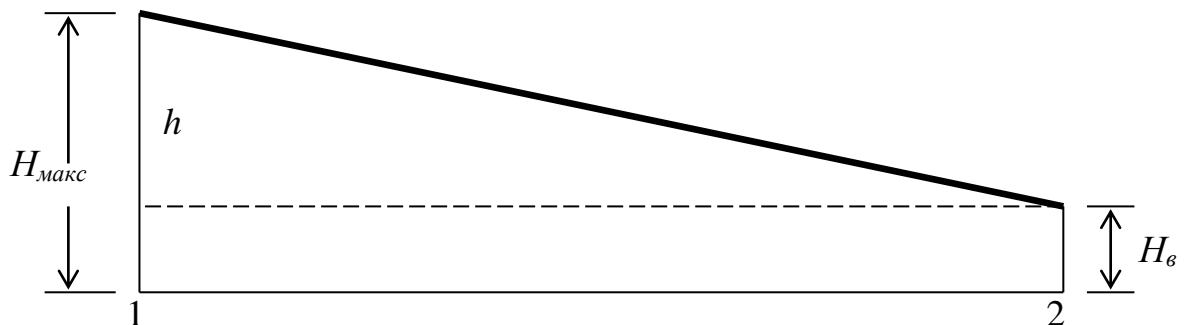


Рисунок 1.6 – Формування напорів в довгій водопровідній мережі [10]

Таким чином, зонування водопровідної мережі населеного пункту дозволить знизити надлишкові тиски в мережі та скоротити загальну енергоємність насосного обладнання.

1.5 Порівняння витрат енергії для централізованих та зонованих систем водопостачання

Насосні станції є важливим елементом сучасних систем водопостачання. Технічні показники їх роботи визначають не тільки надійність, але і економічну ефективність системи подачі та розподілу води населеного пункту. Тим більше, що насоси є основними споживачами електроенергії в системах водопостачання.

На рис. 1.7 показано, як витрачається енергія в водоводі з кількома відборами Q_i і одним насосом при централізованій мережі водопостачання.

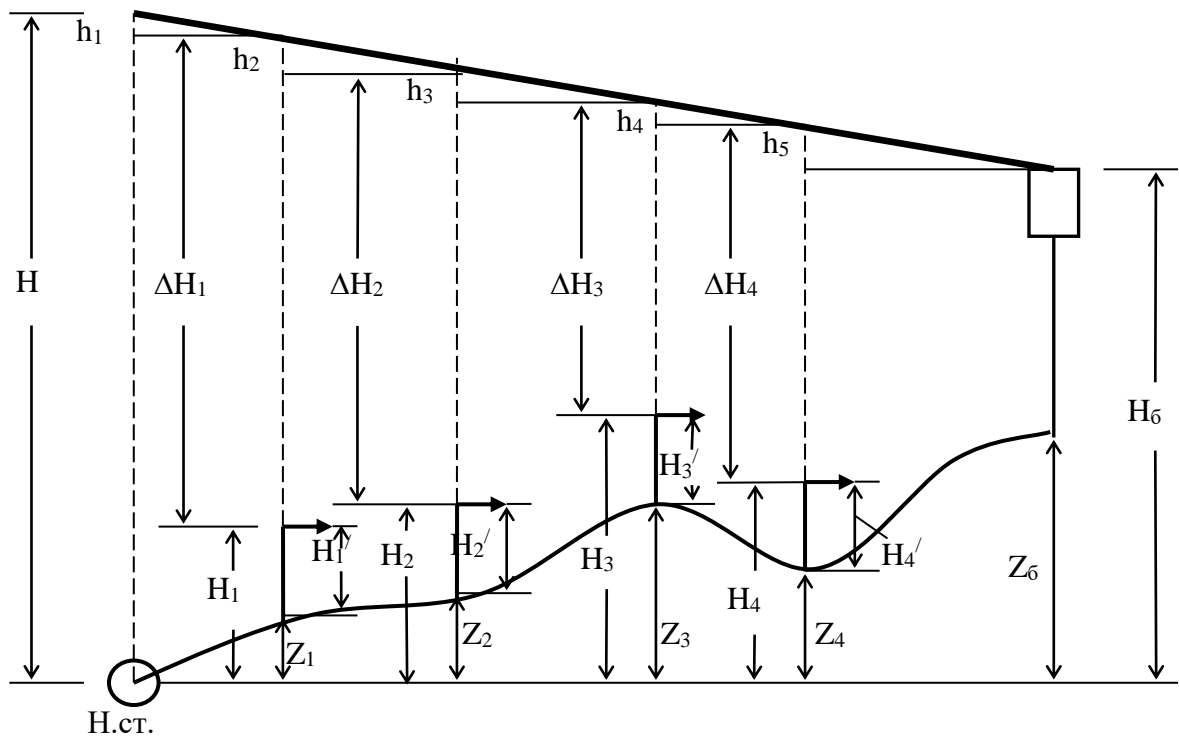


Рисунок 1.7 – Формування тисків в незонованій мережі [10]

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

$$E = Q \rho g H. \quad (1.3)$$

Ця 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' :

$$E_{\Gamma} = \sum_1^n Q_i H_i \rho g , \quad (1.4)$$

де n – кількість точок відбору, шт.

- роботи по подоланню гідравлічного опору в трубах при транспортуванні необхідної кількості води до місця її відбору:

$$E_T = \sum_1^n q_{i-k} h_{i-k} \rho g , \quad (1.5)$$

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

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

$$E_H = \sum_1^n Q_i \Delta H_i \rho g . \quad (1.6)$$

Загальна кількість енергії, яка витрачається в одиницю часу насосом, — це сума всіх трьох компонентів:

$$E = E_{\Gamma} + E_T + E_H . \quad (1.7)$$

Лише один з них — E_{Γ} — являє собою корисно витрачену енергію. Він являється заданою величиною і не може бути змінений.

Друга складова загальної витрати енергії — E_T — не використовується споживачем, а витрачається на транспортування води. Її величина визначається на основі техніко-економічного розрахунку мережі з визначенням найбільш вигідних економічних діаметрів труб. Очевидно, що бажання знизити E_T приведе до зменшення h_i і порушення найвигіднішого співвідношення будівельних і експлуатаційних витрат.

Третій компонент E_H — основний недолік централізованої системи водопостачання. Відбір споживачами води на різних позначках H_i призводить до необхідності насосній станції подавати воду під напором, розрахованим на одного найбільш віддаленого та високо розташованого споживача.

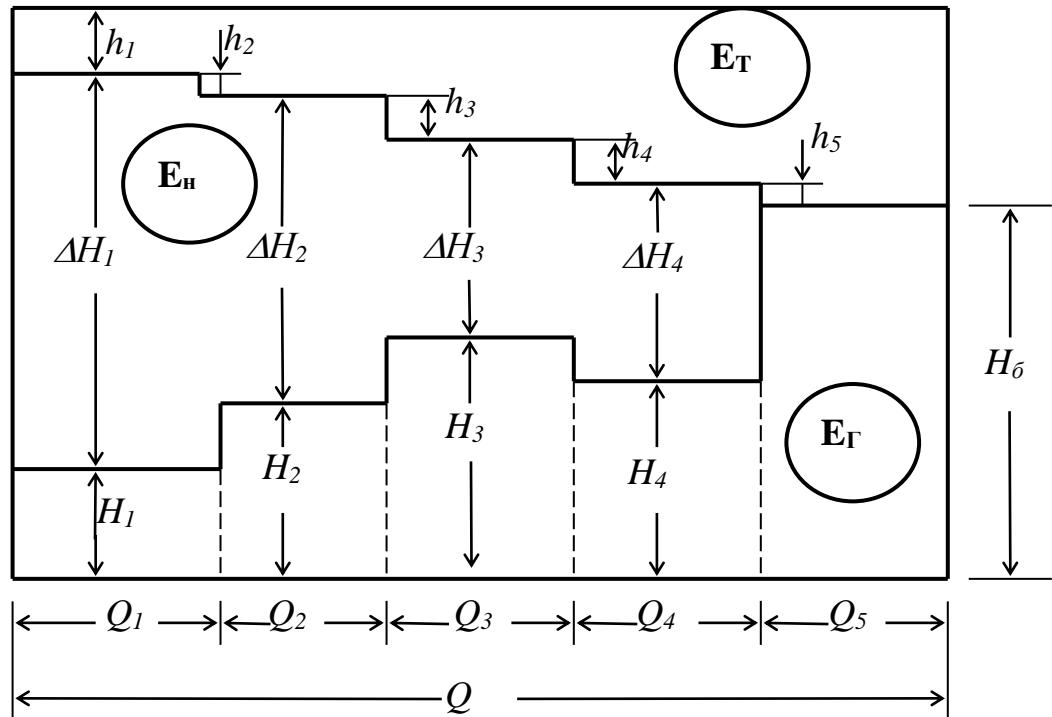


Рисунок 1.8 – Схема використання енергії в незонуваній системі [10]

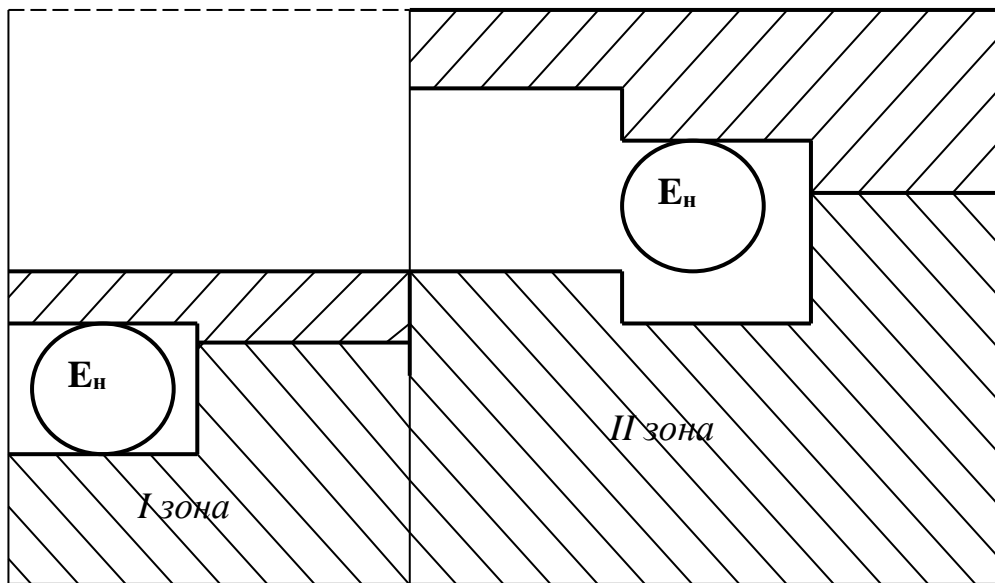


Рисунок 1.9 – Схема використання енергії в зонуваній системі [10]

Щоб оцінити ефективність використання енергії в централізованій системі водопостачання можна використовувати наступне співвідношення:

$$\varphi = \frac{E_{\Gamma} + E_T}{E} = 1 - \frac{E_H}{E}. \quad (1.8)$$

Підвищити ефективність використання енергії можна за рахунок зменшення E_H . Це можна зробити, зонуючи загальну систему водопостачання, як показано на графіку (рис.1.9). Одночасно зі зменшенням надлишкових напорів зменшуються витрати і нераціональне витрачання води.

При проектуванні зонного водопроводу необхідно вибрати число зон та схему зонування. При цьому кількість зон визначається умовами забезпечення необхідних напорів, що не перевищують допустимі за умовами експлуатації водопроводу.

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

$$\Delta Z_{\text{кр}} = H_{\text{макс}} - H_{\text{в}} - h_{\text{макс}}, \quad (1.9)$$

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 найбільші втрати напору в мережі, м.

Якщо $\Delta Z_{\text{кр}} < \Delta Z$, то необхідно передбачити зонування мережі. Якщо воно влаштовується з економічних міркувань, тобто для скорочення кількості електроенергії на підйом води, то доцільно буде прийняти число зон за мінімальними приведеними витратами на будівництво та експлуатацію системи.

Статистика показує [10], що економічно найвигідніша кількість зон зростає зі збільшенням витрати води, вартості енергії і максимальної різниці геодезичних позначок в межах території населеного пункту. Як правило, в малих містах 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 єдиної мережі. Однак при цьому необхідно враховувати взаємозв'язок між нижніми та верхніми зонами. Наприклад, транзит води в верхню зону при послідовній схемі зонування мережі, транзит витрати на пожежогасіння для верхньої зони, гасіння пожежі з забором води з регулюючих резервуарів.

При влаштування в системі проміжних резервуарів слід перевірити достатність їх регулюючої ємності. Роль регулюючої ємності для нижньої зони зазвичай виконують резервуари чистої води вищерозміщеної зони. При цьому вони можуть працювати лише регулятором витрати, а напір буде підтримуватися насосами відповідної насосної станції.

При зонних системах збільшується число можливих розрахункових випадків, розрахунки яких проводяться аналогічно однозонним системам. Слід відзначити, що при розрахунках регулюючих ємностей подача в них води визначається режимом подачі нижньої насосної станції і режимом водорозбору в цій зоні (рис.1.10), а відбір — режимом подачі насосів, які забирають воду з цього резервуару.

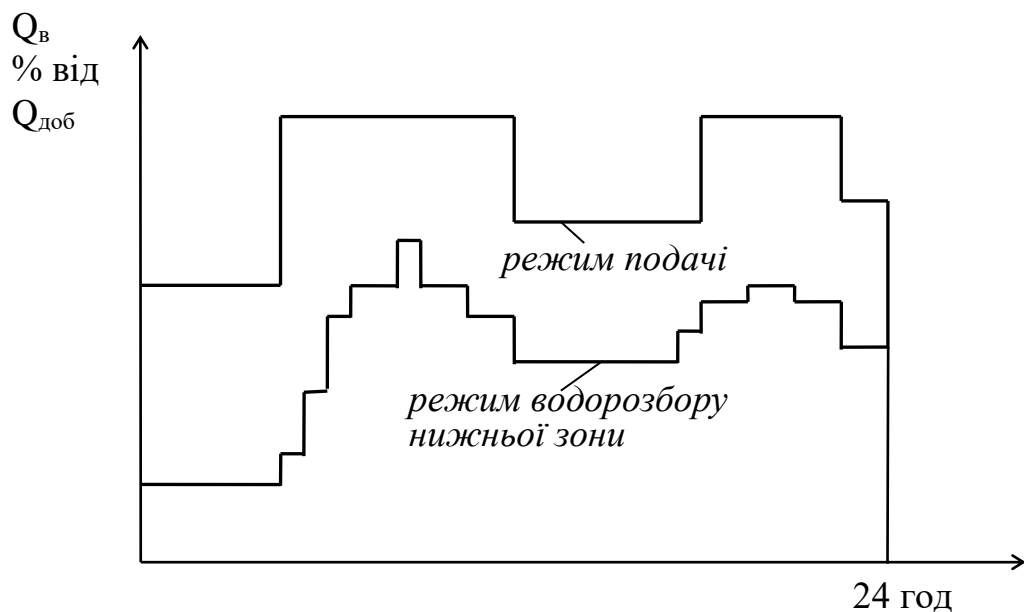


Рисунок 1.10 – Сумісний графік подачі насосної станції і водорозбору першої (нижньої) зони [10]

1.6 Системи водопостачання в різних країнах

Останнім часом всі галузі народного господарства України намагаються запровадити енергоощадні технології. Це стосується і сфери забезпечення населення питною водою і пояснюється зниженням запасів водних ресурсів та високої собівартістю підготовки та подачі води. В середнього на одного жителя України припадає близько 1100 м³ сумарного стоку в рік 95% забезпеченості, а місцевого — 580 м³/рік [11]. Ці показники є одними з найнижчих серед інших європейських країн. Так у Франції споживають 3500 м³/рік, Норвегії — 97000 м³/рік, Швеції — 24000 м³/рік. Менші показники споживання в Нідерландах — 780 м³/рік, Угорщині — 810 м³/рік та деяких інших країнах.

Середнє питоме водоспоживання по Україні становить 320 л/добу на 1 людину [11], а в окремих містах — 173...422 л/добу, в той час, як в країнах Європи ці показники набагато нижчі.

Таблиця 1.1 — Питоме водоспоживання в країнах Європи

Країна	Водоспоживання, л/добу на 1 людину	Країна	Водоспоживання, л/добу на 1 людину
Україна	320	Франція	159
Угорщина	292	Голландія	148
Росія	262	Німеччина	142
Швеція	194	Великобританія	136
Данія	190	Іспанія	126

Крім того, у міських водопроводах нашої країни переважають відбори води населенням та необліковані витрати — втрати через витоки, нераціональне використання води, технологічні витрати ВКГ.

Рисунок 1.2 — Структура витрат води, %, в населених пунктах

Населений пункт	Населення	Бюджетні організації	Промисловість, ТКЕ	Необліковані витрати води
Харків	62	3	5	30
Чернігів	61	7	8	24
Рівне	60	12	4	24
Тернопіль	50	4	8	38
Ужгород	40	17	5	38
Чернівці	40	4,5	7,5	48
Кропивницький	39	3	9	49
Івано-Франківськ	32	4	16	48

Починаючи з 2000 року спостерігається стабілізація відносних витрат у сумарних об'ємах реалізованої води для всіх категорій споживачів. Однак у загальних об'ємах поданої води необліковані витрати зростають, в основному за рахунок витоків, і, відповідно, зменшуються корисні витрати всіма категоріями споживачів. У середньому по ВКГ України втрати та невраховані витрати води доходять майже до 30%.

Одночасно існує тенденція до зниження об'ємів спожитої води. Це пояснюється зміною тарифів на послуги, масовим встановленням квартирних водолічильників та впровадженням енерго- і водоощадних заходів.

Водопровідно-каналізаційне господарство є найбільшим споживачем електроенергії у комунальній сфері. Її об'єм доходить до 6 млрд.кВт.год на рік, що складає 75% загального енергоспоживання галузі або 5,2% сумарної витрати електроенергії в країні. При цьому нераціональні енерговитрати становлять 1,1 млрд.кВт.год на рік. Понад 70% електроенергії у водопровідно-каналізаційному господарстві витрачається на подачу питної води в СПРВ, а її середні питомі витрати на відпуск води споживачам становлять близько 1,0 кВт-год/м³. Це перевищує аналогічні показники інших країн Європи в 1,8...2,6 рази. При цьому вартість електроенергії становить одну з основних часток витрат у собівартості води (рис. 1.11).

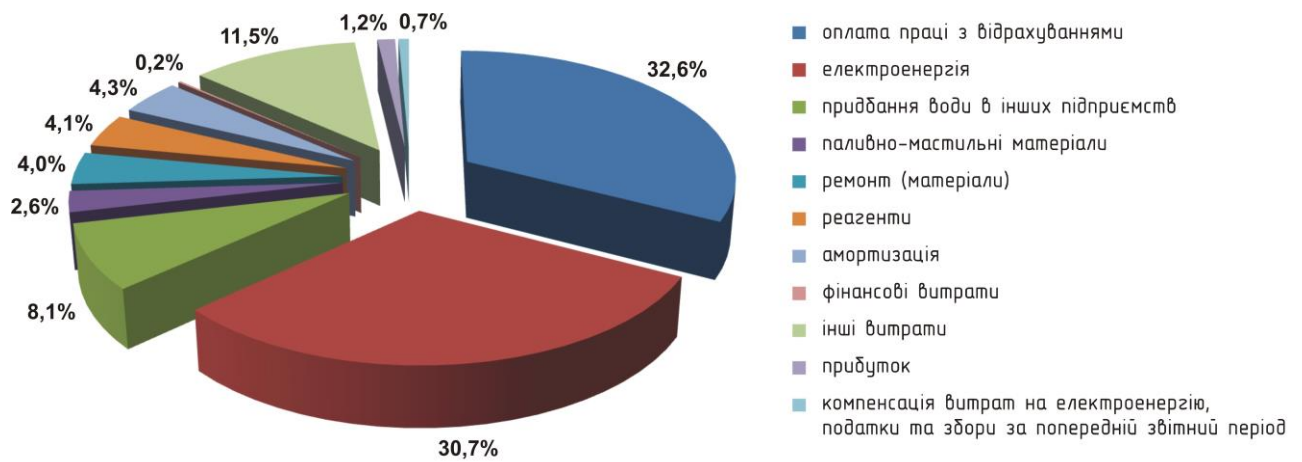


Рисунок 1.11 — Середньозважена структура тарифу на централізоване водопостачання в Україні

Статистичні дані свідчать, що нераціональні витрати електроенергії становлять до 30% і більше, що пов'язано з недосконалістю СПРВ, неефективною роботою встановленого насосного обладнання та значними витоками і втратами води (іноді до 50%) [11]. Так, згідно з офіційними даними, у ВКГ України потребує заміни 7% насосних станцій, повністю амортизовано 30% насосних агрегатів, а 98% потребує заміни. Внаслідок незадовільного технічного стану мереж і насосного обладнання втрати електроенергії на подачу води становлять до 40%.

Станом на 2014 рік загальна протяжність комунальних водопровідних мереж складала 112 тис. км, з яких третина — 37 тис. км — знаходилась в аварійному стані та потребувала заміни. Через зношеність водопровідних мереж та їх високу аварійність втрати в них через витоки складають понад 25% [11].

Обстеження водопроводів спеціалістами фірми PADCO у 24 містах України із населенням 50...300 тис. мешканців [11] показали, що водоводи і водопровідні мережі там прокладені, в основному, із чавунних (50%) та сталевих (42%) труб. Такі труби в більшості випадків (82%) мають на внутрішній поверхні відкладення корозійного характеру, які призводять до збільшення гідравлічних опорів труб в 1,5...5,0 і більше разів [11].

На ступінь збільшення опорів труб, крім їх матеріалу і хімічного складу води, суттєво впливають режими подачі води по трубопроводах та термін їх експлуатації. При цьому важливим є місцезнаходження ділянки трубопроводу в системі, швидкість руху води, характер їх зміни в часі тощо. Більшість водопровідних труб експлуатується понад 20 років, що негативно відображається не тільки на їх гідравлічних характеристиках, але й на показниках надійності.

Дослідження показують, що одним із найбільш впливових факторів на аварійність мереж і величини витоків води є напір води [11]. Тому в багатьох країнах ця величина нормується, до прикладу, у Великобританії та Ірландії вона складає 30 м. Дотримання нормативу значно знижує аварійність трубопроводів та зменшує витoki.

Аналіз стану СПРВ населених пунктів України показує, що їх функціонування в нинішніх умовах має свої характерні особливості, пов'язані із перманентними змінами параметрів, ринковими правилами господарювання, інтенсивним старінням і зношенням споруд та комунікацій. Так, зміни витрат води мають не тільки циклічний добовий і сезонний характер, але й тенденцію до зменшення їх загальних величин, що обумовлено впровадженням раціональних методів водокористування.

Ефективність роботи насосного обладнання є низькою через невідповідність його параметрів існуючим змінним режимам розбору і подачі води, що обумовлено, зокрема, й недосконалістю традиційних методів підбору насосів для СПРВ. Функціональні показники СПРВ (питомі витрати електроенергії, втрати води через витoki, аварійність тощо), як правило, не відповідають їх номінальним величинам.

Таким чином, дослідження показує, що системи подачі і розподілу води в Україні потребують значної модернізації та реконструкції. Нові підходи до мереж водопостачання повинні бути спрямовані на підвищення їх економічних і технологічних показників, ресурсозаощадження та покращення водозабезпечення населених пунктів.

РОЗДІЛ 2

ХАРАКТЕРИСТИКА ОБ'ЄКТА ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРАХУНОК ОДНОЗОННОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

2.1 Характеристика житлової забудови населеного пункту та визначення розрахункової кількості мешканців

Територія населеного пункту за щільністю населення та характером забудови може бути розділена на три райони. Перший район має в основному чотиріповерхову забудову загальною житловою площею 124,04 га; будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою централізованого гарячого водопостачання; щільність населення - 380 чол/га. Другий район має переважно п'ятиповерхову забудову загальною площею 139,10 га; будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою централізованого гарячого водопостачання; щільність населення - 425 чол/га. Третій район має переважно дев'ятиповерхову забудову загальною площею 153,08 га; будинки обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією та системою централізованого гарячого водопостачання; щільність населення - 490 чол/га.

В місті є 2 великі промислові підприємства, характеристики яких наведені в табл. 2.1. Промислові підприємства міста працюють у три зміни: 1 зміна - початок роботи о 8.00 години, 2 зміна - з 16.00 години, 3 зміна – з 24.00. Кількість працюючих в гарячих цехах підприємства №1 становить 40% від загальної їх кількості, а підприємства №2 - 35% .

Таблиця 2.1 - Характеристика промислових підприємств міста

№	Найменування підприємства	Витрата води на виробничі потреби, м ³ /доб.	Кількість робітників, чол.		
			1 зміна	2 зміна	Всього
1	Підприємство №1	2400	1500	1200	1000
2	Підприємство №2	1200	1200	800	0

Число мешканців в і-м районі міста визначається за формулою:

$$N_i = P_i \times F_i, \quad (2.1)$$

де P_i - щільність населення і-го району, чол/га;

F_i - площа і-го району міста, га.

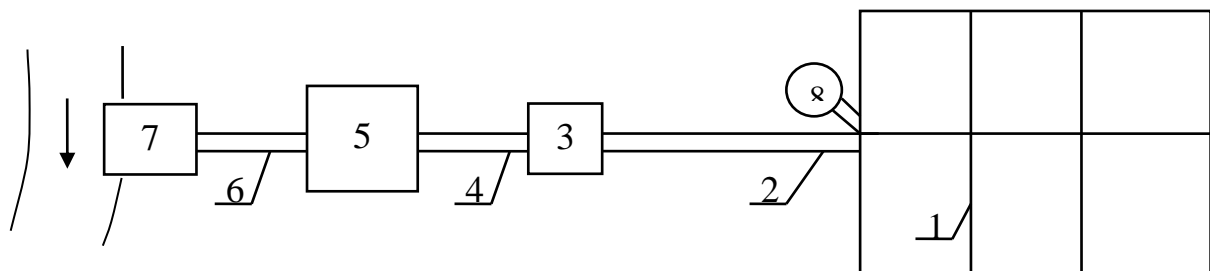
Отримані дані наведені в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 - Розрахункове число мешканців міста

Район міста	Щільність населення, Р, чол/га.	Площа території, F, га.	Розрахункове число мешканців, N, чол.
I	380	124,04	47135
II	425	139,10	59118
III	490	153,08	75009
Всього		416,22	181262

2.2 Загальна характеристика централізованої водопровідної мережі

В зв'язку з більшою надійністю приймається кільцева магістральна мережа, що рівномірно охоплює всю територію міста. Враховуючи те, що вода подається в мережу в найбільш високій точці місцевості, водонапірна башта встановлюється на початку мережі.



1 - магістральна мережа міста; 2 - напірні водоводи насосів насосної станції II підйому; 3 - насосна станція II підйому; 4 - всмоктувальні водоводи насосної станції II підйому; 5 - очисна станція; 6 - напірні водоводи насосів насосної станції I підйому; 7 - водозабір, суміщений з насосної станції I підйому; 8 - водонапірна башта.

Рисунок 2.1 - Принципова схема водопостачання міста

2.3 Розрахунок водопровідної мережі міста

2.3.1 Визначення добових розрахункових витрат води міста

Витрати води на господарсько-питні потреби населеного пункту та поливання вулиць і зелених насаджень розраховуються окремо для кожного району. Середньодобова витрата води і-го району визначається за формулою, м³/доб:

$$Q_{\text{доб.}i} = N_i \times q_i / 1000, \quad (2.2)$$

де N_i - число мешканців в і-му районі міста, чол.;

q_i - питоме господарсько-питне водоспоживання на одного мешканця, л/доб, [1, табл. 1].

Розрахункові витрати води для окремих районів в добу найбільшого і найменшого водоспоживання обчислюються за формулами:

$$Q_{\text{доб.макс.}i} = K_{\text{доб.макс.}i} \times Q_{\text{доб.}i}, \quad (2.3)$$

$$Q_{\text{доб.мін.}i} = K_{\text{доб.мін.}i} \times Q_{\text{доб.}i}, \quad (2.4)$$

де $K_{\text{доб.макс.}i}$, $K_{\text{доб.мін.}i}$ - відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності [1, п. 6.1.2].

Питоме господарсько-питне водоспоживання на одного мешканця, що залежить від ступеню благоустрою будинків, приймається по табл. 1 [1].

Коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, що враховують режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків та інше приймаються рівними:

$$\text{I район} - K_{\text{доб.макс.}1} = 1,15 \quad K_{\text{доб.мін.}1} = 0,85$$

$$\text{II район} - K_{\text{доб.макс.}2} = 1,20 \quad K_{\text{доб.мін.}2} = 0,80$$

$$\text{III район} - K_{\text{доб.макс.}3} = 1,15 \quad K_{\text{доб.мін.}3} = 0,85$$

Результати розрахунку добових витрат води в місті представлені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 - Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

Район міста	Розрахункове число мешканців, чол.	Питоме середньодобове водоспоживання, л/доб·чол	Коефіцієнт добової нерівномірності		Добові витрати води, м ³ /доб		
			К _{доб.макс.}	К _{доб.мін.}	Q _i	Q _{доб.макс.}	Q _{доб.мін.}
I	47135	255	1,15	0,85	12019,4	13822,3	10216,5
II	59118	280	1,2	0,8	16553,0	19863,6	13242,4
III	75009	285	1,15	0,85	21377,6	24584,2	18171,0
Всього	181262				49950,0	58270,1	41629,9

Добова витрата на поливання вулиць і зелених насаджень визначається по питомій витраті води на поливання на одного мешканця. Згідно [1, табл.А.2] питома витрата, що залежить від кліматичних умов, потужності джерела водопостачання та ін. для трьох районів міста приймається рівною:

$$g_{\text{пит.пол.1}} = g_{\text{пит.пол.2}} = g_{\text{пит.пол.3}} = 60 \text{ л/(доб·чол.)}$$

Із загальної витрати води на поливання 40% води використовують двірники, а 60% - поливальні машини. Результати розрахунку зведені в табл.2.4.

Таблиця 2.4 - Добові витрати води на поливання вулиць і зелених насаджень

Район міста	Розрахункове число мешканців, чіл.	Питома середньодобова витрата на поливання, л/доб·чол	Добова витрата води на поливання, м ³ /доб		
			Всього по району Q _{i.пол.}	Двірниками Q' _{i.пол.}	Поливальними машинами Q'' _{i.пол.}
I	47135	60	2828,1	1131,2	1696,9
II	59118	60	3547,1	1418,8	2128,3
III	75009	60	4500,5	1800,2	2700,3
Всього	181262		10875,7	4350,2	6525,5

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

Витрати води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на виробництві, визначаються для кожної зміни виходячи з кількості працюючих та питомої витрати води на одного працюючого. Питоме водоспоживання для цехів з тепловиділенням більше 80 кДж (20 ккал) на 1м³/год (гарячі цехи) приймається рівним 45 л/зм на 1 людину, а для холодних цехів - 25 л/зм на 1 людину.

Таблиця 2.5 - Витрати води на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств

Підприємство	Номер зміни	Кількість робітників Ni, чол.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Загальна витрата, Qp, м ³
			Кількість робітників Nr, чол.	Питома витрата води на 1чол, л/зм	Витрата води, Qr, чол.	Кількість робітників Nx, чол.	Питома витрата води на 1чол, л/зм.	Витрата води, Qx, м ³	
№ 1	I	1500	600	45	27,00	900	25	22,50	49,50
	II	1200	480		21,60	720		18,00	39,60
	III	1000	400		18,00	600		15,00	33,00
Всього по ПП№1		3700	1480		66,60	2220		55,50	122,10
№ 2	I	1200	420	45	18,90	780	25	19,50	38,40
	II	800	280		12,60	520		13,00	25,60
	III	0	0		0	0		0	0
Всього по ПП№2		2000	700		31,50	1300		32,50	64,00
Всього		5700	2180		98,10	3520		88,00	186,10

Витрата води на користування душами на промислових підприємствах визначається за формулою:

$$Q=0,5 \sum N_i / n_i , \quad (2.5)$$

де 0,5 - годинна витрата води на одну душову сітку, м³;

N_i - загальна кількість робітників, зайнятих в і-му процесі, чол.;

n_i - розрахункова кількість чоловік на одну душову сітку для і-й санітарної характеристики виробничого процесу, чол.

Розрахунки по визначенню витрат води на користування душами на промислових підприємствах зводяться в табл. 2.6.

Таблиця 2.6 - Витрати води на користування душами на промислових підприємствах

Вид цеху	Кількість працівників за змінами, чол.			Група виробничого процесу	Кількість чоловік на 1 душову сітку	Кількість робочих душових сіток, шт.			Витрата води за змінами, м ³		
	I	II	III			I	II	III	I	II	III
Промислове підприємство №1											
Хол. цеха	900	720	600	Ia	15	60	48	40	30,0	24,0	20,0
Гар. цеха	600	480	400	IIa	5	120	96	80	60,0	48,0	40,0
Всього	1500	1200	1000						90,0	72,0	60,0
Промислове підприємство №2											
Хол. цеха	780	520	0	IIб	3	260	173	0	130,0	86,5	0
Гар. цеха	420	280	0	IIa	5	84	56	0	42,0	28,0	0
Всього	1200	800	0						172,0	114,5	0
Всього по обох підприємствах	2700	2000	1000						262,0	186,5	60,0

2.3.2 Режим водоспоживання міста

Для призначення режиму споживання води на господарсько-питні потреби кожного району міста визначається максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності:

$$K_{\text{макс.}} = \alpha_{i.\text{макс.}} \times \beta_{i.\text{макс.}}, \quad (2.6)$$

де $\alpha_{i.\text{макс.}}$ - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші умови [1, п.6.1.2];
 $\beta_{i.\text{макс.}}$ - коефіцієнт, що враховує чисельність мешканців у районі [1,табл. 2].

Для I району: $K_{1 \text{ год.макс.}} = 1,32 \times 1,155 = 1,52$

Для II району: $K_{2 \text{ год.макс.}} = 1,32 \times 1,141 = 1,50$

Для III району: $K_{3 \text{ год.макс.}} = 1,32 \times 1,125 = 1,48$

Отримані за формулою (2.6) $K_{i.год.макс}$ порівнюються з найближчими коефіцієнтами годинної нерівномірності $K_{i.год.табл.}$, наведеними в [10]. Так як обчислені коефіцієнти не збігаються з табличними, то розподіл води по годинах доби приймається відповідно до найближчих табличних коефіцієнтів:

$$\text{I район} - K_{1.год.табл} = 1,50$$

$$\text{II район} - K_{2.год.табл} = 1,50$$

$$\text{III район} - K_{3.год.табл} = 1,50$$

При цьому значення витрати в годину максимального водоспоживання замінюється значенням, розрахованим за формулою, %:

$$P_{ск} = K_{i.макс.} \times 4,17, \quad (2.7)$$

де $P_{ск}$ - витрата води в годину максимального водоспоживання у відсотках від $Q_{доб.макс.i}$.

Щоб після такої заміни не порушився добовий баланс корегуються витрати води в двох годинах із середнім водоспоживанням.

По відсотковому розподілу добових витрат визначаються витрати води для кожної години, m^3 :

$$Q_j = P_j \times Q_{i.доб.макс.} / 100, \quad (2.8)$$

де P_j - значення j -ї годинної витрати, %;

$Q_{i.доб.макс.}$ - максимальна витрата для i -го району міста, $m^3/доб.$

Режим витрати води на поливання вулиць і зелених насаджень приймається рівномірним протягом частини доби. При цьому поливання силами двірників планується протягом 6 годин (по 3 години вранці і ввечері). Поливання машинами передбачається безперервним протягом двох змін (14годин).

Годинна витрата води на поливання:

$$Q_{пол.} = Q_{доб.пол.} / T_{пол.}, \quad (2.9)$$

де $Q_{доб.пол.}$ - витрата води на поливання (силами двірників або машинами),
 $\text{м}^3/\text{доб};$
 $T_{пол.}$ - час поливання, год.

Режим витрати води на виробничі потреби приймається рівномірними протягом доби. Згідно [1] для господарсько-питного водоспоживання на виробництві коефіцієнт годинної нерівномірності приймається: у гарячих цехах - 2,5; у холодних - 3,0. Розподіл витрати води по годинах зміни у відсотках від загальної витрати води за зміну наведено в [10]. Витрата води для кожної години зміни визначається за формулою, аналогічною (2.8).

Вода на користування душами на промислових підприємствах витрачається в необхідних кількостях по закінченню відповідних змін.

Розраховані витрати води на потреби міста і промислових підприємств зводяться в табл. 2.7.

Таблиця 2.7 - Годинні витрати води населеного пункту

Години доби	Господарсько-питні потреби						Витрата на поливання					
							І район		ІІ район		ІІІ район	
	І район		ІІ район		ІІІ район		двір.	маш.	двір.	маш.	двір.	маш.
	%	куб.м	%	куб.м	%	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м
0 – 1	1,5	207,3	1,5	298,0	1,5	368,8	0	0	0	0	0	0
1 – 2	1,5	207,3	1,5	298,0	1,5	368,8	0	0	0	0	0	0
2 – 3	1,5	207,3	1,5	298,0	1,5	368,8	0	0	0	0	0	0
3 – 4	1,5	207,3	1,5	298,0	1,5	368,8	0	0	0	0	0	0
4 – 5	2,5	345,6	2,5	496,6	2,5	614,6	0	0	0	0	0	0
5 – 6	3,5	483,8	3,5	695,2	3,5	860,5	188,5	0	236,5	0	300,0	0
6 – 7	4,46	616,5	4,5	893,9	4,54	1116,1	188,5	121,2	236,5	152,0	300,0	192,9
7 – 8	5,5	760,2	5,5	1092,5	5,5	1352,2	188,5	121,2	236,5	152,0	300,0	192,9
8 – 9	6,25	863,9	6,25	1241,5	6,25	1536,5	0	121,2	0	152,0	0	192,9
9 – 10	6,34	876,3	6,25	1241,5	6,17	1516,9	0	121,2	0	152,0	0	192,9
10 – 11	6,25	863,9	6,25	1241,5	6,25	1536,5	0	121,2	0	152,0	0	192,9
11 – 12	6,25	863,9	6,25	1241,5	6,25	1536,5	0	121,2	0	152,0	0	192,9
12 – 13	5	691,1	5	993,2	5	1229,2	0	121,2	0	152,0	0	192,9
13 – 14	5	691,1	5	993,2	5	1229,2	0	121,2	0	152,0	0	192,9
14 – 15	5,5	760,2	5,5	1092,5	5,5	1352,2	0	121,2	0	152,0	0	192,9
15 – 16	6	829,3	6	1191,8	6	1475,1	0	121,2	0	152,0	0	192,9
16 – 17	6	829,3	6	1191,8	6	1475,1	0	121,2	0	152,0	0	192,9
17 – 18	5,5	760,2	5,5	1092,5	5,5	1352,2	0	121,2	0	152,0	0	192,9
18 – 19	5	691,1	5	993,2	5	1229,2	0	121,2	0	152,0	0	192,9
19 – 20	4,45	615,1	4,5	893,9	4,54	1116,1	188,5	121,2	236,5	152,0	300,0	192,9
20 – 21	4	552,9	4	794,5	4	983,4	188,5	0	236,5	0	300,0	0
21 – 22	3	414,7	3	595,9	3	737,5	188,5	0	236,5	0	300,0	0
22 – 23	2	276,4	2	397,3	2	491,7	0	0	0	0	0	0
23 – 24	1,5	207,3	1,5	298,0	1,5	368,8	0	0	0	0	0	0
Всього	100	13822,3	100	19863,6	100	24584,2	1131,2	1696,9	1418,8	2128,3	1800,2	2700,3

Продовження табл. 2.7

Години доби	Витрати води на промислових підприємствах												Загальна витрата води по місту	
	Підприємство №1						Підприємство №2							
	Господарсько-питні потреби				Прийом душу	Виробн. потреби	Господарсько-питні потреби				Прийом душу	Виробн. потреби		
	гар.цех		хол.цех				гар.цех		хол.цех					
%	куб.м	%	куб.м	куб.м	куб.м	%	куб.м	%	куб.м	куб.м	куб.м	%	куб.м	
0 – 1	15,65	3,38	18,75	3,38	72,0	100,00	15,65	1,97	18,75	2,44	114,5	50,00	1,66	1221,8
1 – 2	12,05	2,17	6,25	0,94	0	100,00	12,05	0,00	6,25	0	0	50,00	1,40	1027,2
2 – 3	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100,00	12,05	0,00	12,5	0	0	50,00	1,40	1028,1
3 – 4	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100,00	12,05	0,00	12,5	0	0	50,00	1,40	1028,1
4 – 5	12,05	2,17	18,75	2,81	0	100,00	12,05	0,00	18,75	0	0	50,00	2,19	1611,8
5 – 6	12,05	2,17	6,25	0,94	0	100,00	12,05	0,00	6,25	0	0	50,00	3,97	2917,5
6 – 7	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100,00	12,05	0,00	12,5	0	0	50,00	5,41	3971,7
7 – 8	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100,00	12,05	0,00	12,5	0	0	50,00	6,20	4550,0
8 – 9	15,65	2,82	18,75	2,81	60,0	100,00	15,65	0,00	18,75	0	0,0	50,00	5,89	4323,6
9 – 10	12,05	3,25	6,25	1,41	0	100,00	12,05	2,28	6,25	1,22	0	50,00	5,80	4258,9
10 – 11	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100,00	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50,00	5,81	4268,8
11 – 12	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100,00	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50,00	5,81	4268,8
12 – 13	12,05	3,25	18,75	4,22	0	100,00	12,05	2,28	18,75	3,66	0	50,00	4,82	3543,0
13 – 14	12,05	3,25	6,25	1,41	0	100,00	12,05	2,28	6,25	1,22	0	50,00	4,82	3537,8
14 – 15	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100,00	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50,00	5,22	3831,7
15 – 16	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100,00	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50,00	5,61	4123,1
16 – 17	15,65	4,23	18,75	4,22	90,0	100,00	15,65	2,96	18,75	3,66	172,0	50,00	5,98	4389,4
17 – 18	12,05	2,60	6,25	1,13	0	100,00	12,05	1,52	6,25	0,81	0	50,00	5,21	3827,0
18 – 19	12,05	2,60	12,5	2,25	0	100,00	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50,00	4,82	3537,6
19 – 20	12,05	2,60	12,5	2,25	0	100,00	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50,00	5,41	3974,2
20 – 21	12,05	2,60	18,75	3,38	0	100,00	12,05	1,52	18,75	2,44	0	50,00	4,38	3215,8
21 – 22	12,05	2,60	6,25	1,13	0	100,00	12,05	1,52	6,25	0,81	0	50,00	3,58	2629,2
22 – 23	12,05	2,60	12,5	2,25	0	100,00	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50,00	1,80	1323,4
23 – 24	12,05	2,60	12,5	2,25	0	100,00	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50,00	1,41	1032,1
Всього		66,6		55,5	222,0	2400		32,0		33,0	286,5	1200	100	73440,4

2.3.3 Вибір режиму роботи насосної станції та розрахунок ємності баку

Режим роботи насосної станції II підйому визначається за графіком погодинного водоспоживання міста з урахуванням максимального наближення режиму роботи насосної станції до режиму водоспоживання (рис. 2.2). Кількість ступенів роботи насосної станції II підйому приймається рівній - 2, тривалість роботи I ступеня - 7 годин, II ступеня - 17 годин. Результати розрахунку приводяться в табл. 2.8.

Таблиця 2.8 - Вибір режиму роботи насосної станції II підйому та розрахунок регулюючої ємності водонапірного баку

Години доби	Споживання міста, %	Подача насосів, %	Подача в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0-1	1,66	1,54	0	0,12	-0,12
1-2	1,40	1,54	0,14	0	0,02
2-3	1,40	1,54	0,14	0	0,16
3-4	1,40	1,54	0,14	0	0,30
4-5	2,19	1,54	0	0,65	-0,35
5-6	3,97	5,25	1,28	0	0,93
6-7	5,41	5,25	0	0,16	0,77
7-8	6,20	5,25	0	0,95	-0,18
8-9	5,89	5,25	0	0,64	-0,82
9-10	5,80	5,25	0	0,55	-1,37
10-11	5,81	5,25	0	0,56	-1,93
11-12	5,81	5,25	0	0,56	-2,49
12-13	4,82	5,25	0,43	0	-2,06
13-14	4,82	5,25	0,43	0	-1,63
14-15	5,22	5,25	0,03	0	-1,60
15-16	5,61	5,25	0	0,36	-1,96
16-17	5,98	5,25	0	0,73	-2,69
17-18	5,21	5,25	0,04	0	-2,65
18-19	4,82	5,25	0,43	0	-2,22
19-20	5,41	5,24	0	0,17	-2,39
20-21	4,38	5,24	0,86	0	-1,53
21-22	3,58	5,24	1,66	0	0,13
22-23	1,80	1,54	0	0,26	-0,13
23-24	1,41	1,54	0,13	0	0

Повна ємність водонапірного баку:

$$W_{\bar{o}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з.}}, \quad (2.10)$$

де $W_{\text{рег}}$ - регулюючий об'єм водонапірного баку (табл. 2.8), м³;

$$W_{\text{рег}} = 0,93 + 2,69 = 3,62\%$$

$W_{\text{н.з.}}$ - недоторканий запас води в баці, рівний 10-хвилинній тривалості гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожежі, м³.

$$W_{\text{н.з.}} = 0,6 \left(q_{\text{зов.}} + q_{\text{вн.}} \right) = 0,6 \times (40+5) = 27 \text{ м}^3$$

де $q_{\text{зов.}}$, $q_{\text{вн.}}$ - відповідно витрата води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння в місті, табл. 3 [1].

$$W_{\text{рег.}} = W \times Q_{\text{заг.}} / 100, \quad (2.11)$$

$$W_{\text{рег}} = 3,62 \times 73440,4 / 100 = 2658,5 \text{ м}^3$$

Тоді

$$W_{\bar{o}} = 2658,5 + 27,0 = 2685,5 \text{ м}^3$$

Діаметр баку водонапірної башти:

$$D_{\bar{o}} = \sqrt[3]{W_{\bar{o}} / 0,55}, \quad (2.12)$$

$$D_{\bar{o}} = \sqrt[3]{2685,5 / 0,55} = 17,0 \text{ м}$$

Висота шару води в баці:

$$H_{\bar{o}} = 4W_{\bar{o}} / (\pi D_{\bar{o}}^2), \quad (2.13)$$

$$H_{\bar{o}} = 4 \times 2685,5 / (3,14 \times 17,0^2) = 11,8 \text{ м}$$

З огляду на необхідний будівельний запас загальна висота баку приймається рівній - $H_{\bar{o}} = 12,3 \text{ м}$.

Діаметр водоводів від мережі до водонапірної башти визначається за витратою рівною 0,95% $Q_{\text{доб}}$ або 193,8 л/с (табл.2.8). При двох робочих водоводах, витрата кожного з них складе 96,9 л/с. Згідно [12] приймаються водоводи діаметром $D=300\text{мм}$ (швидкість $v=1,28 \text{ м/с}$, ухил $i=0,00795$).

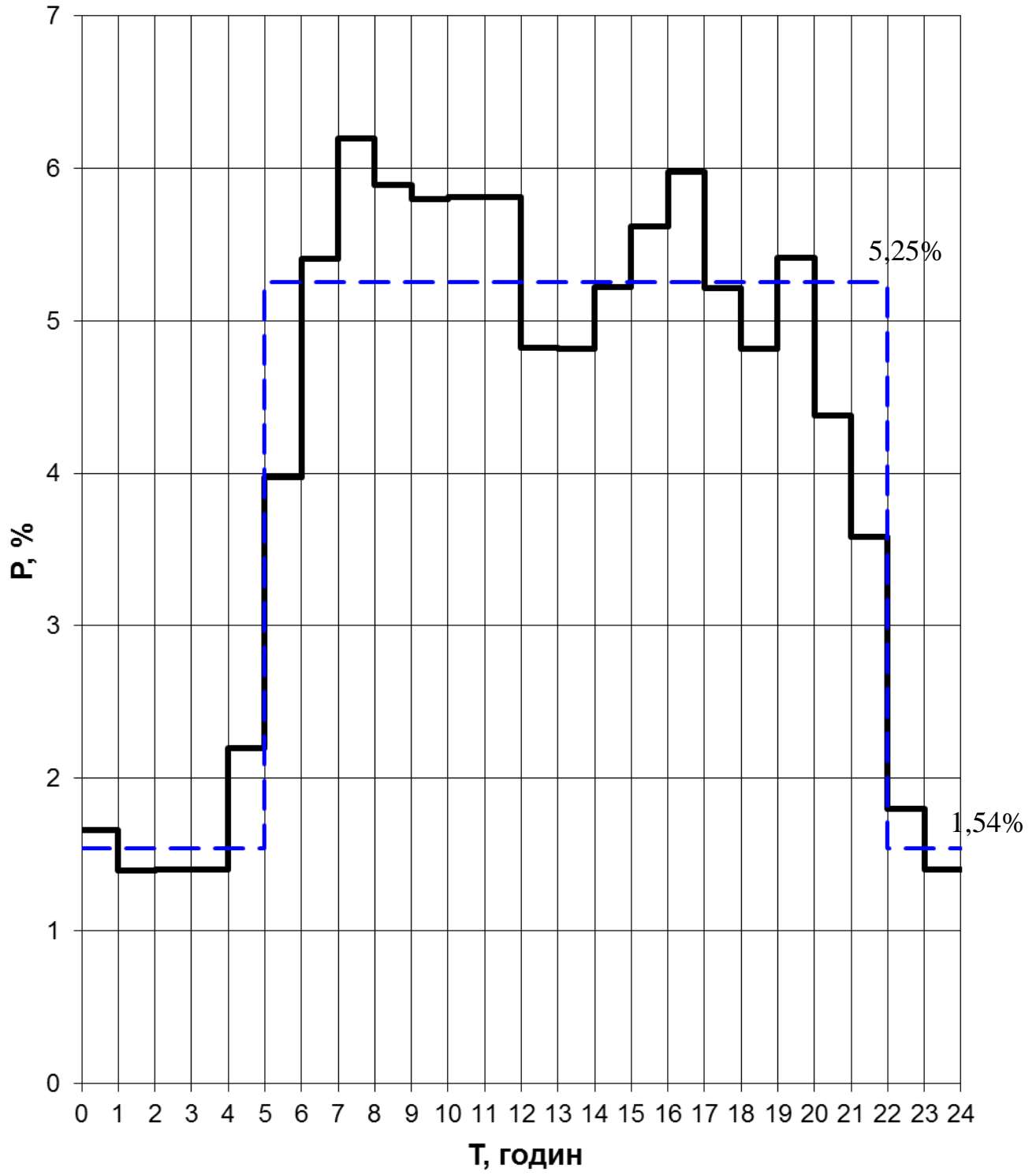


Рисунок 2.2 - Графік погодинного водоспоживання міста

2.3.4 Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі

Для схеми з баштою на початку мережі розраховуються 2 режими - режим максимального водоспоживання та режим пожежі при максимальному водоспоживанні. Розрахунок води на пожежогасіння проводиться згідно п.6.2 [1] за формулою:

$$Q_{\text{пож.}} = n(q_{\text{зов.}} + q_{\text{вн.}}) + 0,5 \times q_{\text{нідпр.}}, \quad (2.14)$$

де n - розрахункова кількість одночасних пожеж у місті, табл.3 [1];

$q_{\text{зов.}}$ - витрата води на зовнішнє пожежогасіння в місті на 1 пожежу, табл.3 [1];

$q_{\text{вн.}}$ - витрата води на внутрішнє пожежогасіння в місті на 1 пожежу;

$q_{\text{нідпр.}}$ - витрата води на пожежогасіння на пром підприємстві, табл.5 [1].

$$Q_{\text{пож.}} = 3(40+5) + 0,5 \times 10 = 140 \text{ л/с}$$

Питома витрата для i -го району при максимальному водоспоживанні визначається за формулою:

$$q_{\text{пит.}i} = (Q_i - \sum Q_{ci}) / \sum l_i, \quad (2.15)$$

де Q_i - повна витрата води i -го району, що відбирається з мережі при максимальному водоспоживанні, л/с;

$\sum Q_{ci}$ - сумарна зосереджена витрата в i -му районі, л/с;

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

I-й район: $q_{\text{пит.}1} = 297,2 / 4090 = 0,072665$

II-й район: $q_{\text{пит.}2} = 411,4 / 4110 = 0,100097$

III-й район: $q_{\text{пит.}3} = 512,5 / 4390 = 0,116743$

В загальну розрахункову довжину магістральних ліній включаються тільки ті лінії, що беруть участь у розподілі води.

Шляхові витрати ділянок обчислюються за формулою:

$$Q_{\text{шл.}} = q_{\text{пит.}i} \times l_{\text{діл.}}, \quad (2.16)$$

де $l_{\text{діл.}}$ - розрахункова довжина ділянки, що розглядається, м.

Результат розрахунку шляхових витрат ділянок для випадку максимального водоспоживання представлений в табл. 2.9.

Таблиця 2.9 - Шляхові витрати

Номер ділянки	Розрахункова довжина ділянки $l_{\text{діл.}}$, м	Питома витрата $q_{\text{пит.і}}$, л/м ³ с	Шляхова витрата $Q_{\text{шл.}}$, л/с
1	410	0,072665	29,79
2	140	0,072665	10,17
3	0	0,072665	0,00
4	280	0,072665	20,35
5	530	0,072665	38,51
6	810	0,072665	58,86
7	430	0,072665	31,25
8	330	0,072665	23,98
9	410	0,072665/0,100097	35,42
10	440	0,072665/0,100097	38,00
11	120	0,072665/0,100097	10,37
12	370	0,072665/0,100097	31,96
13	480	0,072665/0,100097	41,45
14	500	0,072665/0,100097	43,19
15	340	0,100097	34,03
16	680	0,100097	68,07
17	630	0,100097	63,06
18	290	0,100097	29,03
19	850	0,100097/0,116743	92,16
20	430	0,100097/0,116743	46,62
21	350	0,100097/0,116743	37,95
22	390	0,100097/0,116743	42,28
23	350	0,116743	40,86
24	520	0,116743	60,71
25	580	0,116743	67,71
26	300	0,116743	35,02
27	300	0,116743	35,02
28	385	0,116743	44,95
29	200	0,116743	23,35
30	520	0,116743	60,71
31	225	0,116743	26,27
Всього	12590		$\Sigma Q_{\text{шл.}}=1221,1$

Сумарні шляхові витрати по трьох районах населеного пункту становлять:

$$\Sigma Q_{шл.} = 1221,1 \text{ л/с}$$

Вузлова витрата для випадку максимального водоспоживання визначається за формулою:

$$Q_{вузл.j} = 0,5(\Sigma Q_{шл.})_{вузл.}, \quad (2.17)$$

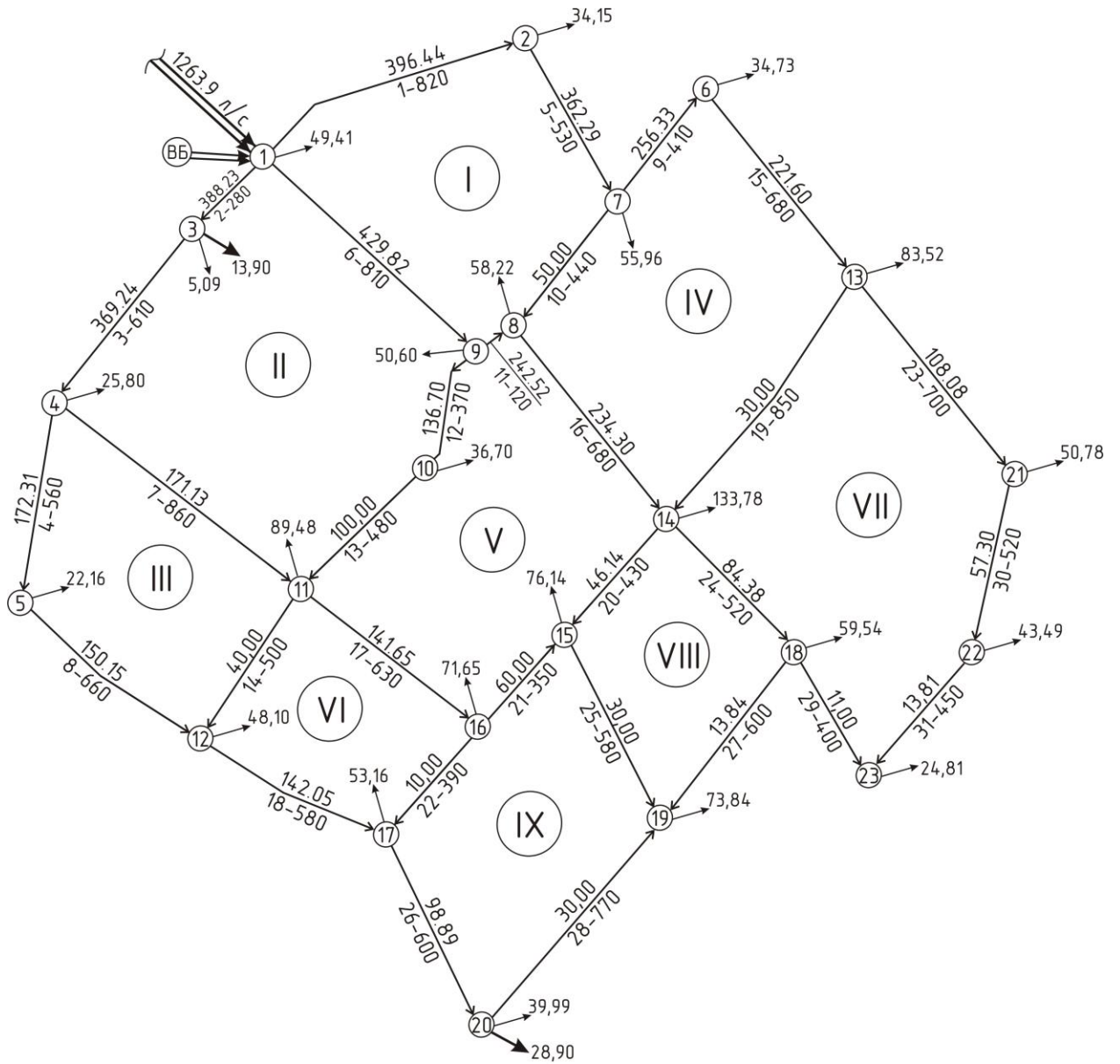
де $(\Sigma Q_{шл.})_{вузл.}$ - сума шляхових витрат ділянок, що примикають до j-го вузла.

Розрахунок вузлових витрат для випадку максимального водоспоживання зводиться в формі табл. 2.10.

Таблиця 2.10 - Вузлові витрати

Номер вузла	Номера ділянок, які примикають до вузла	$(\Sigma Q_{шл.})_{вузл.}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл.}$, л/с
1	1, 2, 6	98,82	49,41
2	1, 5	68,30	34,15
3	2, 3	10,17	5,09
4	3, 4, 7	51,60	25,80
5	4, 8	44,33	22,16
6	9, 15	69,45	34,73
7	5, 9, 10	111,93	55,96
8	10, 11, 16	116,44	58,22
9	6, 11, 12	101,19	50,60
10	12, 13	73,41	36,70
11	7, 13, 14, 17	178,95	89,48
12	8, 14, 18	96,20	48,10
13	15, 19, 23	167,05	83,52
14	16, 19, 20, 24	267,56	133,78
15	20, 21, 25	152,28	76,14
16	17, 21, 22	143,29	71,65
17	18, 22, 26	106,33	53,16
18	24, 27, 29	119,08	59,54
19	25, 27, 28	147,68	73,84
20	26, 28	79,97	39,99
21	23, 30	101,57	50,78
22	30, 31	86,98	43,49
23	29, 31	49,62	24,81
Всього			$\Sigma Q_{вузл.} = 1221,1$

Початковий потік розподіл для двох розрахункових випадків наведено на рис. 2.3-2.4.



Умовні позначення

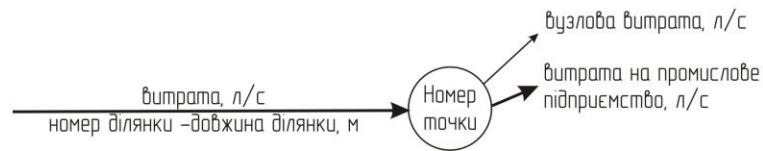
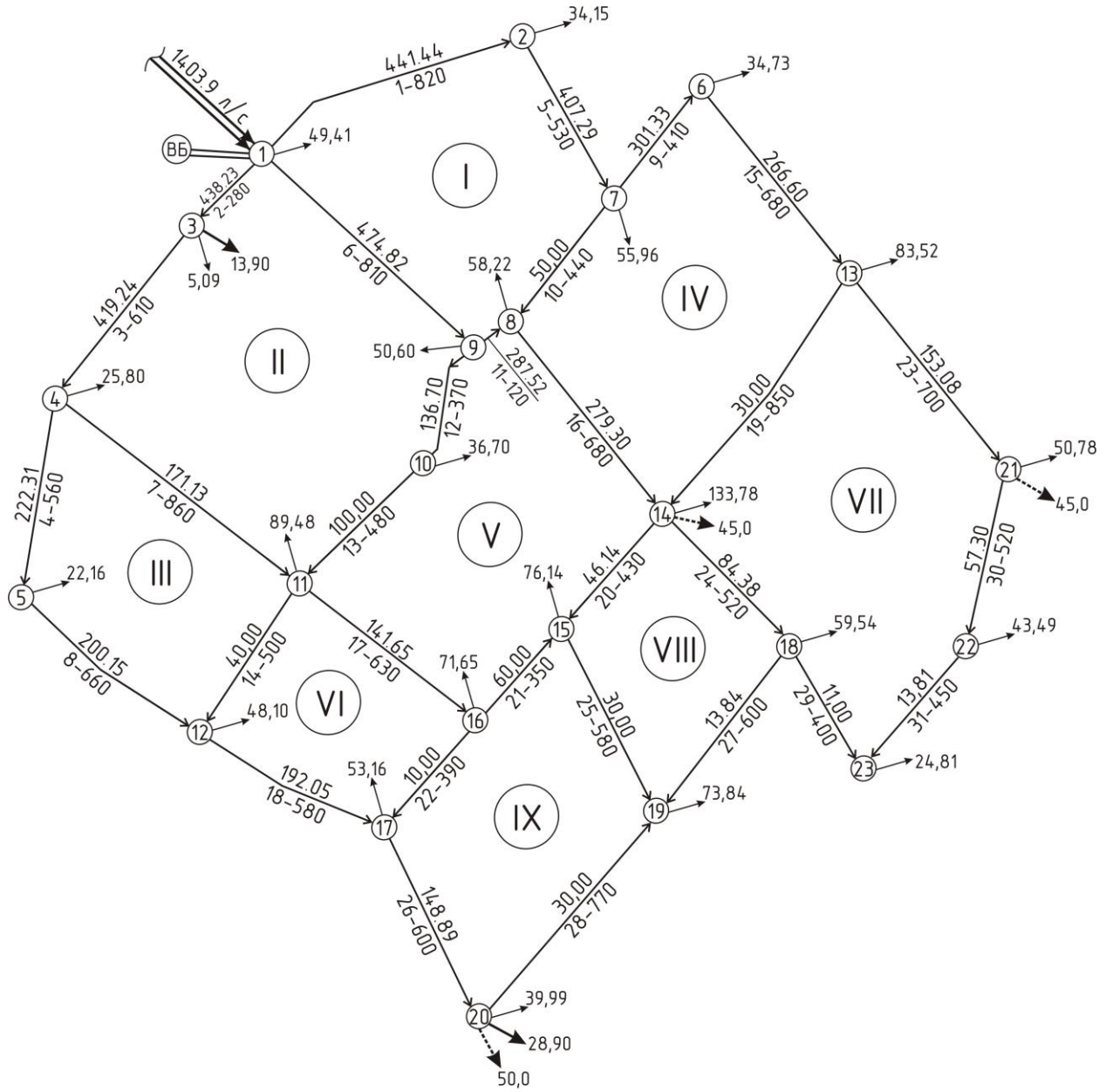


Рисунок 2.3 - Початковий потікорозподіл для випадку максимального водоспоживання



Умовні позначення

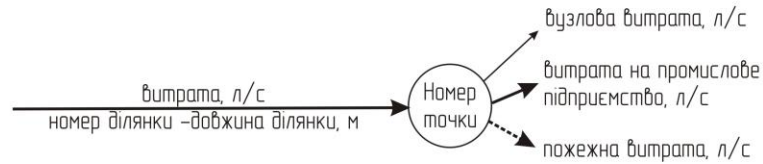


Рисунок 2.4 - Початковий потікорозподіл для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні

Для визначення діаметрів ділянок водопровідної мережі визначається значення економічного фактору за формулою:

$$E = 3730 \sigma \times \gamma / b, \quad (2.18)$$

де σ - вартість 1 кВт×рік електроенергії, грн.;

b - коефіцієнт для визначення вартості прокладки 1 метра водопровідної мережі;

γ - коефіцієнт нерівномірності витрачання електроенергії:

$$\gamma = 0,56 / k_n = 0,56 / 1,5 = 0,373$$

k_n – коефіцієнт годинної нерівномірності.

$$E = 3730 \times 0,1122 \times 0,373 / 130 = 1,20$$

Отримане значення E порівнюється з $E_{табл.}$, прийнятим по табл.12 [12]: $E_{табл.} = 1,0$.

Так як $E \neq E_{табл.}$, то діаметр ділянки визначається по $E_{табл.}$ та наведеній витраті, що обчислюється за формулою:

$$q_{нав.i-k} = q_{i-k} \sqrt[3]{E / E_{табл.}}, \quad (2.19)$$

де q_{i-k} - розрахункова витрата ділянки, що розглядається, л/с.

Розраховані наведені витрати та діаметри ділянок зводяться в табл.2.11. Діаметри ділянок визначаються виходячи з $Q_{нав.}$ і $E_{табл.}$ по табл.12 [12].

Таблиця 2.11 - Діаметри ділянок водопровідної мережі

Номер ділянки	Діаметр ділянки, D, мм	Витрата ділянки, Q, л/с	Наведена витрата ділянки, Q _{нав} , л/с
1	600	396,44	421,28
2	600	388,23	412,56
3	500	369,24	392,38
4	450	172,31	183,11
5	500	362,29	384,99
6	600	429,82	456,75
7	400	171,13	181,85
8	400	150,15	159,56
9	450	256,33	272,39
10	350	50,00	53,13
11	400	242,52	257,72
12	400	136,70	145,27
13	350	100,00	106,27
14	300	40,00	42,51
15	400	221,60	235,49
16	450	234,30	248,98
17	300	141,65	150,53
18	350	142,05	150,95
19	300	30,00	31,88
20	300	46,14	49,03
21	300	60,00	63,76
22	200	10,00	10,63
23	350	108,08	114,85
24	350	84,38	89,67
25	250	30,00	31,88
26	300	98,89	105,09
27	250	13,84	14,71
28	250	30,00	31,88
29	200	11,00	11,69
30	200	57,30	60,89
31	200	13,81	14,68

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі проводиться на ПЕОМ по програмі «gidrastr». Гідравлічна ув'язка для випадку максимального водоспоживання наведена в табл. 2.12, а для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні - у табл. 2.13.

Таблица 2.12 - Результаты гидравлической увязки для випадку максимального водоспоживання

e= .01000 nk= 9 ny= 31
исходные данные

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	820.00	396.44	600.00	с	2	280.00	388.23	600.00	с	3	610.00	369.24	500.00	с
4	560.00	172.31	450.00	с	5	530.00	362.29	500.00	с	6	810.00	429.82	600.00	с
7	860.00	171.13	400.00	с	8	660.00	150.15	400.00	с	9	410.00	256.33	450.00	с
10	440.00	50.00	350.00	с	11	120.00	242.52	400.00	с	12	370.00	136.70	400.00	с
13	480.00	100.00	350.00	с	14	500.00	40.00	300.00	с	15	680.00	221.60	400.00	с
16	680.00	234.30	450.00	с	17	630.00	141.65	300.00	с	18	580.00	142.05	350.00	с
19	850.00	30.00	300.00	с	20	430.00	46.14	300.00	с	21	350.00	60.00	300.00	с
22	390.00	10.00	200.00	с	23	700.00	108.08	350.00	с	24	520.00	84.38	350.00	с
25	580.00	30.00	250.00	с	26	600.00	98.89	300.00	с	27	600.00	13.84	250.00	с
28	770.00	30.00	250.00	с	29	400.00	11.00	200.00	с	30	520.00	57.30	200.00	с
31	450.00	13.81	200.00	с	32	.00	.00	.00		33	.00	.00	.00	

результаты расчета

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	600.00 :	820.00 :	368.86 :	1.30 :	2.90 :
: 2 :	2- 0 :	600.00 :	280.00 :	349.82 :	1.24 :	.89 :
: 3 :	2- 0 :	500.00 :	610.00 :	330.83 :	1.68 :	4.56 :
: 4 :	3- 0 :	450.00 :	560.00 :	166.35 :	1.05 :	1.89 :
: 5 :	0- 1 :	500.00 :	530.00 :	334.71 :	1.70 :	4.06 :
: 6 :	1- 2 :	600.00 :	810.00 :	495.81 :	1.75 :	5.18 :
: 7 :	2- 3 :	400.00 :	860.00 :	138.68 :	1.10 :	3.74 :
: 8 :	3- 0 :	400.00 :	660.00 :	144.19 :	1.15 :	3.09 :
: 9 :	0- 4 :	450.00 :	410.00 :	222.48 :	1.40 :	2.42 :
: 10 :	4- 1 :	350.00 :	440.00 :	56.27 :	.58 :	.71 :
: 11 :	1- 5 :	400.00 :	120.00 :	304.98 :	2.43 :	2.49 :
: 12 :	5- 2 :	400.00 :	370.00 :	140.23 :	1.12 :	1.64 :
: 13 :	5- 2 :	350.00 :	480.00 :	103.53 :	1.08 :	2.37 :
: 14 :	6- 3 :	300.00 :	500.00 :	46.93 :	.66 :	1.24 :
: 15 :	0- 4 :	400.00 :	680.00 :	187.75 :	1.49 :	5.35 :
: 16 :	4- 5 :	450.00 :	680.00 :	303.03 :	1.91 :	7.46 :
: 17 :	5- 6 :	300.00 :	630.00 :	105.80 :	1.50 :	7.23 :
: 18 :	6- 0 :	350.00 :	580.00 :	143.02 :	1.49 :	5.37 :
: 19 :	7- 4 :	300.00 :	850.00 :	18.48 :	.26 :	.39 :
: 20 :	8- 5 :	300.00 :	430.00 :	68.46 :	.97 :	2.13 :
: 21 :	5- 9 :	300.00 :	350.00 :	46.45 :	.66 :	.85 :
: 22 :	9- 6 :	200.00 :	390.00 :	-12.29 :	.39 :	.63 :
: 23 :	0- 7 :	350.00 :	700.00 :	85.75 :	.89 :	2.44 :
: 24 :	7- 8 :	350.00 :	520.00 :	119.27 :	1.24 :	3.35 :
: 25 :	8- 9 :	250.00 :	580.00 :	38.77 :	.79 :	2.50 :
: 26 :	9- 0 :	300.00 :	600.00 :	77.56 :	1.10 :	3.76 :
: 27 :	0- 8 :	250.00 :	600.00 :	26.40 :	.54 :	1.28 :
: 28 :	9- 0 :	250.00 :	770.00 :	8.67 :	.18 :	.23 :
: 29 :	7- 0 :	200.00 :	400.00 :	33.33 :	1.06 :	3.98 :
: 30 :	0- 7 :	200.00 :	520.00 :	34.97 :	1.11 :	5.67 :
: 31 :	0- 7 :	200.00 :	450.00 :	-8.52 :	.27 :	.38 :

Таблиця 2.13 - Результати гідравлічної ув'язки для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні

e= .01000 nk= 9 ny= 31
исходные данные

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	820.00	441.44	600.00	с	2	280.00	438.23	600.00	с	3	610.00	419.24	500.00	с
4	560.00	222.31	450.00	с	5	530.00	407.29	500.00	с	6	810.00	474.82	600.00	с
7	860.00	171.13	400.00	с	8	660.00	200.15	400.00	с	9	410.00	301.33	450.00	с
10	440.00	50.00	350.00	с	11	120.00	287.52	400.00	с	12	370.00	136.70	400.00	с
13	480.00	100.00	350.00	с	14	500.00	40.00	300.00	с	15	680.00	266.60	400.00	с
16	680.00	279.30	450.00	с	17	630.00	141.65	300.00	с	18	580.00	192.05	350.00	с
19	850.00	30.00	300.00	с	20	430.00	46.14	300.00	с	21	350.00	60.00	300.00	с
22	390.00	10.00	200.00	с	23	700.00	153.08	350.00	с	24	520.00	84.38	350.00	с
25	580.00	30.00	250.00	с	26	600.00	148.89	300.00	с	27	600.00	13.84	250.00	с
28	770.00	30.00	250.00	с	29	400.00	11.00	200.00	с	30	520.00	57.30	200.00	с
31	450.00	13.81	200.00	с	32	.00	.00	.00		33	.00	.00	.00	

результаты расчета

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	600.00 :	820.00 :	415.62 :	1.47 :	3.68 :
: 2 :	2- 0 :	600.00 :	280.00 :	383.78 :	1.36 :	1.07 :
: 3 :	2- 0 :	500.00 :	610.00 :	364.79 :	1.86 :	5.55 :
: 4 :	3- 0 :	450.00 :	560.00 :	184.96 :	1.16 :	2.31 :
: 5 :	0- 1 :	500.00 :	530.00 :	381.47 :	1.94 :	5.27 :
: 6 :	1- 2 :	600.00 :	810.00 :	555.09 :	1.96 :	6.49 :
: 7 :	2- 3 :	400.00 :	860.00 :	154.02 :	1.23 :	4.55 :
: 8 :	3- 0 :	400.00 :	660.00 :	162.80 :	1.30 :	3.90 :
: 9 :	0- 4 :	450.00 :	410.00 :	261.43 :	1.64 :	3.35 :
: 10 :	4- 1 :	350.00 :	440.00 :	64.09 :	.67 :	.90 :
: 11 :	1- 5 :	400.00 :	120.00 :	354.43 :	2.82 :	3.36 :
: 12 :	5- 2 :	400.00 :	370.00 :	150.05 :	1.19 :	1.87 :
: 13 :	5- 2 :	350.00 :	480.00 :	113.35 :	1.18 :	2.81 :
: 14 :	6- 3 :	300.00 :	500.00 :	55.02 :	.78 :	1.66 :
: 15 :	0- 4 :	400.00 :	680.00 :	226.70 :	1.80 :	7.79 :
: 16 :	4- 5 :	450.00 :	680.00 :	360.30 :	2.27 :	10.55 :
: 17 :	5- 6 :	300.00 :	630.00 :	122.88 :	1.74 :	9.75 :
: 18 :	6- 0 :	350.00 :	580.00 :	169.72 :	1.76 :	7.56 :
: 19 :	7- 4 :	300.00 :	850.00 :	15.80 :	.22 :	.30 :
: 20 :	8- 5 :	300.00 :	430.00 :	65.63 :	.93 :	1.97 :
: 21 :	5- 9 :	300.00 :	350.00 :	62.49 :	.88 :	1.47 :
: 22 :	9- 6 :	200.00 :	390.00 :	-11.26 :	.36 :	.54 :
: 23 :	0- 7 :	350.00 :	700.00 :	127.38 :	1.32 :	5.14 :
: 24 :	7- 8 :	350.00 :	520.00 :	131.69 :	1.37 :	4.08 :
: 25 :	8- 9 :	250.00 :	580.00 :	51.98 :	1.06 :	4.31 :
: 26 :	9- 0 :	300.00 :	600.00 :	105.30 :	1.49 :	6.82 :
: 27 :	0- 8 :	250.00 :	600.00 :	35.45 :	.72 :	2.19 :
: 28 :	9- 0 :	250.00 :	770.00 :	-13.59 :	.28 :	.50 :
: 29 :	7- 0 :	200.00 :	400.00 :	36.70 :	1.17 :	4.77 :
: 30 :	0- 7 :	200.00 :	520.00 :	31.60 :	1.01 :	4.69 :
: 31 :	0- 7 :	200.00 :	450.00 :	-11.89 :	.38 :	.68 :

Отримані в результаті гідравлічної ув'язки мережі значення втрат напору дозволяють розрахувати п'єзометричні позначки та фактичні вільні напори у всіх вузлах мережі.

Визначення розрахункових п'єзометричних позначок починається із знаходження невідгідної точки, що вимагає найбільшої п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів до мережі. Для режиму максимального водоспоживання невідгідною є точка 13, а для режиму пожежі в годину максимального водоспоживання – точка 21.

Отримані фактичні вільні напори у вузлах не повинні бути нижче потрібних, які розраховуються за формулою:

$$H_{\text{віль.потр.}i} = 6 + 4n, \quad (2.20)$$

де $H_{\text{віль.потр.}i}$ - потрібний вільний напір в i -й точці, м;

n – кількість поверхів будинків в районі, що розглядається.

При пожежі потрібний напір в невідгідній точці $H_{\text{віль.необ.}i} = 10$ м.

Таким чином, потрібний вільний напір у вузлах I району міста складе:

$$H_{\text{віль.потр.I}} = 6 + 4 \cdot 4 = 22 \text{ м.},$$

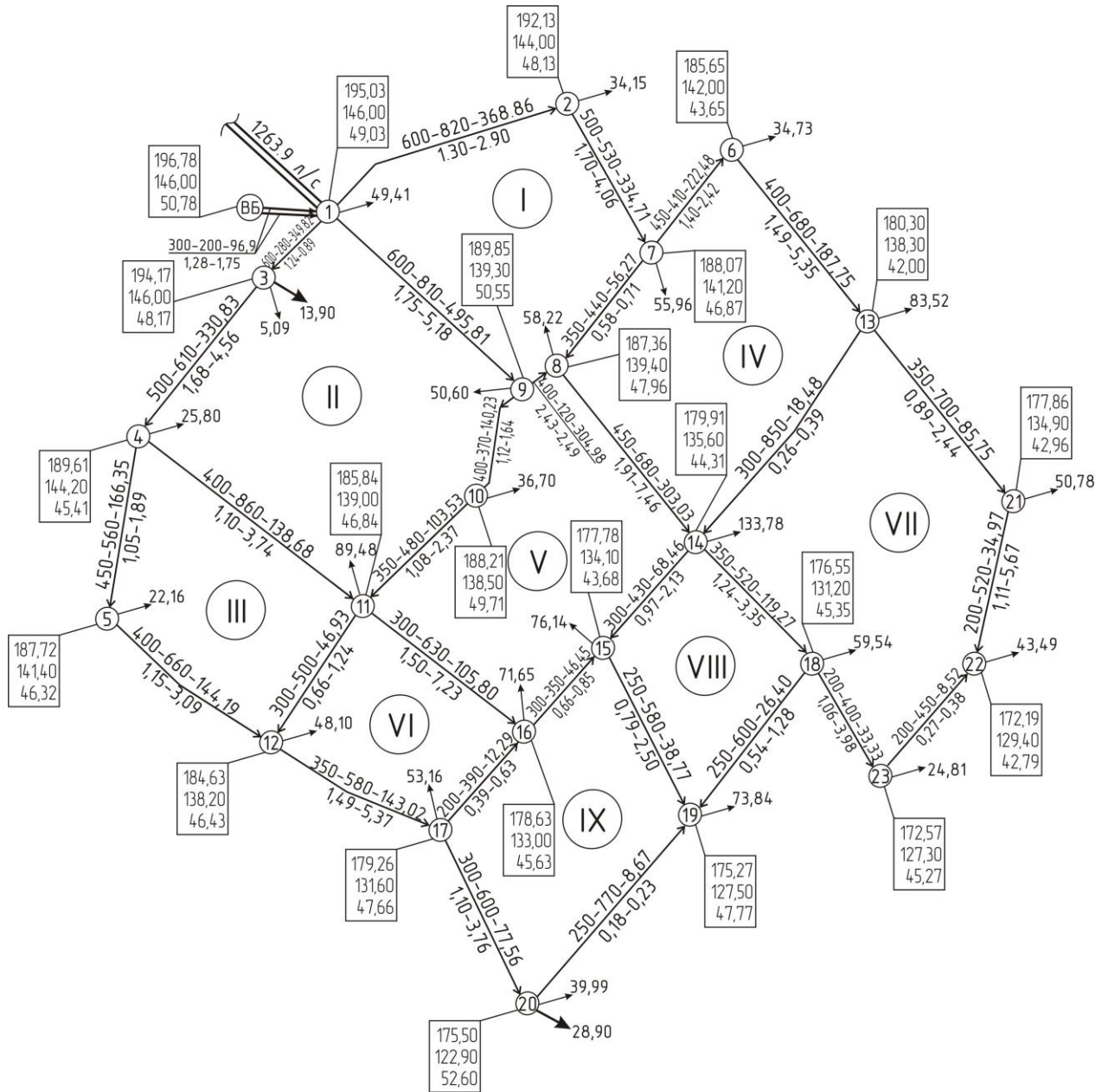
II району міста:

$$H_{\text{віль.потр.II}} = 6 + 4 \cdot 5 = 26 \text{ м.},$$

III району міста:

$$H_{\text{віль.потр.III}} = 6 + 4 \cdot 9 = 42 \text{ м.}$$

П'єзометричні позначки та вільні напори в вузлах для обох режимів наведені на п'єзометричних картах (рис. 2.5, 2.6).



Умовні позначення

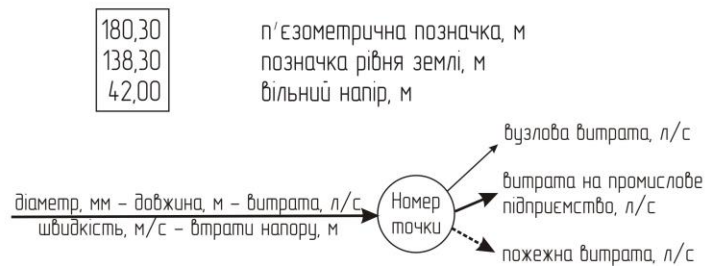
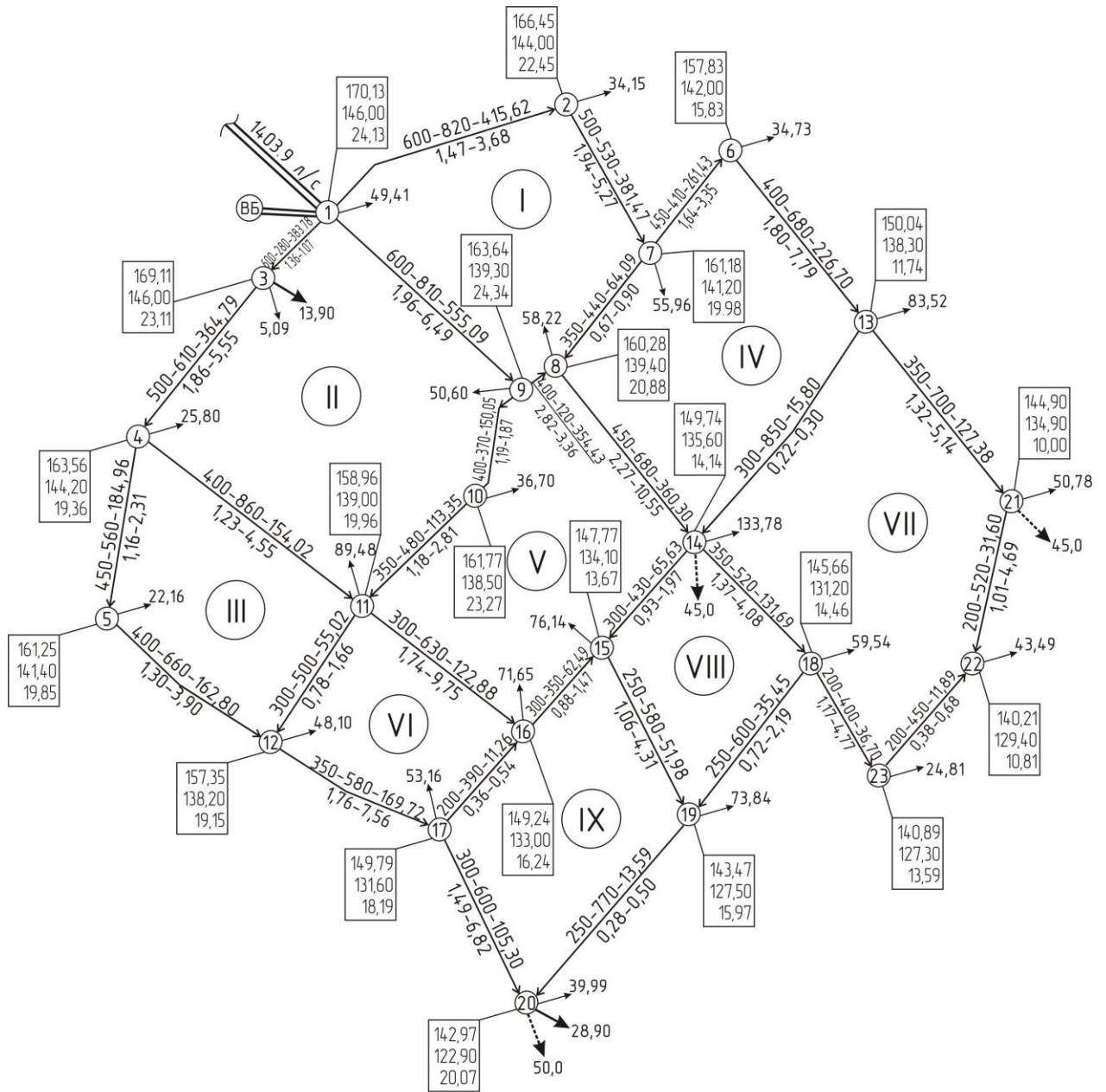


Рисунок 2.5 - П'єзометричні карти для випадку максимального водоспоживання



Умовні позначення

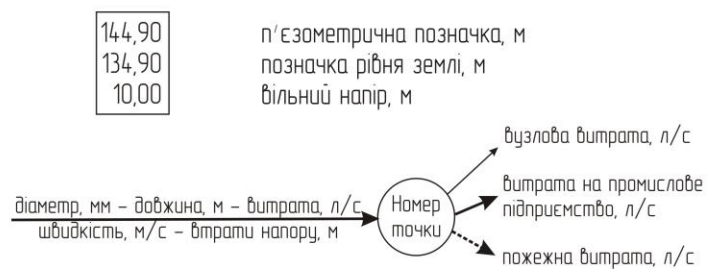


Рисунок 2.6 - П'єзометричні карти для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні

2.4 Розрахунок насосної станції II підйому

2.4.1 Визначення розрахункової подачі насосної станції

Насосна станція II-го підйому працює у двоступеневому режимі [п.2.3.3 проекту].

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня визначається за формулою:

$$Q_{i.н.ст.} = Q_{доб.} \times P_i / 100, \quad (2.21)$$

де P_i , $Q_{i.н.ст.}$ - подача і-го ступеня насосної станції у відсотках від $Q_{доб}$ і м³ відповідно.

Перший ступінь:

$$Q_{1.н.ст.} = 73440,4 \times 1,54 / 100 = 1131,0 \text{ м}^3/\text{год} = 314,2 \text{ л/с}$$

Другий ступінь:

$$Q_{2.н.ст.} = 73440,4 \times 5,25 / 100 = 3855,6 \text{ м}^3/\text{год} = 1071,0 \text{ л/с}$$

При визначенні кількості насосів насосної станції варто враховувати, що в більшості практичних випадків для групи із трьох однакових насосів з відключенням одного насоса подача кожного з тих, що залишилися, збільшується на 6-10%, а при відключенні двох насосів - на 13-16 %.

До установки приймаються 1 працюючий насос на першому ступені і 4 насоси на другому ступені. Продуктивність одного насоса - 1,54 %.

$$Q_{нас.} = 73440,4 \times 1,54 / 100 = 1131,0 \text{ м}^3/\text{год} = 314,2 \text{ л/с}$$

2.4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів

Кількість всмоктувальних ліній на водопровідних насосних станціях I і II категорії [1] незалежно від кількості груп насосів, включаючи пожежні, повинна бути не менш двох. При відключенні однієї лінії останні повинні бути розраховані на пропуск повної розрахункової витрати для насосних станцій I і II категорії.

Всмоктувальні водоводи виконуються зі сталевих труб. Розрахункова витрата кожного зі всмоктувальних водоводів обчислюється за формулою:

$$Q_{вс.в.} = Q_{н.ст.} / (n - 1), \quad (2.22)$$

де $Q_{н.ст.}$ - максимальна розрахункова секундна подача насосної станції, л/с;

n - кількість всмоктувальних водоводів.

$$Q_{вс.в.} = 1071,0 / (2-1) = 1071,0 \text{ л/с}$$

Діаметр всмоктувальних водоводів визначається по таблицях для гідравлічного розрахунку [12] виходячи з пропуску витрати $Q_{вс.в.}$ і рекомендованих швидкостей [1].

$$Dв = 900 \text{ мм} \quad Vв = 1,66 \text{ м/с} \quad i = 0,00339$$

$Vв = 1,66 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1,2 - 2,0 \text{ м/с}$.

Кількість напірних водоводів приймається не менш двох [1]. Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів визначається за формулою:

$$Q_{н.в.} = Q_{макс.н.ст.} / n_{н.в.}, \quad (2.23)$$

де $n_{н.в.}$ - кількість напірних водоводів, шт.

$$Q_{н.в.} = 1071,0 / 2 = 535,5 \text{ л/с}$$

Тоді діаметри напірних водоводів:

$$Dн = 600 \text{ мм} \quad Vн = 1,80 \text{ м/с} \quad i = 0,00648$$

$Vн = 1,80 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1 - 3 \text{ м/с}$.

2.4.3 Визначення розрахункового напору насосів

Так як до компоновки обладнання точні втрати напору в комунікаціях насосної станції визначити не можна, то для попереднього розрахунку необхідний напір насосів визначається за формулою:

$$H_p = H_z + h_k + h_e + h_z, \quad (2.24)$$

де H_z - геометрична висота підйому, м;

h_k - сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних комунікаціях насосної станції, прийняті для попередніх розрахунків $h_k = 2 - 3$ м;

h_z - запас на вилив з напірного трубопроводу, $h_z = 1$ м;

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

Геометрична висота підйому:

$$H_z = Z_2 - Z_1, \quad (2.25)$$

де Z_2 - абсолютна максимальна позначка підйому води, м;

Z_1 - абсолютна мінімальна позначка в РЧВ для випадку максимального водоспоживання, м.

$$H_z = 195,03 - 136,00 = 59,03 \text{ м}$$

Втрати напору у водоводах при максимальному водоспоживанні:

$$h_e = 1,1 \times i \times l, \quad (2.26)$$

де l - довжина водоводу, м;

$$h_e^{\text{II}} = 1,1 \times 0,00648 \times 1000 = 7,13 \text{ м}$$

$$H_p^{\text{II}} = 59,03 + 2,00 + 7,13 + 1,00 = 69,16 \text{ м}$$

Для I ступіня:

$$h_e^{\text{I}} = 1,1 \times 0,00064 \times 1000 = 0,70 \text{ м}$$

$$H_p^{\text{I}} = 59,03 + 2,00 + 0,70 + 1,00 = 62,73 \text{ м}$$

2.4.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежі

Розрахункова подача насосної станції при пожежі, л/с:

$$Q'_{н.ст} = Q_{н.ст.} + Q_n, \quad (2.27)$$

де $Q_{н.ст.}$ - розрахункова секундна подача насосної станції, л/с;

Q_n - розрахункова витрата на пожежогасіння, л/с.

$$Q'_{н.ст.} = 1071,0 + 140,0 = 1211,0 \text{ л/с}$$

Необхідний напір насосів при пожежі:

$$H'_p = Z_{н.т} + H_{віл} + h_{в.п.} + h_{с.п.} - Z_p, \quad (2.28)$$

де $Z_{н.т.}$ - абсолютна позначка невідгідної точки при пожежі, м;

$H_{віл}$ - вільний напір в невідгідній точці при пожежі, $H_{віл}=10\text{м}$;

$h_{в.п.}$ - втрати напору у водоводах при пожежі, м,

$h_{в.п.} = 1,1 \times 0,00829 \times 1000 = 9,12 \text{ м}$;

$h_{с.п.}$ - втрати напору в мережі при пожежі, м;

Z_p - абсолютна позначка дна РЧВ.

$$H'_p = 134,90 + 10,00 + 9,12 + 25,23 - 135,00 = 44,25 \text{ м}$$

Так як $H'_p < H_p$, то необхідна для пожежогасіння витрата при максимальному водоспоживанні може бути забезпечений насосами, підібраними для максимального водоспоживання за рахунок зниження їх напору.

2.4.5 Підбір насосів і електродвигунів

На підставі отриманих витрат і напорів по каталогу підбираються відцентрові насоси.

Подачу Q_I , Q_{II} та напори H'_p і H''_p можна забезпечити роботою на I ступені одного, а на II ступені паралельною роботою чотирьох насосів марки 1Д1600-90 ($n=1450$ об/хв).

Крім основних насосів (в кількості 4 штук) на насосній станції 1 категорії надійності відповідно до вимог БНіП [1] передбачене встановлення двох резервних агрегатів.

Робочі характеристики насосу наведені на рис. 2.7.

Потужність, необхідна для приводу насосу, визначається за формулою:

$$P = k \times \frac{\rho \times g \times Q_n \times H_n}{1000 \times \pi_n \times \pi_n}, \quad (2.29)$$

де k - коефіцієнт запасу, рівний 1,1;

ρ - щільність рідини, що перекачується, кг/м³;

Q_n - подача насосу, м³/с;

H_n - напір, що відповідає Q_n , м;

π_n - ККД насосу, що відповідає Q_n ;

π_n - ККД передачі, $\pi_n = 1$.

$$P = 1,1 \times 1000 \times 9,81 \times 0,314 \times 69,16 / (1000 \times 0,81 \times 1) = 289,3 \text{ кВт}$$

Приймається електродвигун марки АИР355М4 потужністю $N = 315$ кВт.

Характеристика насоса (агрегата) 1Д1600-90
 Частота вращения $24,2 \text{ с}^{-1}$ ($n=1450 \text{ об/мин}$)
 Жидкость - вода, плотность 1000 кг/м^3
 * - данные для насоса

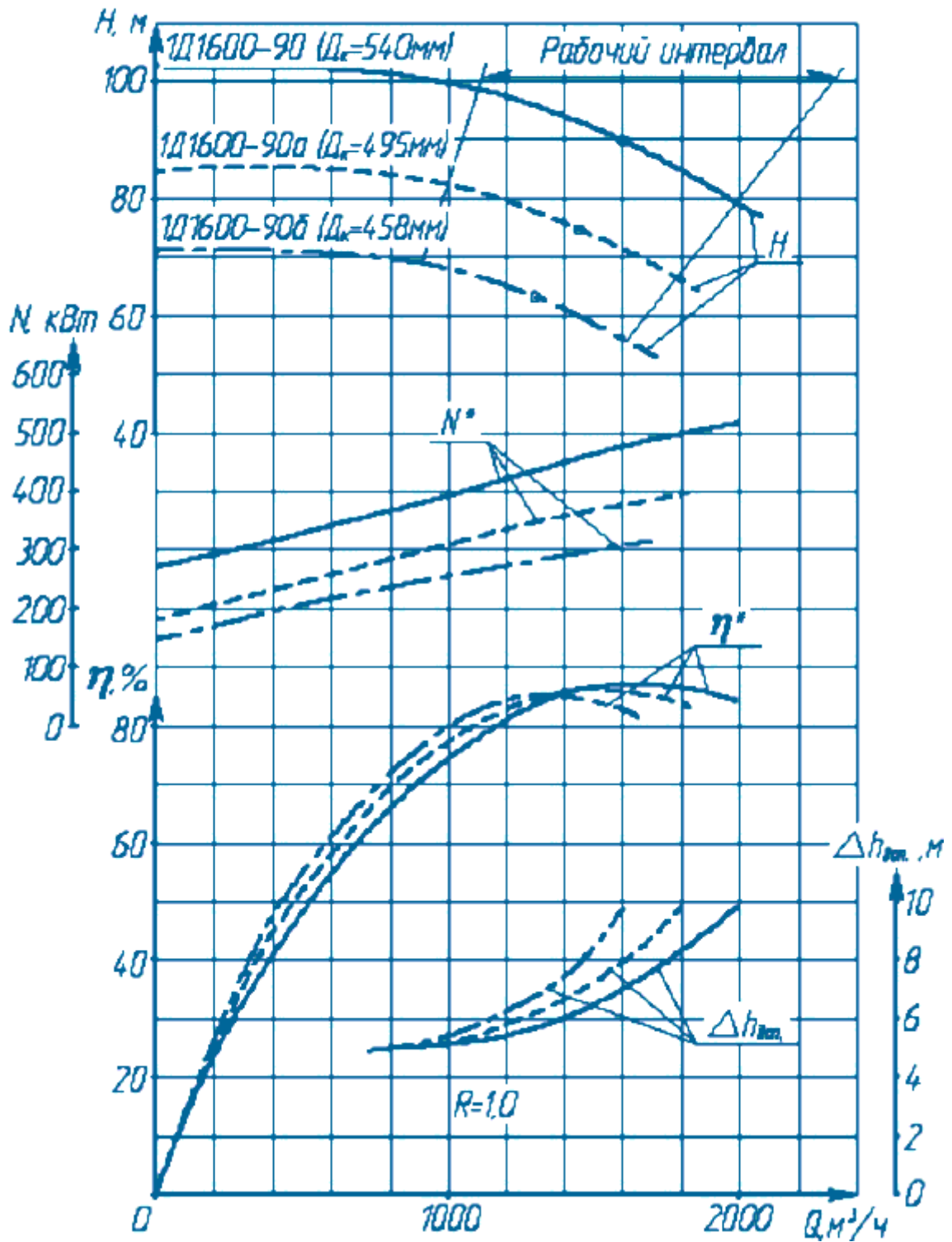


Рисунок 2.7 – Характеристики насосу марки 1Д1600-90 ($n=1450 \text{ об/хв}$)

РОЗДІЛ 3 РОБОТА ЗОНОВАНОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Умови дослідження

Для дослідження водопровідна мережа міста розбивається на дві мережі, що працюють паралельно. Перша зона охоплює I та II райони населеного пункту, друга зона — III район.

Мета дослідження:

- порівняти роботу централізованої та зонованої систем водопостачання населеного пункту;
- оцінити можливість зниження надлишкових напорів в мережі при її зонуванні;
- визначити вплив зонування на скорочення необхідної кількості електроенергії для подачі води споживачу.

Схема зонованої мережі населеного пункту наведена на рис. 3.1, а годинні витрати води для обох зон — в табл. 3.1, 3.2.

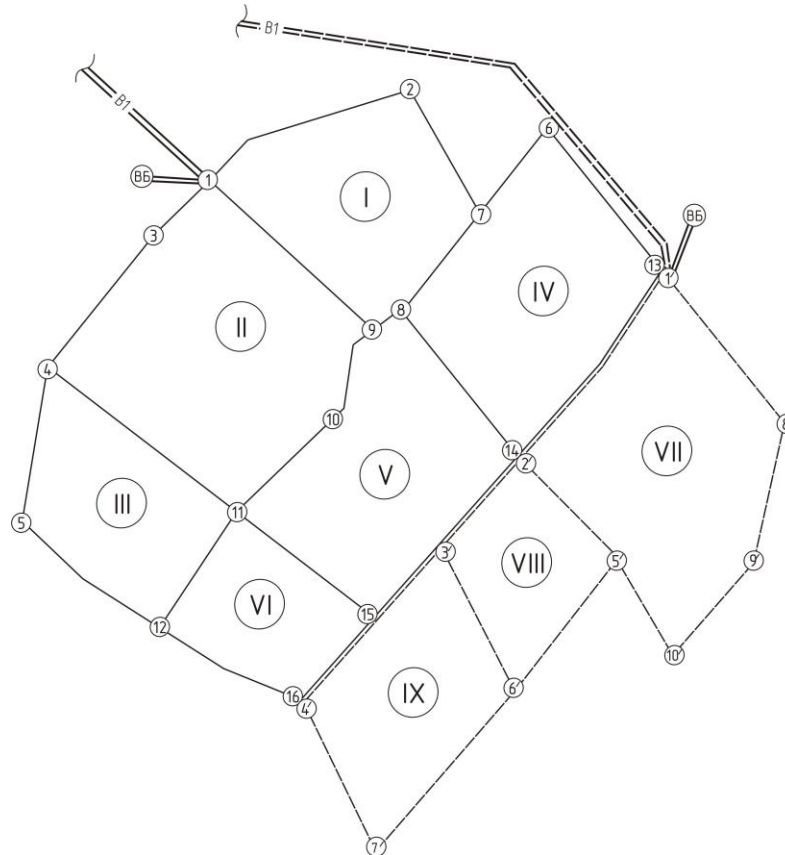


Рисунок 3.1 — Схема зонування водопровідної мережі міста

Таблиця 3.1 - Годинні витрати води населеного пункту (І зона)

Години доби	Господарсько-питні потреби				Витрата на поливку				Витрата води на пром підприємстві						Загальна витрата води по місту	
					1 район		2 район		Підприємство №2							
	1 район		2 район		двор.		маш.		Госп.-пит.потреби			Прийм. душа	Вироб. потреби	% від Qдоб	куб.м	
	%	куб.м	%	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м	куб.м	%	куб.м	%					куб.м
0-1	1,5	207,3	1,5	298	0	0	0	0	15,65	1,97	18,75	2,44	114,5	50	1,62	674,2
1-2	1,5	207,3	1,5	298	0	0	0	0	12,05	0	6,25	0	0	50	1,33	555,3
2-3	1,5	207,3	1,5	298	0	0	0	0	12,05	0	12,5	0	0	50	1,33	555,3
3-4	1,5	207,3	1,5	298	0	0	0	0	12,05	0	12,5	0	0	50	1,33	555,3
4-5	2,5	345,6	2,5	496,6	0	0	0	0	12,05	0	18,75	0	0	50	2,14	892,2
5-6	3,5	483,8	3,5	695,2	188,5	0	236,5	0	12,05	0	6,25	0	0	50	3,97	1654,0
6-7	4,46	616,5	4,5	893,9	188,5	121,2	236,5	152	12,05	0	12,5	0	0	50	5,43	2258,6
7-8	5,5	760,2	5,5	1092,5	188,5	121,2	236,5	152	12,05	0	12,5	0	0	50	6,25	2600,9
8-9	6,25	863,9	6,25	1241,5	0	121,2	0	152	15,65	0	18,75	0	0	50	5,84	2428,6
9-10	6,34	876,3	6,25	1241,5	0	121,2	0	152	12,05	2,28	6,25	1,22	0	50	5,87	2444,5
10-11	6,25	863,9	6,25	1241,5	0	121,2	0	152	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50	5,85	2433,3
11-12	6,25	863,9	6,25	1241,5	0	121,2	0	152	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50	5,85	2433,3
12-13	5	691,1	5	993,2	0	121,2	0	152	12,05	2,28	18,75	3,66	0	50	4,84	2013,4
13-14	5	691,1	5	993,2	0	121,2	0	152	12,05	2,28	6,25	1,22	0	50	4,83	2011,0
14-15	5,5	760,2	5,5	1092,5	0	121,2	0	152	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50	5,24	2180,6
15-16	6	829,3	6	1191,8	0	121,2	0	152	12,05	2,28	12,5	2,44	0	50	5,64	2349,0
16-17	6	829,3	6	1191,8	0	121,2	0	152	15,65	2,96	18,75	3,66	172	50	6,09	2522,9
17-18	5,5	760,2	5,5	1092,5	0	121,2	0	152	12,05	1,52	6,25	0,81	0	50	5,23	2178,2
18-19	5	691,1	5	993,2	0	121,2	0	152	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50	4,83	2010,7
19-20	4,45	615,1	4,5	893,9	188,5	121,2	236,5	152	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50	5,43	2260,4
20-21	4	552,9	4	794,5	188,5	0	236,5	0	12,05	1,52	18,75	2,44	0	50	4,39	1826,4
21-22	3	414,7	3	595,9	188,5	0	236,5	0	12,05	1,52	6,25	0,81	0	50	3,58	1487,9
22-23	2	276,4	2	397,3	0	0	0	0	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50	1,75	726,9
23-24	1,5	207,3	1,5	298	0	0	0	0	12,05	1,52	12,5	1,63	0	50	1,34	558,5
Всього	100	13822,3	100	19863,6	1131,2	1696,9	1418,8	2128,3		32		33	286,5	1200	100,00	41611,6

Таблиця 3.2 - Годинні витрати води населеного пункту (II зона)

Години доби	Господарсько-питні потреби		Витрата на поливку		Витрата води на промпідприємстві						Загальна витрата води по місту	
	3 район		3 район		Підприємство №1							
					Госп.-пит.потреби				Прийм. душа	Вироб. потреби	% від Qдоб	куб.м
	двор.	маш.	гар.цех		хол.цех							
	%	куб.м	куб.м	куб.м	%	куб.м	%	куб.м	куб.м	куб.м		
0-1	1,5	368,8	0	0	15,65	3,38	18,75	3,38	72	100	1,72	547,6
1-2	1,5	368,8	0	0	12,05	2,17	6,25	0,94	0	100	1,48	471,9
2-3	1,5	368,8	0	0	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100	1,49	472,9
3-4	1,5	368,8	0	0	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100	1,49	472,9
4-5	2,5	614,6	0	0	12,05	2,17	18,75	2,81	0	100	2,26	719,6
5-6	3,5	860,5	300	0	12,05	2,17	6,25	0,94	0	100	3,97	1263,6
6-7	4,54	1116,1	300	192,9	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100	5,38	1713,1
7-8	5,5	1352,2	300	192,9	12,05	2,17	12,5	1,88	0	100	6,12	1949,2
8-9	6,25	1536,5	0	192,9	15,65	2,82	18,75	2,81	60	100	5,95	1895,0
9-10	6,17	1516,9	0	192,9	12,05	3,25	6,25	1,41	0	100	5,70	1814,5
10-11	6,25	1536,5	0	192,9	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100	5,77	1835,5
11-12	6,25	1536,5	0	192,9	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100	5,77	1835,5
12-13	5	1229,2	0	192,9	12,05	3,25	18,75	4,22	0	100	4,81	1529,6
13-14	5	1229,2	0	192,9	12,05	3,25	6,25	1,41	0	100	4,80	1526,8
14-15	5,5	1352,2	0	192,9	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100	5,19	1651,2
15-16	6	1475,1	0	192,9	12,05	3,25	12,5	2,81	0	100	5,57	1774,1
16-17	6	1475,1	0	192,9	15,65	4,23	18,75	4,22	90	100	5,86	1866,5
17-18	5,5	1352,2	0	192,9	12,05	2,6	6,25	1,13	0	100	5,18	1648,8
18-19	5	1229,2	0	192,9	12,05	2,6	12,5	2,25	0	100	4,80	1527,0
19-20	4,54	1116,1	300	192,9	12,05	2,6	12,5	2,25	0	100	5,38	1713,9
20-21	4	983,4	300	0	12,05	2,6	18,75	3,38	0	100	4,37	1389,4
21-22	3	737,5	300	0	12,05	2,6	6,25	1,13	0	100	3,59	1141,2
22-23	2	491,7	0	0	12,05	2,6	12,5	2,25	0	100	1,87	596,6
23-24	1,5	368,8	0	0	12,05	2,6	12,5	2,25	0	100	1,49	473,7
Всього	100	24584,2	1800,2	2700,3		66,6		55,5	222	2400	100,00	31828,8

3.2 Вибір режиму роботи насосної станції та розрахунок ємності баків

Режим роботи насосної станції II підйому визначається за графіком погодинного водоспоживання міста з урахуванням максимального наближення режиму роботи насосної станції до режиму водоспоживання. Кількість ступенів роботи насосної станції II підйому приймається рівній - 2, тривалість роботи I ступеня - 7 годин, II ступеня - 17 годин. Результати розрахунку приводяться в табл. 3.3, 3.4.

Таблиця 3.3 - Вибір режиму роботи насосної станції II підйому та розрахунок регулюючої ємності водонапірного баку (I зона)

Години доби	Споживання міста, %	Подача насосів, %	Подача в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0-1	1,62	1,33	0	0,29	-0,29
1-2	1,33	1,33	0	0	-0,29
2-3	1,33	1,33	0	0	-0,29
3-4	1,33	1,33	0	0	-0,29
4-5	2,14	1,33	0	0,81	-1,10
5-6	3,97	5,34	1,37	0	0,27
6-7	5,43	5,34	0	0,09	0,18
7-8	6,25	5,34	0	0,91	-0,73
8-9	5,84	5,34	0	0,50	-1,23
9-10	5,87	5,34	0	0,53	-1,76
10-11	5,85	5,34	0	0,51	-2,27
11-12	5,85	5,34	0	0,51	-2,78
12-13	4,84	5,34	0,50	0	-2,28
13-14	4,83	5,33	0,50	0	-1,78
14-15	5,24	5,33	0,09	0	-1,69
15-16	5,64	5,33	0	0,31	-2,00
16-17	6,09	5,33	0	0,76	-2,76
17-18	5,23	5,33	0,10	0	-2,66
18-19	4,83	5,33	0,50	0	-2,16
19-20	5,43	5,33	0	0,10	-2,26
20-21	4,39	5,33	0,94	0	-1,32
21-22	3,58	5,33	1,75	0	0,43
22-23	1,75	1,33	0	0,42	0,01
23-24	1,34	1,33	0	0,01	0

Таблиця 3.4 - Вибір режиму роботи насосної станції II підйому та розрахунок регулюючої ємності водонапірного баку (II зона)

Години доби	Споживання міста, %	Подача насосів, %	Подача в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0-1	1,72	1,47	0	0,25	-0,25
1-2	1,48	1,47	0	0,01	-0,26
2-3	1,49	1,47	0	0,02	-0,28
3-4	1,49	1,47	0	0,02	-0,30
4-5	2,26	1,47	0	0,79	-1,09
5-6	3,97	5,28	1,31	0	0,22
6-7	5,38	5,28	0	0,10	0,12
7-8	6,12	5,28	0	0,84	-0,72
8-9	5,95	5,28	0	0,67	-1,39
9-10	5,70	5,28	0	0,42	-1,81
10-11	5,77	5,28	0	0,49	-2,30
11-12	5,77	5,28	0	0,49	-2,79
12-13	4,81	5,28	0,47	0	-2,32
13-14	4,80	5,28	0,48	0	-1,84
14-15	5,19	5,28	0,09	0	-1,75
15-16	5,57	5,28	0	0,29	-2,04
16-17	5,86	5,28	0	0,58	-2,62
17-18	5,18	5,27	0,09	0	-2,53
18-19	4,80	5,27	0,47	0	-2,06
19-20	5,38	5,27	0	0,11	-2,17
20-21	4,37	5,27	0,90	0	-1,27
21-22	3,58	5,27	1,69	0	0,42
22-23	1,87	1,47	0	0,40	0,02
23-24	1,49	1,47	0	0,02	0

Повна ємність водонапірного баку:

$$W_{\text{б}} = W_{\text{рег}} + W_{\text{н.з.}}, \quad (3.1)$$

де $W_{\text{рег}}$ - регулюючий об'єм водонапірного баку (табл. 3.3, 3.4), м³;

I зона $W_{\text{рег}} = 0,43 + 2,78 = 3,21\%$

II зона $W_{\text{рег}} = 0,42 + 2,79 = 3,21\%$

$W_{\text{н.з.}}$ - недоторканий запас води в баці, рівний 10-хвилинній тривалості гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожежі, м³.

$$W_{н.з.} = 0,6 \left(q_{зов.} + q_{вн.} \right)$$

I зона $W_{н.з.} = 0,6 \times (40+5) = 27 \text{ м}^3$

II зона $W_{н.з.} = 0,6 \times (35+5) = 24 \text{ м}^3$

де $q_{зов.}$, $q_{вн.}$ - відповідно витрата води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння в місті, табл. 3 [1].

$$W_{рег.} = W \times Q_{заг.} / 100, \quad (3.2)$$

I зона $W_{рег.} = 3,21 \times 41611,6 / 100 = 1335,7 \text{ м}^3$

$$W_{\bar{\sigma}} = 1335,7 + 27,0 = 1362,7 \text{ м}^3$$

II зона $W_{рег.} = 3,21 \times 31828,8 / 100 = 1021,7 \text{ м}^3$

$$W_{\bar{\sigma}} = 1021,7 + 24,0 = 1045,7 \text{ м}^3$$

Тоді діаметр баку водонапірної башти:

$$D_{\bar{\sigma}} = \sqrt[3]{W_{\bar{\sigma}} / 0,55}, \quad (3.3)$$

Для I зони $D_{\bar{\sigma}} = \sqrt[3]{1362,7 / 0,55} = 13,5 \text{ м}$

Для II зони $D_{\bar{\sigma}} = \sqrt[3]{1045,7 / 0,55} = 12,4 \text{ м}$

Висота шару води в баці:

$$H_{\bar{\sigma}} = 4W_{\bar{\sigma}} / (\pi D_{\bar{\sigma}}^2), \quad (3.4)$$

Для I зони $H_{\bar{\sigma}} = 4 \times 1362,7 / (3,14 \times 13,5^2) = 9,5 \text{ м}$

Для II зони $H_{\bar{\sigma}} = 4 \times 1045,7 / (3,14 \times 12,4^2) = 8,7 \text{ м}$

З огляду на необхідний будівельний запас загальна висота баків приймається: для I зони – 10,0 м, для II зони – 9,2 м.

Характеристики напірних трубопроводів до водонапірних башт:

- для I зони: $Q = 2 \times 52,6 \text{ л/с}$ (0,91% $Q_{доб}$), $D = 200 \text{ мм}$, $v = 1,53 \text{ м/с}$, $i = 0,0192$.
- для II зони: $Q = 2 \times 37,3 \text{ л/с}$ (0,84% $Q_{доб}$), $D = 200 \text{ мм}$, $v = 1,09 \text{ м/с}$, $i = 0,00983$.

3.3 Гідравлічний розрахунок зонованої мережі

Питома витрата для і-го району при максимальному водоспоживанні розраховується за формулою (2.15).

Перша зона:

I-й район: $q_{пит.1} = 297,2 / 4090 = 0,072665$

II-й район: $q_{пит.2} = 411,4 / 4110 = 0,100097$

Друга зона:

III-й район: $q_{пит.3} = 512,5 / 4390 = 0,116743$

Шляхові витрати ділянок обчислюються за формулою (2.16). Результат розрахунку для випадку максимального водоспоживання представлений в табл. 3.5, 3.6.

Таблиця 3.5 - Шляхові витрати /I зона/

Номер ділянки	Розрахункова довжина ділянки $l_{дiл.}$, м	Питома витрата $q_{пит.i}$, л/м×с	Шляхова витрата $Q_{шл.}$, л/с
1	410	0,072665	29,79
2	140	0,072665	10,17
3	0	0,072665	0
4	280	0,072665	20,35
5	530	0,072665	38,51
6	810	0,072665	58,86
7	430	0,072665	31,25
8	330	0,072665	23,98
9	410	0,072665/0,100097	35,42
10	440	0,072665/0,100097	38,00
11	120	0,072665/0,100097	10,37
12	370	0,072665/0,100097	31,96
13	480	0,072665/0,100097	41,45
14	500	0,072665/0,100097	43,19
15	340	0,100097	34,03
16	680	0,100097	68,07
17	630	0,100097	63,06
18	290	0,100097	29,03
19	425	0,100097	42,55
20	390	0,100097	39,04
21	195	0,100097	19,52
Всього	8200		$\Sigma Q_{шл.}=708,6$

Таблиця 3.6 - Шляхові витрати /ІІ зона/

Номер ділянки	Розрахункова довжина ділянки $l_{\text{діл.}}$, м	Питома витрата $q_{\text{пит.і}}$, л/м×с	Шляхова витрата $Q_{\text{шл.}}$, л/с
1	425	0,116743	49,62
2	215	0,116743	25,10
3	370	0,116743	43,18
4	350	0,116743	40,86
5	520	0,116743	60,71
6	580	0,116743	67,71
7	300	0,116743	35,02
8	300	0,116743	35,02
9	385	0,116743	44,95
10	200	0,116743	23,35
11	520	0,116743	60,71
12	225	0,116743	26,27
Всього	4390		$\Sigma Q_{\text{шл.}}=512,5$

Розрахунок вузлових витрат для випадку максимального водоспоживання зводиться в формі табл. 3.7, 3.8.

Таблиця 3.7 - Вузлові витрати /І зона/

Номер вузла	Номера ділянок, які примикають до вузла	$(\Sigma Q_{\text{шл.}})_{\text{вузл}}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1, 2, 6	98,82	49,41
2	1, 5	68,30	34,15
3	2, 3	10,17	5,09
4	3, 4, 7	51,60	25,80
5	4, 8	44,33	22,16
6	9, 15	69,45	34,73
7	5, 9, 10	111,93	55,96
8	10, 11, 16	116,44	58,22
9	6, 11, 12	101,19	50,60
10	12, 13	73,41	36,70
11	7, 13, 14, 17	178,95	89,48
12	8, 14, 18	96,20	48,10
13	15, 19	76,58	38,29
14	16, 19, 20	149,66	74,83
15	17, 20, 21	121,62	60,81
16	18, 21	48,55	24,27
Всього			$\Sigma Q_{\text{вузл.}}=708,6$

Таблиця 3.8 - Вузлові витрати /II зона/

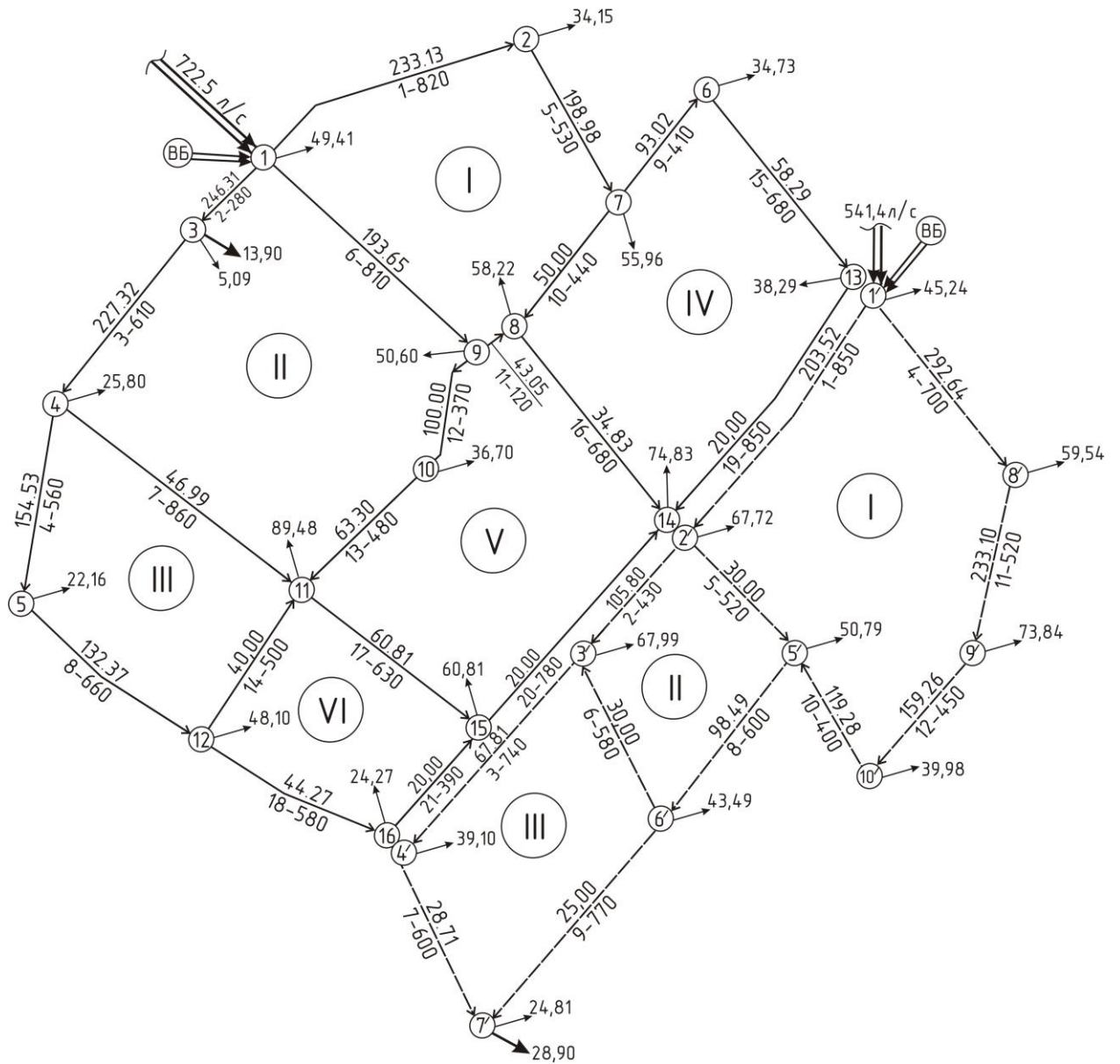
Номер вузла	Номера ділянок, які примикають до вузла	$(\sum Q_{шл})_{вузл}$, л/с	Вузлова витрата $Q_{вузл}$, л/с
1'	1, 4	90,48	45,24
2'	1, 2, 5	135,43	67,72
3'	2, 3, 6	135,99	67,99
4'	3, 7	78,20	39,10
5'	4, 11	101,57	50,79
6'	11, 12	86,98	43,49
7'	10, 12	49,62	24,81
8'	5, 8, 10	119,08	59,54
9'	6, 8, 9	147,68	73,84
10'	7, 9	79,97	39,98
Всього			$\sum Q_{вузл}=512,5$

Початковий поточкорозподіл для двох розрахункових випадків для зон I та II наведено на рис. 3.2-3.3.

Гідравлічна ув'язка зонованої водопровідної мережі проводиться на ПЕОМ по програмі «gidrastr». Результати гідравлічної ув'язки I зони наведені в табл. 3.9, 3.10, II зони – у табл. 3.11, 3.12.

П'єзометричні позначки та вільні напори в вузлах для обох режимів наведені на п'єзометричних картах (рис. 3.4, 3.5).

При цьому для режиму максимального водоспоживання невідгідними є точка 6 (I зона) і точка 4' (II зона), а для режиму пожежі в годину максимального водоспоживання – точка 12 (I зона) і точка 4' (II зона).



Умовні позначення

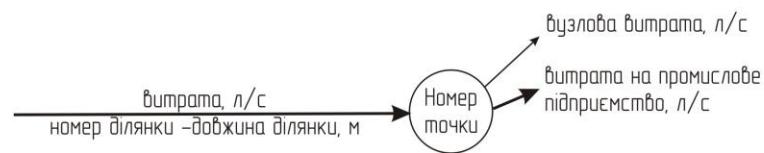
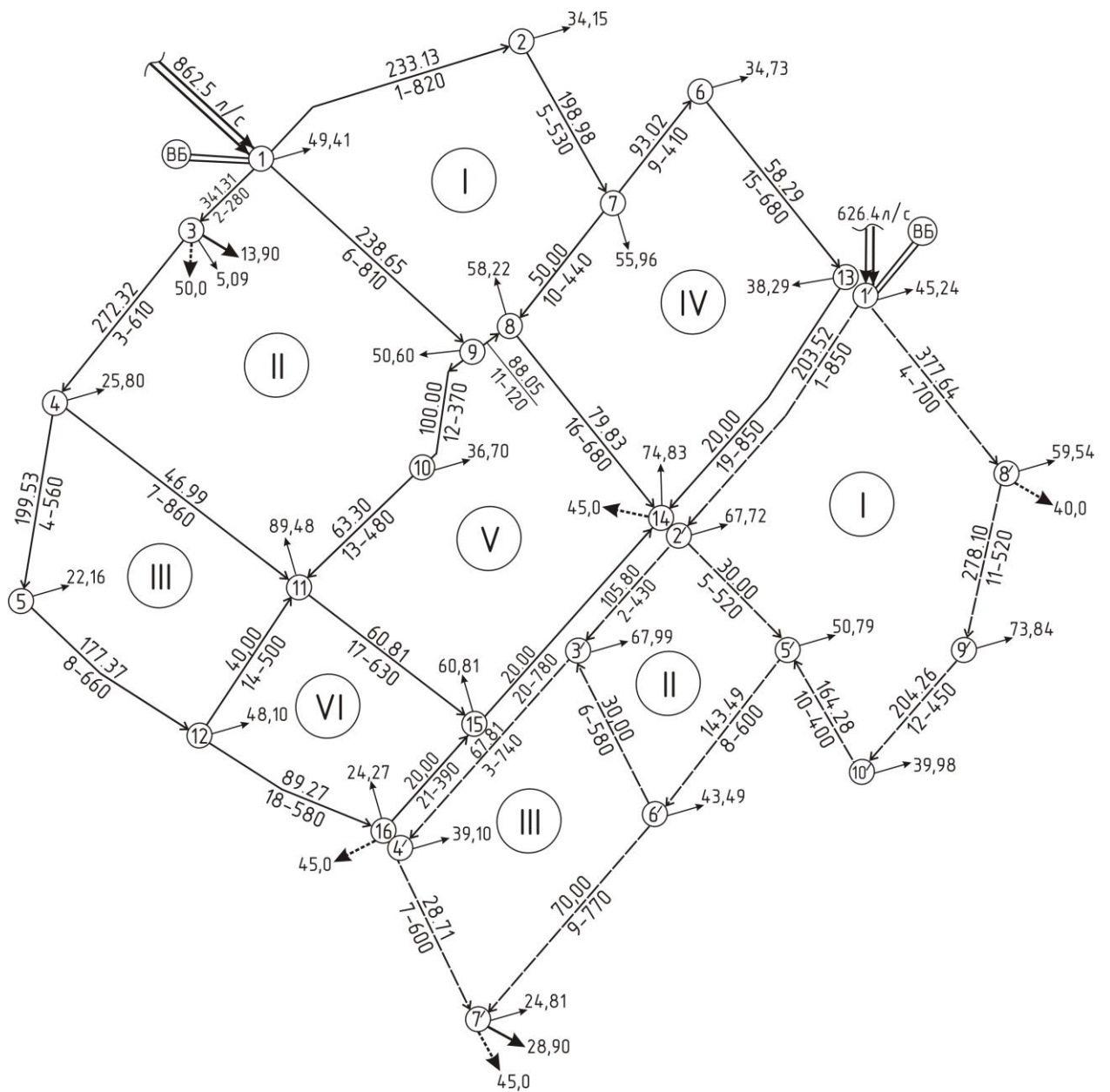


Рисунок 3.2 – Початковий потікорозподіл для випадку максимального водоспоживання (I зона та II зона)



Умовні позначення

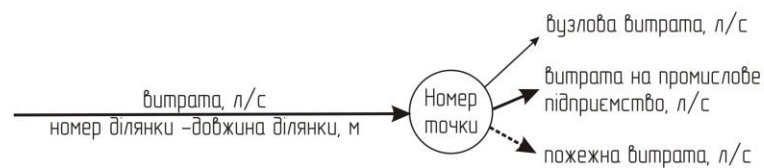


Рисунок 3.3 – Початковий потікорозподіл для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні (I зона та II зона)

Таблиця 3.9 - Результати гідравлічної ув'язки для випадку максимального водоспоживання (І зона)

e= .01000 nk= 6 ny= 21
исходные данные

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	820.00	233.13	450.00	с	2	280.00	246.31	450.00	с	3	610.00	227.32	450.00	с
4	560.00	154.53	350.00	с	5	530.00	198.98	400.00	с	6	810.00	193.65	450.00	с
7	860.00	46.99	350.00	с	8	660.00	132.37	300.00	с	9	410.00	93.02	300.00	с
10	440.00	50.00	200.00	с	11	120.00	43.05	350.00	с	12	370.00	100.00	250.00	с
13	480.00	63.30	200.00	с	14	500.00	40.00	200.00	с	15	680.00	58.29	250.00	с
16	680.00	34.83	300.00	с	17	630.00	60.81	250.00	с	18	580.00	44.27	250.00	с
19	850.00	20.00	200.00	с	20	780.00	20.00	200.00	с	21	390.00	20.00	200.00	с

результаты расчета

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	450.00 :	820.00 :	180.05 :	1.13 :	3.21 :
: 2 :	2- 0 :	450.00 :	280.00 :	252.08 :	1.58 :	2.13 :
: 3 :	2- 0 :	450.00 :	610.00 :	233.09 :	1.47 :	3.96 :
: 4 :	3- 0 :	350.00 :	560.00 :	92.49 :	.96 :	2.24 :
: 5 :	0- 1 :	400.00 :	530.00 :	145.90 :	1.16 :	2.54 :
: 6 :	1- 2 :	450.00 :	810.00 :	240.96 :	1.52 :	5.62 :
: 7 :	2- 3 :	350.00 :	860.00 :	114.80 :	1.19 :	5.16 :
: 8 :	3- 0 :	300.00 :	660.00 :	70.33 :	.99 :	3.44 :
: 9 :	0- 4 :	300.00 :	410.00 :	76.68 :	1.08 :	2.51 :
: 10 :	4- 1 :	200.00 :	440.00 :	13.26 :	.42 :	.81 :
: 11 :	1- 5 :	350.00 :	120.00 :	131.84 :	1.37 :	.94 :
: 12 :	5- 2 :	250.00 :	370.00 :	58.52 :	1.19 :	3.43 :
: 13 :	5- 2 :	200.00 :	480.00 :	21.82 :	.69 :	2.19 :
: 14 :	3- 6 :	200.00 :	500.00 :	-9.71 :	.31 :	.53 :
: 15 :	0- 4 :	250.00 :	680.00 :	41.95 :	.85 :	3.39 :
: 16 :	4- 5 :	300.00 :	680.00 :	86.88 :	1.23 :	5.26 :
: 17 :	5- 6 :	250.00 :	630.00 :	37.44 :	.76 :	2.55 :
: 18 :	6- 0 :	250.00 :	580.00 :	31.94 :	.65 :	1.75 :
: 19 :	0- 4 :	200.00 :	850.00 :	3.66 :	.12 :	.16 :
: 20 :	5- 0 :	200.00 :	780.00 :	-15.71 :	.50 :	1.95 :
: 21 :	6- 0 :	200.00 :	390.00 :	7.67 :	.24 :	.27 :

Таблиця 3.10 - Результати гідравлічної ув'язки для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні (І зона)

e= .01000 nk= 6 ny= 21
исходные данные

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	820.00	233.13	450.00	с	2	280.00	341.31	450.00	с	3	610.00	272.32	450.00	с
4	560.00	199.53	350.00	с	5	530.00	198.98	400.00	с	6	810.00	238.65	450.00	с
7	860.00	46.99	350.00	с	8	660.00	177.37	300.00	с	9	410.00	93.02	300.00	с
10	440.00	50.00	200.00	с	11	120.00	88.05	350.00	с	12	370.00	100.00	250.00	с
13	480.00	63.30	200.00	с	14	500.00	40.00	200.00	с	15	680.00	58.29	250.00	с
16	680.00	79.83	300.00	с	17	630.00	60.81	250.00	с	18	580.00	89.27	250.00	с
19	850.00	20.00	200.00	с	20	780.00	20.00	200.00	с	21	390.00	20.00	200.00	с

результаты расчета

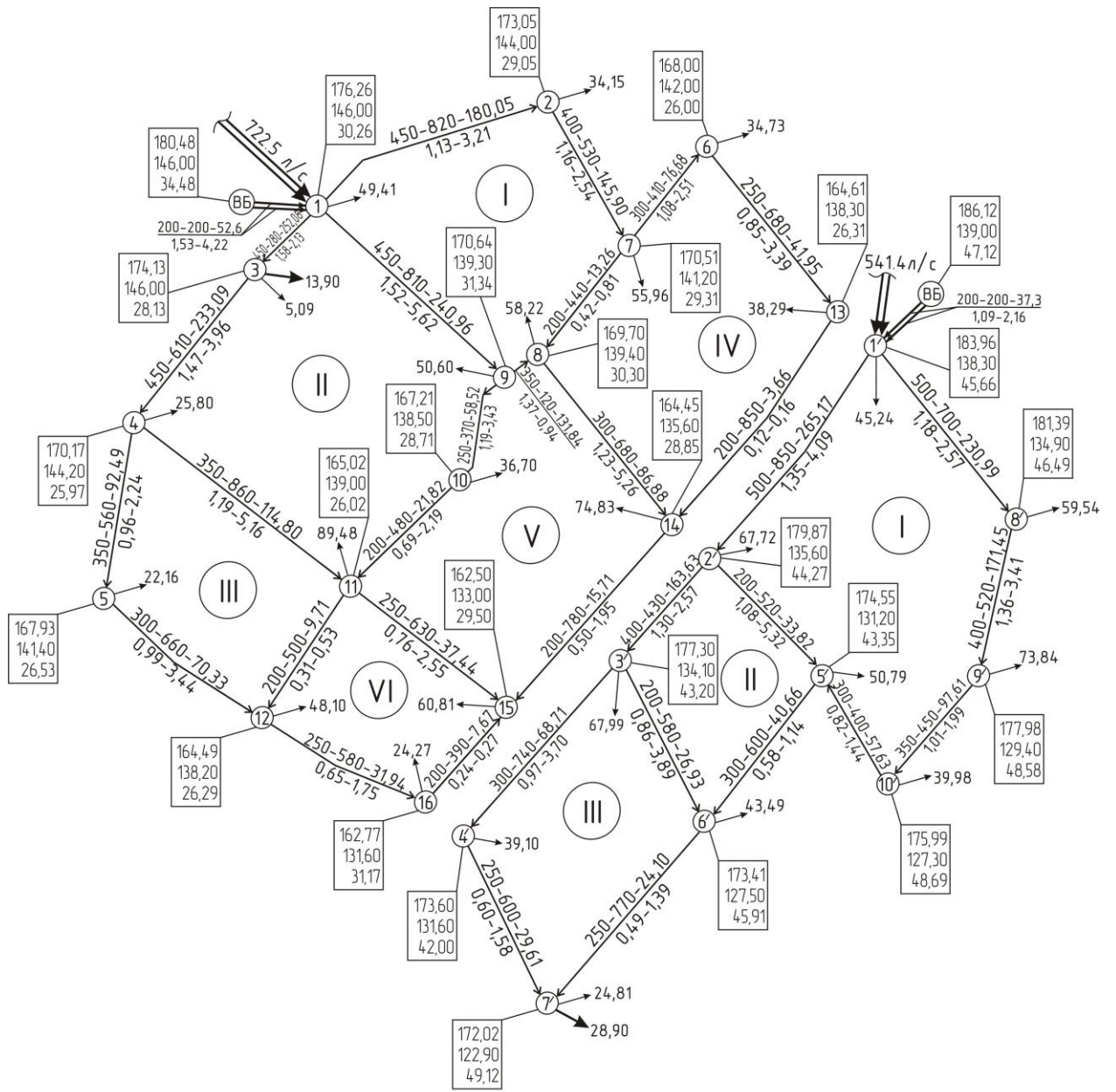
: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	450.00 :	820.00 :	199.88 :	1.26 :	3.91 :
: 2 :	2- 0 :	450.00 :	280.00 :	336.61 :	2.12 :	3.79 :
: 3 :	2- 0 :	450.00 :	610.00 :	267.62 :	1.68 :	5.22 :
: 4 :	3- 0 :	350.00 :	560.00 :	109.34 :	1.14 :	3.06 :
: 5 :	0- 1 :	400.00 :	530.00 :	165.73 :	1.32 :	3.25 :
: 6 :	1- 2 :	450.00 :	810.00 :	276.61 :	1.74 :	7.40 :
: 7 :	2- 3 :	350.00 :	860.00 :	132.47 :	1.38 :	6.83 :
: 8 :	3- 0 :	300.00 :	660.00 :	87.18 :	1.23 :	5.14 :
: 9 :	0- 4 :	300.00 :	410.00 :	90.35 :	1.28 :	3.43 :
: 10 :	4- 1 :	200.00 :	440.00 :	19.41 :	.62 :	1.62 :
: 11 :	1- 5 :	350.00 :	120.00 :	159.13 :	1.65 :	1.38 :
: 12 :	5- 2 :	250.00 :	370.00 :	66.88 :	1.36 :	4.46 :
: 13 :	5- 2 :	200.00 :	480.00 :	30.18 :	.96 :	3.97 :
: 14 :	3- 6 :	200.00 :	500.00 :	-16.52 :	.53 :	1.37 :
: 15 :	0- 4 :	250.00 :	680.00 :	55.62 :	1.13 :	5.73 :
: 16 :	4- 5 :	300.00 :	680.00 :	120.32 :	1.70 :	10.09 :
: 17 :	5- 6 :	250.00 :	630.00 :	56.65 :	1.15 :	5.49 :
: 18 :	6- 0 :	250.00 :	580.00 :	55.61 :	1.13 :	4.89 :
: 19 :	0- 4 :	200.00 :	850.00 :	17.33 :	.55 :	2.54 :
: 20 :	5- 0 :	200.00 :	780.00 :	-17.82 :	.57 :	2.45 :
: 21 :	6- 0 :	200.00 :	390.00 :	-13.66 :	.43 :	.76 :

Таблиця 3.11 - Результати гідравлічної ув'язки для випадку максимального водоспоживання (II зона)

е= .01000 nk= 3 ny= 12														
исходные данные														
ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	850.00	203.52	500.00	с	2	430.00	105.80	400.00	с	3	740.00	67.81	300.00	с
4	700.00	292.64	500.00	с	5	520.00	30.00	200.00	с	6	580.00	30.00	200.00	с
7	600.00	28.71	250.00	с	8	600.00	98.49	300.00	с	9	770.00	25.00	250.00	с
10	400.00	119.28	300.00	с	11	520.00	233.10	400.00	с	12	450.00	159.26	350.00	с
результаты расчета														
: номер :	код :	диаметр	:длина	:	расход	: скорость	: потери	:						
: участка:	участка:	трубы, мм	участка, м	:	воды, л/с	воды, м/с	напора, м	:						
: 1 :	1- 0 :	500.00 :	850.00 :	:	265.17 :	1.35 :	4.09 :	:						
: 2 :	2- 0 :	400.00 :	430.00 :	:	163.63 :	1.30 :	2.57 :	:						
: 3 :	3- 0 :	300.00 :	740.00 :	:	68.71 :	.97 :	3.70 :	:						
: 4 :	0- 1 :	500.00 :	700.00 :	:	230.99 :	1.18 :	2.57 :	:						
: 5 :	1- 2 :	200.00 :	520.00 :	:	33.82 :	1.08 :	5.32 :	:						
: 6 :	3- 2 :	200.00 :	580.00 :	:	-26.93 :	.86 :	3.89 :	:						
: 7 :	3- 0 :	250.00 :	600.00 :	:	29.61 :	.60 :	1.58 :	:						
: 8 :	0- 2 :	300.00 :	600.00 :	:	40.66 :	.58 :	1.14 :	:						
: 9 :	0- 3 :	250.00 :	770.00 :	:	24.10 :	.49 :	1.39 :	:						
: 10 :	0- 1 :	300.00 :	400.00 :	:	57.63 :	.82 :	1.44 :	:						
: 11 :	0- 1 :	400.00 :	520.00 :	:	171.45 :	1.36 :	3.41 :	:						
: 12 :	0- 1 :	350.00 :	450.00 :	:	97.61 :	1.01 :	1.99 :	:						

Таблиця 3.12 - Результати гідравлічної ув'язки для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні (II зона)

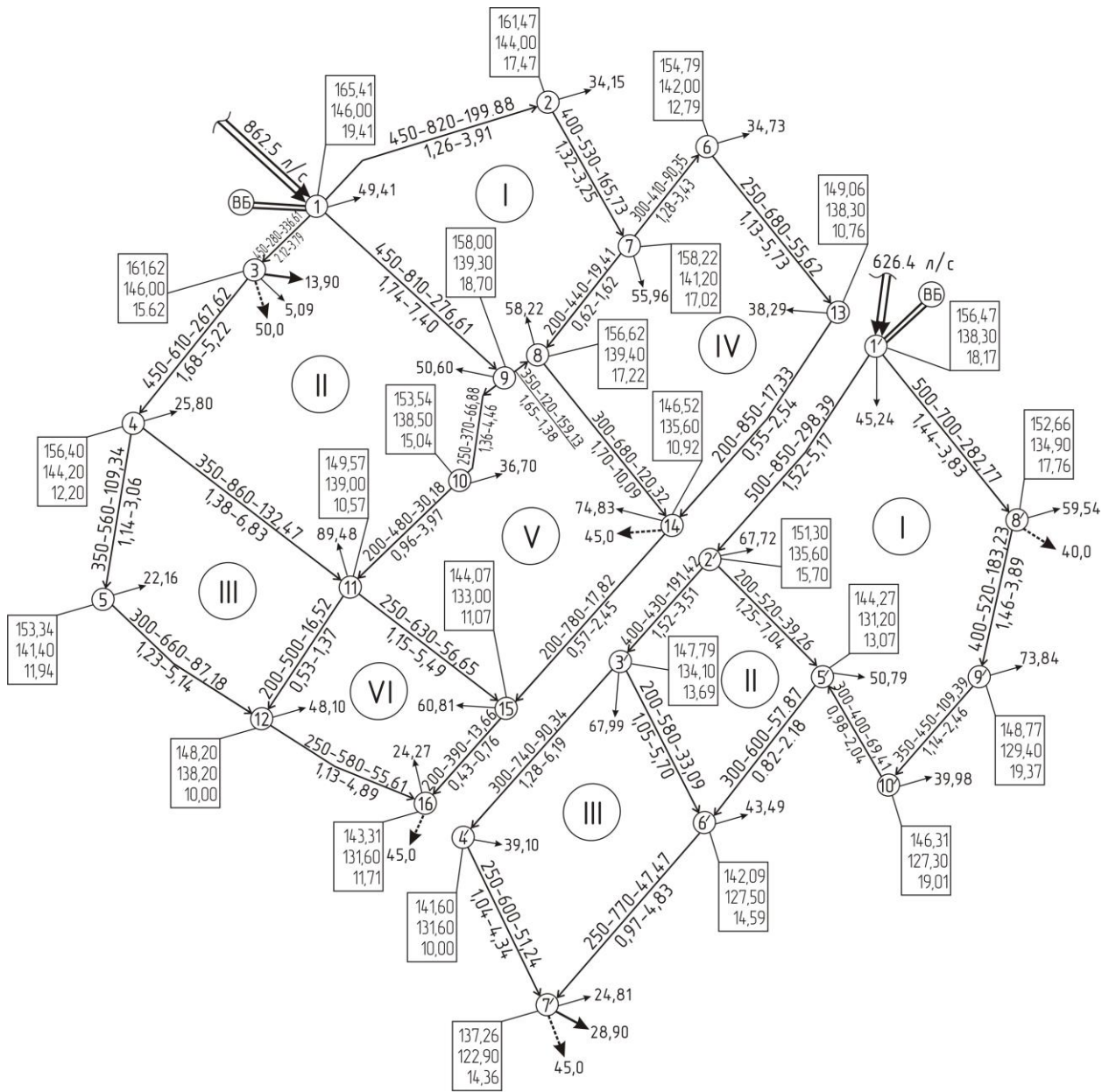
е= .01000 nk= 3 ny= 12														
исходные данные														
ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	850.00	203.52	500.00	с	2	430.00	105.80	400.00	с	3	740.00	67.81	300.00	с
4	700.00	377.64	500.00	с	5	520.00	30.00	200.00	с	6	580.00	30.00	200.00	с
7	600.00	28.71	250.00	с	8	600.00	143.49	300.00	с	9	770.00	70.00	250.00	с
10	400.00	164.28	300.00	с	11	520.00	278.10	400.00	с	12	450.00	204.26	350.00	с
результаты расчета														
: номер :	код :	диаметр	:длина	:	расход	: скорость	: потери	:						
: участка:	участка:	трубы, мм	участка, м	:	воды, л/с	воды, м/с	напора, м	:						
: 1 :	1- 0 :	500.00 :	850.00 :	:	298.39 :	1.52 :	5.17 :	:						
: 2 :	2- 0 :	400.00 :	430.00 :	:	191.42 :	1.52 :	3.51 :	:						
: 3 :	3- 0 :	300.00 :	740.00 :	:	90.34 :	1.28 :	6.19 :	:						
: 4 :	0- 1 :	500.00 :	700.00 :	:	282.77 :	1.44 :	3.83 :	:						
: 5 :	1- 2 :	200.00 :	520.00 :	:	39.26 :	1.25 :	7.04 :	:						
: 6 :	3- 2 :	200.00 :	580.00 :	:	-33.09 :	1.05 :	5.70 :	:						
: 7 :	3- 0 :	250.00 :	600.00 :	:	51.24 :	1.04 :	4.34 :	:						
: 8 :	0- 2 :	300.00 :	600.00 :	:	57.87 :	.82 :	2.18 :	:						
: 9 :	0- 3 :	250.00 :	770.00 :	:	47.47 :	.97 :	4.83 :	:						
: 10 :	0- 1 :	300.00 :	400.00 :	:	69.41 :	.98 :	2.04 :	:						
: 11 :	0- 1 :	400.00 :	520.00 :	:	183.23 :	1.46 :	3.89 :	:						
: 12 :	0- 1 :	350.00 :	450.00 :	:	109.39 :	1.14 :	2.46 :	:						



Умовні позначення

173,60 131,60 42,00	п'єзометрична позначка, м позначка рівня землі, м вільний напір, м
$\frac{\text{діаметр, мм} - \text{довжина, м} - \text{витрата, л/с}}{\text{швидкість, м/с} - \text{втрати напіру, м}}$	в'узлова витрата, л/с витрата на промислове підприємство, л/с Номер точки

Рисунок 3.4 – П'єзометричні карти зонованої мережі для випадку максимального водоспоживання



Умовні позначення

- | | |
|--|--|
| 148,20
138,20
10,00 | п'єзометрична позначка, м
позначка рівня землі, м
вільний напір, м |
| <div style="display: flex; align-items: center; justify-content: center;"> <div style="border: 1px solid black; border-radius: 50%; padding: 5px; margin-right: 5px;"> Номер точки </div> <div style="margin-left: 10px;"> → вузлова витрата, л/с
 → витрата на промислові підприємства, л/с
 → пожежна витрата, л/с </div> </div> | |
| діаметр, мм – довжина, м – витрата, л/с
швидкість, м/с – втрати напіру, м | |

Рисунок 3.5 – П'єзометричні карти зонованої мережі для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні

3.4 Розрахунок насосної станції II-го підйому

3.4.1 Визначення розрахункової подачі насосної станції

Насосна станція II-го підйому працює у двоступеневому режимі (табл. 3.3, 3.4). Годинна подача насосної станції для кожного ступеня визначається за формулою:

$$Q_{i.н.ст.} = Q_{доб.} \times P_i / 100, \quad (3.5)$$

де P_i , $Q_{i.н.ст.}$ - подача і-го ступеня насосної станції у відсотках від $Q_{доб}$ і м³ відповідно.

I зона:

$$Q_{1.н.ст.} = 41611,6 \times 1,33 / 100 = 553,4 \text{ м}^3/\text{год} = 153,7 \text{ л/с}$$

$$Q_{2.н.ст.} = 41611,6 \times 5,34 / 100 = 2222,1 \text{ м}^3/\text{год} = 617,2 \text{ л/с}$$

До установки приймаються 2 працюючих насос на першому ступені і 7 насосів на другому ступені. Продуктивність одного насоса – 0,8%.

$$Q_{нас.} = 41611,6 \times 0,8 / 100 = 332,9 \text{ м}^3/\text{год} = 92,5 \text{ л/с}$$

II зона:

$$Q_{1.н.ст.} = 31828,8 \times 1,47 / 100 = 467,9 \text{ м}^3/\text{год} = 130,0 \text{ л/с}$$

$$Q_{2.н.ст.} = 31828,8 \times 5,28 / 100 = 1680,6 \text{ м}^3/\text{год} = 466,8 \text{ л/с}$$

До установки приймаються 1 працюючий насос на першому ступені і 4 насоси на другому ступені. Продуктивність одного насоса – 1,47%.

$$Q_{нас.} = 31828,8 \times 1,47 / 100 = 467,9 \text{ м}^3/\text{год} = 130,0 \text{ л/с}$$

3.4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів

Кількість всмоктувальних ліній на водопровідних насосних станціях I і II категорії [1] незалежно від кількості груп насосів, включаючи пожежні, повинна бути не менш двох. При вимиканні однієї лінії інші повинні бути розраховані на пропуск повної розрахункової витрати для насосних станцій I і II категорії.

Всмоктувальні водоводи виконуються зі сталевих труб. Розрахункова витрата кожного зі всмоктувальних водоводів обчислюється за формулою:

$$Q_{вс.в.} = Q_{н.ст.} / (n - 1), \quad (3.6)$$

де $Q_{н.ст.}$ - максимальна розрахункова секундна подача насосної станції, л/с;

n - кількість всмоктувальних водоводів.

Кількість напірних водоводів приймається не менш двох [1]. Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів визначається за формулою:

$$Q_{н.в.} = Q_{макс.н.ст.} / n_{н.в.}, \quad (3.7)$$

де $n_{н.в.}$ - кількість напірних водоводів, шт.

I зона

Витрата всмоктувальних водоводів:

$$Q_{вс.в.} = 617,2 / (2-1) = 617,2 \text{ л/с}$$

Діаметр всмоктувальних водоводів визначається по таблицях для гідравлічного розрахунку [12] виходячи з пропуску витрати $Q_{вс.в.}$ і рекомендованих швидкостей [1].

$$D_B = 700 \text{ мм} \quad V_B = 1,58 \text{ м/с} \quad i = 0,00418$$

$V_B = 1,58 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1,2 - 2,0 \text{ м/с}$.

$$Q_{н.в.} = 617,2 / 2 = 308,6 \text{ л/с}$$

Тоді діаметри напірних водоводів:

$$D_H = 500 \text{ мм} \quad V_H = 1,47 \text{ м/с} \quad i = 0,00551$$

$V_H = 1,47 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1 - 3 \text{ м/с}$.

II зона

Витрата всмоктувальних водоводів:

$$Q_{вс.в.} = 466,8 / (2-1) = 466,8 \text{ л/с}$$

Діаметр всмоктувальних водоводів визначається по таблицях для гідравлічного розрахунку [12] виходячи з пропуску витрати $Q_{вс.в.}$ і рекомендованих швидкостей [1].

$$D_B = 600 \text{ мм} \quad V_B = 1,57 \text{ м/с} \quad i = 0,00493$$

$V_B = 1,57 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1,2 - 2,0 \text{ м/с}$.

$$Q_{н.в.} = 466,8 / 2 = 233,4 \text{ л/с}$$

Тоді діаметри напірних водоводів:

$$D_H = 450 \text{ мм} \quad V_H = 1,37 \text{ м/с} \quad i = 0,00540$$

$V_H = 1,37 \text{ м/с}$ входить в рекомендовані межі, $V = 1 - 3 \text{ м/с}$.

3.4.3 Визначення розрахункового напору насосів

Необхідний напір насосів визначається за формулою:

$$H_p = H_z + h_k + h_b + h_3, \quad (3.8)$$

де H_z - геометрична висота підйому, м;

h_k - сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних комунікаціях насосної станції, прийняті для попередніх розрахунків $h_k = 2 - 3 \text{ м}$;

h_3 - запас на вилив з напірного трубопроводу, $h_3 = 1 \text{ м}$;

h_b - втрати напору у водоводах при максимальній подачі насосної станції.

Геометрична висота підйому:

$$H_2 = Z_2 - Z_1, \quad (3.9)$$

де Z_2 - абсолютна максимальна позначка підйому води, м;

Z_1 - абсолютна мінімальна позначка в РЧВ для випадку максимального водоспоживання, м.

I зона $H_2 = 176,26 - 136,00 = 40,26$ м

II зона $H_2 = 183,96 - 136,00 = 47,96$ м

Втрати напору у водоводах при максимальному водоспоживанні:

$$h_в = 1,1 \times i \times l, \quad (3.10)$$

де l - довжина водоводу, м;

I зона

Для II ступеня:

$$h_{в}^{II} = 1,1 \times 0,00551 \times 1000 = 6,06$$
 м

$$H_p^{II} = 40,26 + 2,00 + 6,06 + 1,00 = 49,32$$
 м

Для I ступеня:

$$h_{в}^{I} = 1,1 \times 0,00042 \times 1000 = 0,46$$
 м

$$H_p^{I} = 40,26 + 2,00 + 0,46 + 1,00 = 43,72$$
 м

II зона

Для II ступеня:

$$h_{в}^{II} = 1,1 \times 0,00540 \times 2800 = 16,63$$
 м

$$H_p^{II} = 47,96 + 2,00 + 16,63 + 1,00 = 67,59$$
 м

Для I ступеня:

$$h_{в}^{I} = 1,1 \times 0,00051 \times 2800 = 1,57$$
 м

$$H_p^{I} = 47,96 + 2,00 + 1,57 + 1,00 = 52,53$$
 м

3.4.4 Розрахунок режиму роботи насосної станції при пожежі

Розрахункова подача насосної станції при пожежі, л/с:

$$Q'_{н.ст} = Q_{н.ст.} + Q_n, \quad (3.11)$$

де $Q_{н.ст.}$ - розрахункова секундна подача насосної станції, л/с;

Q_n - розрахункова витрата на пожежогасіння, л/с.

Необхідний напір насосів при пожежі:

$$H'_p = Z_{н.т} + H_{віл} + h_{в.п.} + h_{с.п.} - Z_p, \quad (3.12)$$

де $Z_{н.т.}$ - абсолютна позначка невідгідної точки при пожежі, м;

$H_{віл}$ - вільний напір в невідгідній точці при пожежі, $H_{віл}=10$ м;

$h_{в.п.}$ - втрати напору у водоводах при пожежі, м,

$h_{с.п.}$ - втрати напору в мережі при пожежі, м;

Z_p - абсолютна позначка дна РЧВ.

I зона

$$Q'_{н.ст.} = 617,2 + 140,0 = 757,2 \text{ л/с}$$

$$h_{в.п.} = 1,1 \times 0,00831 \times 1000 = 9,14 \text{ м};$$

$$H'_p = 138,20 + 10,00 + 9,14 + 17,21 - 135,00 = 39,55 \text{ м}$$

II зона

$$Q'_{н.ст.} = 466,8 + 85,0 = 551,8 \text{ л/с}$$

$$h_{в.п.} = 1,1 \times 0,00756 \times 2800 = 23,28 \text{ м};$$

$$H'_p = 131,60 + 10,00 + 23,28 + 14,87 - 135,00 = 44,75 \text{ м}$$

Так як для обох зон $H'_p < H_p$, то необхідна для пожежогасіння витрата при максимальному водоспоживанні може бути забезпечена насосами, підібраними для максимального водоспоживання за рахунок зниження їх напору.

3.4.5 Підбір насосів і електродвигунів

На підставі отриманих витрат і напорів підбираються відцентрові насоси. Подачу Q_I , Q_{II} та напори H^I_p і H^{II}_p для обслуговування I зони можна забезпечити роботою на I ступені двох, а на II ступені паралельною роботою семи насосів марки Д320-50 ($n=1450$ об/хв).

Обслуговування II зони можна забезпечити роботою на I ступені одним, а на II ступені паралельною роботою чотирьох насосів марки 1Д630-90 ($n=1450$ об/хв).

Крім основних насосів на насосній станції 1 категорії надійності відповідно до вимог БНіП [1] передбачене встановлення двох резервних агрегатів відповідної марки.

Робочі характеристики насосів наведені на рис. 3.6, 3.7.

Потужність, необхідна для приводу насосу, визначається за формулою:

$$P = k \times \frac{\rho \times g \times Q_n \times H_n}{1000 \times \pi_n \times \pi_n} , \quad (3.13)$$

де k - коефіцієнт запасу, $k=1,1$; ρ - щільність рідини, кг/м^3 ;

Q_n - подача насосу, $\text{м}^3/\text{с}$; H_n - напір, що відповідає Q_n , м;

π_n - ККД насосу, що відповідає Q_n ; π_n - ККД передачі, $\pi_n = 1$.

Для насосу марки Д320-50:

$$P = 1,1 \times 1000 \times 9,81 \times 0,0925 \times 49,32 / (1000 \times 0,74 \times 1) = 66,5 \text{ кВт}$$

Приймається електродвигун марки АІР250S2 потужністю $N = 75$ кВт.

Для насосу марки 1Д630-90:

$$P = 1,1 \times 1000 \times 9,81 \times 0,130 \times 67,59 / (1000 \times 0,73 \times 1) = 129,9 \text{ кВт}$$

Приймається електродвигун марки АІР280М4 потужністю $N = 132$ кВт.

Характеристика насоса (агрегата) Д320-50
 Частота вращения $24,2 \text{ с}^{-1}$ (1450 об/мин)
 Жидкость – вода плотностью 1000 кг/м^3
 * – данные для насоса

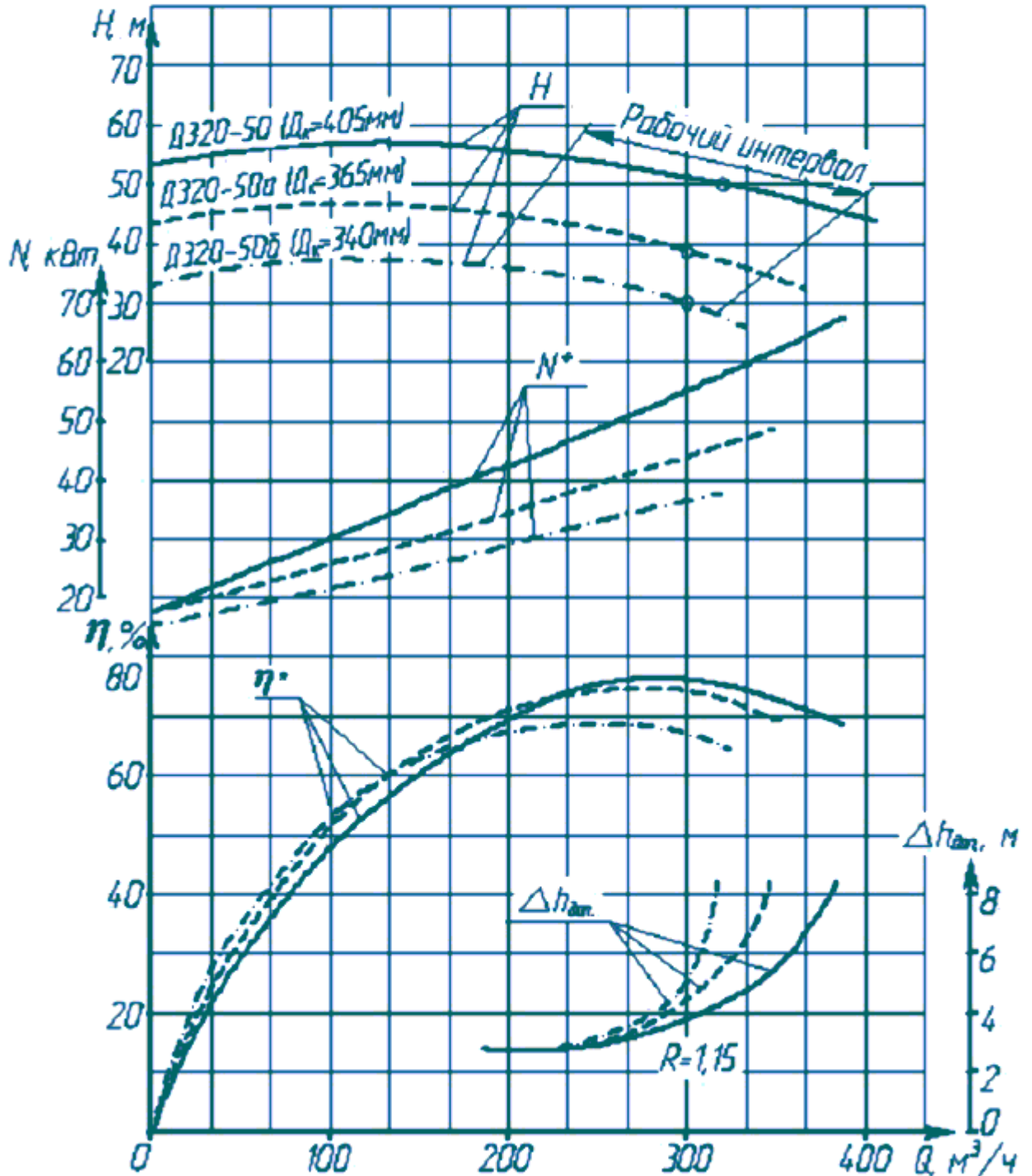


Рисунок 3.6 – Характеристики насосу марки Д320-50 ($n=1450$ об/хв)

Характеристика насоса (агрегата) 1Д630-90
 Частота вращения $24,2 \text{ с}^{-1}$ ($n=1450 \text{ об/мин}$)
 Жидкость - вода, плотность 1000 кг/м^3
 * - данные для насоса

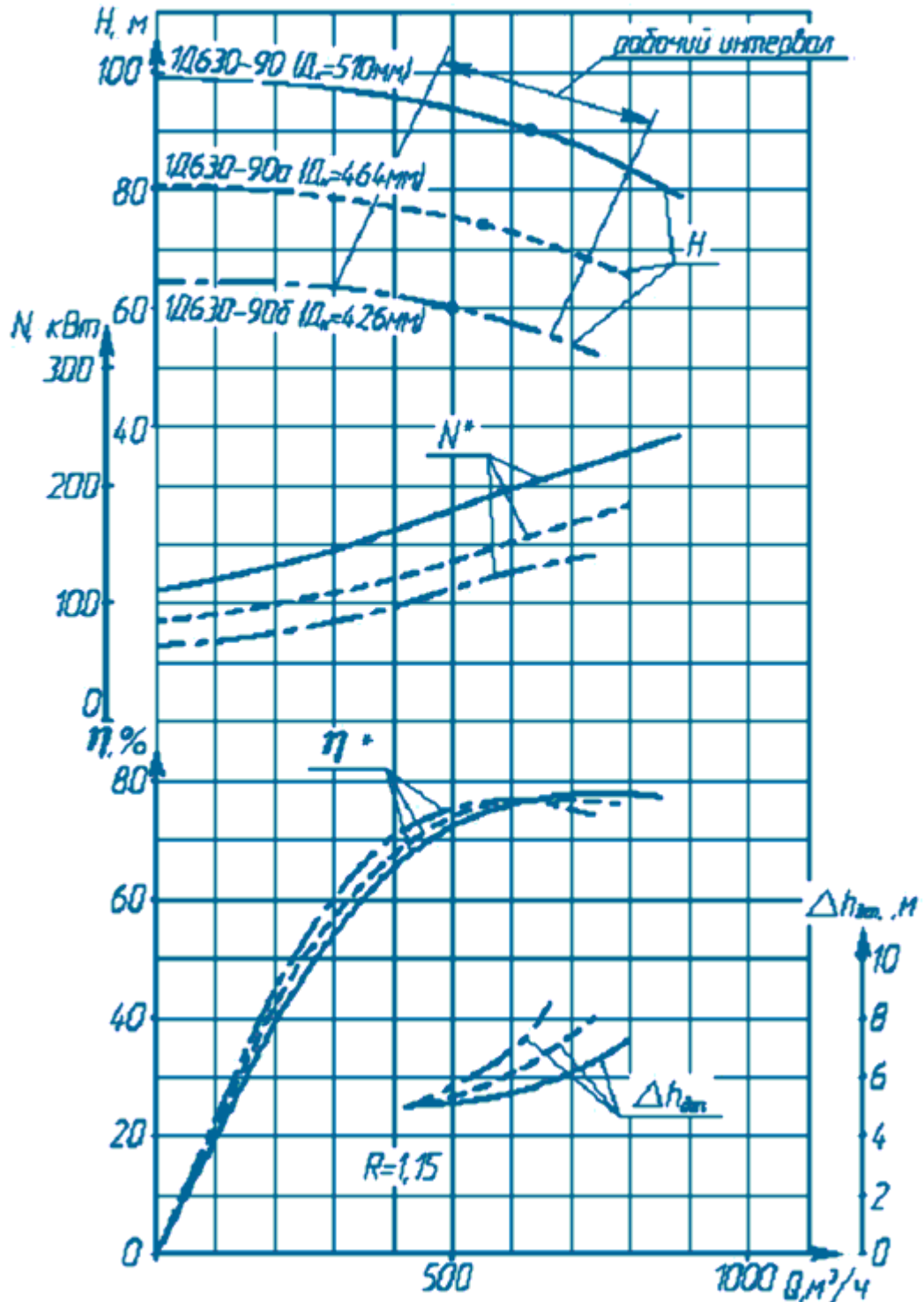


Рисунок 3.7 – Характеристики насосу марки 1Д630-90 ($n=1450 \text{ об/хв}$)

3.5 Аналіз результатів досліджень

3.5.1 Вільні напори централізованої та зонованої мереж

Гідравлічний розрахунок централізованої та зонованої водопровідної мережі населеного пункту показав, що зонування дозволяє значно знизити надлишкові напори в мережі. Результати порівняння вільних напорів в вузлах водопровідної мережі населеного пункту наведені в табл. 3.13, 3.14.

Таблиця 3.13 — Порівняння вільних напорів однозонної та зонованої мереж для режиму максимального водоспоживання

Номер вузла (централізована мережа)	Номер вузла (зонована мережа)	Потрібний вільний напір, м	Фактичний вільний напір, (централізована схема)			Фактичний вільний напір, (зонована схема)		
			м	надлишковий напір, м	перевищення, %	м	надлишковий напір, м	перевищення, %
1	1	22,0	49,03	27,03	123	30,26	8,26	38
2	2	22,0	48,13	26,13	119	29,05	7,05	32
3	3	22,0	48,17	26,17	119	28,13	6,13	28
4	4	22,0	45,41	23,41	106	25,97	3,97	18
5	5	22,0	46,32	24,32	111	26,53	4,53	21
6	6	26,0	43,65	17,65	68	26,00	0	0
7	7	26,0	46,87	20,87	80	29,31	3,31	13
8	8	26,0	47,96	21,96	85	30,30	4,30	17
9	9	26,0	50,55	24,55	94	31,34	5,34	21
10	10	26,0	49,71	23,71	91	28,71	2,71	10
11	11	26,0	46,84	20,84	80	26,02	0,02	0
12	12	26,0	46,43	20,43	79	26,29	0,29	1
13	13/1'	42,0	42,00	0	0	45,66	3,66	9
14	14/2'	42,0	44,31	2,31	6	44,27	2,27	5
15	3'	42,0	43,68	1,68	4	43,20	1,20	3
16	15	42,0	45,63	3,63	9	29,50	3,50	13
17	16/4'	42,0	47,66	5,66	14	42,00	0	0
18	5'	42,0	45,35	3,35	8	43,35	1,35	3
19	6'	42,0	47,77	5,77	14	45,91	3,91	9
20	7'	42,0	52,60	10,6	25	49,12	7,12	17
21	8'	42,0	42,96	0,96	2	46,49	4,49	11
22	9'	42,0	42,79	0,79	2	48,58	6,58	16
23	10'	42,0	45,27	3,27	8	48,69	6,69	16

Таблиця 3.14 — Порівняння вільних напорів однозонної та зонованої мереж для режиму пожежі при максимальному водоспоживанні

Номер вузла (централізована мережа)	Номер вузла (зонована мережа)	Потрібний вільний напір, м	Фактичний вільний напір, (централізована схема)			Фактичний вільний напір, (зонована схема)		
			м	надлишковий напір, м	перевищення, %	м	надлишковий напір, м	перевищення, %
1	1	10,0	24,13	14,13	141	19,41	9,41	94
2	2	10,0	22,45	12,45	125	17,47	7,47	75
3	3	10,0	23,11	13,11	131	15,62	5,62	56
4	4	10,0	19,36	9,36	94	12,20	2,2	22
5	5	10,0	19,85	9,85	99	11,94	1,94	19
6	6	10,0	15,83	5,83	58	12,79	2,79	28
7	7	10,0	19,98	9,98	100	17,02	7,02	70
8	8	10,0	20,88	10,88	109	17,22	7,22	72
9	9	10,0	24,34	14,34	143	18,70	8,7	87
10	10	10,0	23,27	13,27	133	15,04	5,04	50
11	11	10,0	19,96	9,96	100	10,57	0,57	6
12	12	10,0	19,15	9,15	92	10,00	0	0
13	13/1'	10,0	11,74	1,74	17	18,17	8,17	82
14	14/2'	10,0	14,14	4,14	41	15,70	5,7	57
15	3'	10,0	13,67	3,67	37	13,69	3,69	37
16	15	10,0	16,24	6,24	62	11,07	1,07	11
17	16/4'	10,0	18,19	8,19	82	10,00	0	0
18	5'	10,0	14,46	4,46	45	13,07	3,07	31
19	6'	10,0	15,97	5,97	60	14,59	4,59	46
20	7'	10,0	20,07	10,07	101	14,36	4,36	44
21	8'	10,0	10,00	0	0	17,76	7,76	78
22	9'	10,0	10,81	0,81	8	19,37	9,37	94
23	10'	10,0	13,59	3,59	36	19,01	9,01	90

Результати дослідження показують, що зонування водопровідної мережі дозволяє знизити тиск в трубопроводах та кількість енергії, що витрачається на підйом води в точку підключення напірних водоводів насосної станції II підйому до мережі.

Якщо при роботі централізованої мережі в 17 точках напір перевищував 45 м, що потребувало встановлення додаткового обладнання для гасіння надлишкового напору. То при зонуванні мережі населеного пункту їх число зменшилось до 6.

Крім того, в першому випадку максимальне перевищення фактичного напору над потрібним склало 27,03 м або 123%, в той час як в зонованій мережі — 8,26 м або 38%.

Графічне порівняння фактичних напорів в централізованій та зонованій водопровідній мережі міста в годину максимального водоспоживання наведено на рис. 3.8.

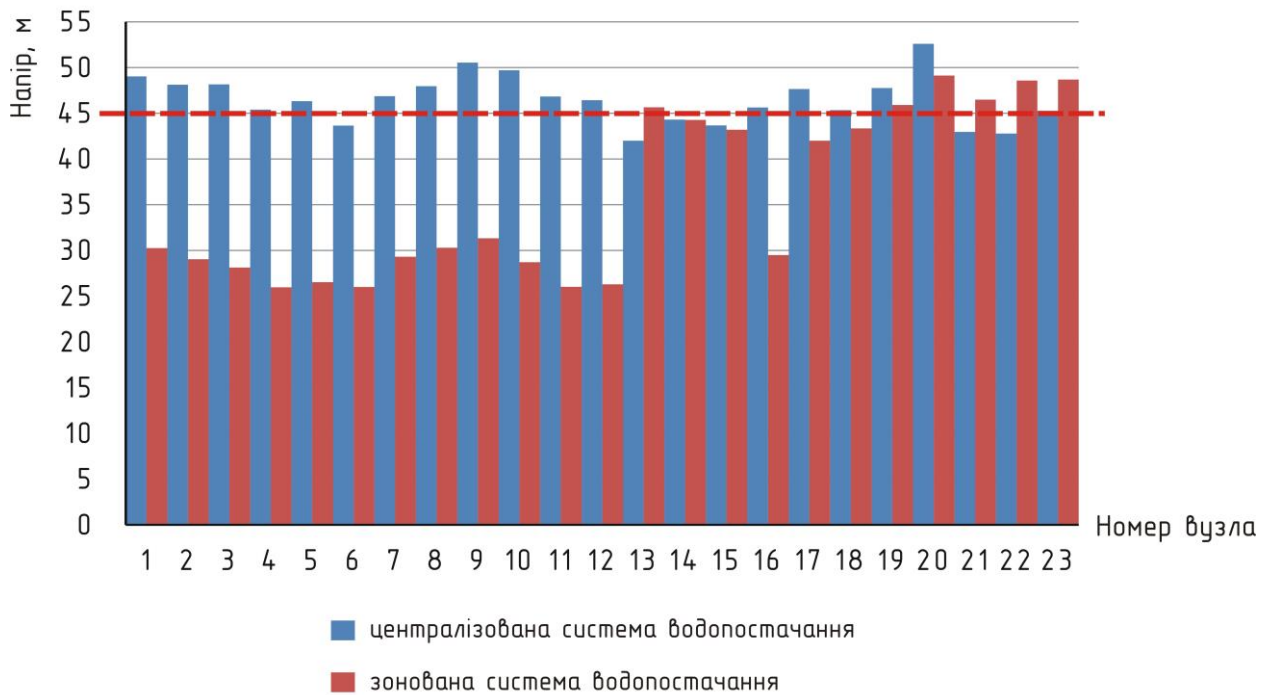


Рисунок 3.8 — Порівняння вільних напорів в централізованій та зонованій водопровідній мережі міста в годину максимального водоспоживання

3.5.2 Енергоспоживання насосної станції II підйому

Основним технологічним обладнанням системи подачі та розподілу води, яке споживає електроенергію, являються насосні агрегати. Витрати електроенергії визначаються за питомими витратами. Для насосної станції другого підйому середня питома витрата електроенергії обчислюється за формулою:

$$\rho_{сер.} = 0,01 \times \sum (P_i \times \rho_i), \quad (3.14)$$

де P_i – погодинна подача насосів, % загальних витрат на добу.

ρ_i – питома витрата електроенергії в дану годину.

$$\rho_i = \sum N / \sum Q, \quad (3.15)$$

де $\sum N$ – сумарна потужність одночасно працюючих двигунів, кВт,

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

Централізована система водопостачання:

Для першого ступеню роботи насосної станції другого підйому: $P_1 = 1,54\%$ (7 годин), працює один насос потужністю 315 кВт із загальною подачею $Q_I = 314,2 \text{ л/с} = 1131,0 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\rho_I = 315 / 1131,0 = 0,2785 \text{ кВт год/м}^3.$$

Для другого ступеню роботи насосної станції другого підйому: $P_2 = 5,25\%$ (17 годин), працює чотири насоси потужністю по 315 кВт кожний із загальною подачею $Q_{II} = 1071,0 \text{ л/с} = 3855,6 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\rho_2 = 4 \times 315 / 3855,6 = 0,3268 \text{ кВт год/м}^3.$$

$$\rho_{сер.} = 0,01 (1,54 \times 7 \times 0,2785 + 5,25 \times 17 \times 0,3268) = 0,3217 \text{ кВт год/м}^3.$$

Річні витрати електроенергії:

$$E_p = Q_{\text{доб}} \times n \times \rho_{\text{сер}}, \quad (3.16)$$

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

n – число днів роботи насосів за рік.

$$E_p = 73440,4 \times 365 \times 0,3217 = 8623408,5 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії визначається за формулою:

$$C_{\text{ел}} = E_p \times C, \quad (3.17)$$

де C – ціна 1кВт·год електроенергії [13], $C = 1,72072$ грн/кВт·год.

$$C_{\text{ел}} = 8623408,5 \times 1,72072 = 14838471,47 \text{ грн.}$$

Зонована система водопостачання:

І зона

Для першого ступеню роботи насосної станції другого підйому:
 $P_1 = 1,33\%$ (7 годин), працює два насоси потужністю 75 кВт із загальною подачею $Q_I = 153,7$ л/с = 553,4 м³/год.

$$\rho_I = 2 \times 75 / 553,4 = 0,2711 \text{ кВт год/м}^3.$$

Для другого ступеню роботи насосної станції другого підйому:
 $P_2 = 5,34\%$ (17 годин), працює 7 насосів потужністю по 75 кВт кожний із загальною подачею $Q_{II} = 617,2$ л/с = 2222,1 м³/год.

$$\rho_2 = 7 \times 75 / 2222,1 = 0,2363 \text{ кВт год/м}^3.$$

$$\rho_{\text{сер}} = 0,01 (1,33 \times 7 \times 0,2711 + 5,34 \times 17 \times 0,2363) = 0,2398 \text{ кВт год/м}^3.$$

Річні витрати електроенергії:

$$E_p = 41611,6 \times 365 \times 0,2398 = 3642138,51 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії визначається за формулою:

$$C_{ел} = 3642138,51 \times 1,72072 = 6267100,58 \text{ грн.}$$

II зона

Для першого ступеню роботи насосної станції другого підйому: $P_1 = 1,47\%$ (7 годин), працює один насос потужністю 132 кВт із загальною подачею $Q_I = 130,0 \text{ л/с} = 467,9 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\rho_1 = 132 / 467,9 = 0,2821 \text{ кВт год/м}^3.$$

Для другого ступеню роботи насосної станції другого підйому: $P_2 = 5,28\%$ (17 годин), працює чотири насоси потужністю по 132 кВт кожний із загальною подачею $Q_{II} = 466,8 \text{ л/с} = 1680,6 \text{ м}^3/\text{год}$.

$$\rho_2 = 4 \times 132 / 1680,6 = 0,3142 \text{ кВт год/м}^3.$$

$$\rho_{сер} = 0,01 (1,47 \times 7 \times 0,2821 + 5,28 \times 17 \times 0,3142) = 0,3111 \text{ кВт год/м}^3.$$

Річні витрати електроенергії:

$$E_p = 31828,8 \times 365 \times 0,3111 = 3614207,98 \text{ кВт}$$

Вартість електроенергії визначається за формулою:

$$C_{ел} = 3614207,98 \times 1,72072 = 6219039,96 \text{ грн.}$$

Загальна річна вартість електроенергії для обслуговування I та II зон водопровідної мережі населеного пункту дорівнює:

$$C_{ел.заг} = 6267100,58 + 6219039,96 = 12486140,54 \text{ грн.}$$

що складає 84% від вартості електроенергії для роботи насосів насосної станції II підйому централізованої системи водопостачання міста. Тобто зонування мережі дозволило знизити витрату електроенергії на 16%.

РОЗДІЛ 4

ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

4.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів ділянки експлуатації водопровідних мереж

Система подачі і розподілу води представляє собою трубопроводи, якими питна вода надходить на побутові та промислові потреби споживачів населеного пункту. Експлуатацією водопровідної мережі займаються експлуатаційні і ремонтно-аварійні бригади. Серед їх основних функцій — управління роботою мережі, нагляд за станом водопровідних трубопроводів та споруд, ремонтні роботи, ліквідація аварійних ситуацій та промивання трубопроводів.

Вся система подачі та розподілу води — мережа трубопроводів та необхідні резервуари влаштовуються згідно вимог державних норм і правил. Всі водопровідні лінії обладнуються пожежними гідрантами та необхідною запірною-регулюючою арматурою.

З огляду на конструкцію та оснащеність мереж, при роботі на них присутні наступні небезпечні і шкідливі виробничі фактори:

- рухомі машини та механізми, транспортний рух на ділянках роботи;
- незахищені струмоведучі частини електрообладнання, підземні електричні кабелі;
- розташовані поряд аварійні будівлі, споруди та інші трубопроводи;
- підтоплення котлованів, траншей та колодязів, наявність шкідливих газів та сумішей — метану, аміаку, вуглекислого або чадного газу та інших;
- шкідливі компоненти, що виділяються під час зварювальних робіт;
- робота в глибоких колодязях, на їх стінках та горловинах;
- захаращеність робочого місця інструментом та матеріалами;
- недостатня освітленість у вечірній та нічний час;
- низька температура повітря у холодний період року.

4.2 Заходи з поліпшення умов праці

До початку роботи монтажник зовнішніх трубопроводів обов'язково має пройти первинний інструктаж, а далі проходити повторний через кожні 3 місяці.

Перед початком робіт серед зруйнованих або ушкоджених будівель та споруд проводяться інженерні роботи з оцінки безпеки перебування людей поблизу або безпосередньо в спорудах. Це необхідно для того, щоб поштовхи ґрунту, які виникають при деяких видах робіт, не спровокували їх повне руйнування та травмування робітників.

При роботі в водопровідних колодязях необхідно дотримуватись техніки безпеки, переміщуватись за допомогою встановлених металевих дужок, за потреби використовувати переносні драбини.

Колодязі, що обслуговують мережі діаметром 700 мм та більше, обов'язково обладнуються робочим майданчиком для безпеки обслуговуючого персоналу. На трубопроводах діаметром 2000 мм і більше можливо влаштування робочих майданчиків на консолях.

Також для безпеки робітників, перед початком роботи в колодязі, з боку прямування машин та міського транспорту на відстані 5 метрів від колодязя встановлюється спеціальний попереджувальний знак. Якщо робота проводиться безпосередньо на автомобільному шляху, то один з робітників повинен постійно стежити за рухом машин та не допускати до місця роботи сторонніх осіб.

Відкривання і закривання люків колодязів проводиться за допомогою спеціальних гаків та з використанням захисних рукавиць. Незалежно від наявності в колодязі шкідливих газів, категорично забороняється спускатися в нього без рятувального ременя з мотузкою.

Особлива увага повинна приділятися роботі в темний час доби. В цей період робітники зобов'язані подавати сигнали водіям транспорту червоним

ліхтарем. Тимчасово відкриті колодязі слід огороджувати, щоб уникнути потрапляння в них людей або автотранспорту.

Засувки, розташовані в колодязях, рекомендується відкривати або закривати ключем-вилкою на довгій штанзі, не спускаючись у колодязь. Кількість людей у бригаді для роботи в колодязі повинна бути не менше трьох. При цьому на глибині має право знаходитися лише одна людина, а інші повинні залишатися нагорі.

Один з них тримає мотузку від захисного ременя робітника, що знаходиться в колодязі, спостерігає за його безпекою, стежить за шлангом протигазу та при необхідності негайно піднімає людину вгору. Інший подає в колодязь необхідні інструменти і матеріали та охороняє робочу ділянку від сторонніх людей та автотранспорту. Забороняється доручати людині, що спостерігає за робітником у колодязі, ще якісь роботи до виходу працюючого на поверхню.

При виконанні земляних робіт необхідно дотримуватись наступних правил:

- надійно огородити траншею або котлован по всьому периметру та встановити спеціальні попереджувальні знаки;
- при влаштуванні траншей залишити берми шириною не менше 0,5 м від її краю;
- не складати на берми інструмент та матеріали;
- використовувати для спуску в котловани і великі траншеї драбини шириною не менше 0,75 м;
- при земляних роботах на вуличних проїздах для переходу через котлован або траншею влаштовувати містки шириною не менше 1 м з перилами висотою 1 м по обидва боки;
- категорично забороняється спускатись на глибину по розпірках кріплення;
- забороняється розробляти ґрунт методом підкопу.

При виявленні в укосах великих каменів робітники повинні залишити небезпечні місця, а камені спустити до низу укосу або вийняти. Кріплення стінок котловану або траншеї потрібно розбирати обережно та поступово.

Монтажні і демонтажні роботи здійснюються з врахуванням ваги матеріалів. Труби, фасонні частини, інструмент та пристрої вагою не більше 80 кг опускаються в колодязі, котловани або траншеї вручну за допомогою каната без вузлів. При цьому канат повинен бути розрахований на подвійну масу. Для вантажу понад 80 кг використовується автокран, або, при його відсутності, спеціальні блоки і талі, встановлені на триногах і козлах. Якщо в роботі задіяно кілька робітників і на кожного припадає не більше 50 кг вантажу, дозволяється опустити його вручну.

Перед початком вантажних робіт троси необхідно старанно оглядати. Щоб запобігти можливому травмуванню, перед опусканням вантажу робітник, який подає його з землі, подає звуковий сигнал і починає опускання тільки після отримання відповідного сигналу від працівника, що знаходиться на глибині. Цей робітник, в свою чергу, після одержання сигналу має відійти від місця, куди буде спущений вантаж. При цьому направляти трос на барабани лебідки рукою або ногою забороняється.

Також не дозволяється розпочинати ремонтні роботи на трубопроводах і апаратах при наявності в них надлишкового тиску.

При проведенні робіт на засувках і вентилях арматури відключення вішають плакати «Не відкривати – працюють люди», на відкритих вентилях дренажів — «Не закривати – працюють люди», а на місці виконання робіт — «Працювати тут».

4.3 Виробнича санітарія

Роботи на зовнішній мережі проводяться в спецодягу відповідно до пори року. До початку необхідно впевнитися у відсутності в траншеї, котловані або колодязі води, а при необхідності застосувати заходи по її відведенню.

Слід звернути увагу, що метан або болотний газ, який утворюється при повільному розкладанні рослинних залишків без доступу кисню, із ґрунту потрапляє в колектори та колодязі. Крім того, він є складовою частиною промислового газу і в разі несправності газопроводу може потрапляти у колодязі. Тому, при роботі слід використовувати сигналізатори – аналізатори газу, які автоматично вимірюють його концентрацію в повітрі в будівлях, спорудах або на відкритих майданчиках.

При наявності підвищеної концентрації небезпечних газів, всі роботи повинні проводитись виключно в ізолюючих протигазах. Крім того, необхідно вентилювати колодязь витяжним вентилятором протягом 5-10 хв. Якщо приборами зафіксована нестача кисню, то в колодязь вентилятором нагнітається свіже повітря.

Метан та суміші горючих газів відносяться до легкозаймистих речовин і можуть спричинити вибух, тому категорично забороняється використовувати відкритий вогонь в колодязі та поблизу нього. В тому числі не дозволяється палити, випалювати газу, застосовувати сірники або палаючий папір для визначення їх присутності.

При роботі в колодязі у протигазі з викидним шлангом кожні 10 хвилин необхідно робити перерви не менше 10-15 хвилин і проводити їх на чистому повітрі. Слід взяти до уваги, що робітник дихає одним і тим самим повітрям, яке регенерується безпосередньо в протигазі. Тому можлива поява головного болю, неприємного відчуття в роті або нестачі дихання. В такому разі слід негайно залишити загазовану ділянку і зняти протигаз.

4.4 Освітлення

Місце проведення робіт, відкриті котловани, траншеї та колодязі необхідно добре освітлювати в вечірній та нічний час, а при поганій видимості і в денний період. Освітлення від електромережі напругою 220 В допускається в разі подачі живлення спеціальним кабелем до закритих прожекторів, або якщо висота підвісу світильника становить понад 2 м і він закріплений на стійких і міцних опорах.

В котлованах, траншеях, колодязях, трубах і в вологих приміщеннях дозволяється користуватися освітленням від мережі напругою не вище 12 В або освітленням від переносних акумуляторних установок. Для зниження напруги електричного струму застосовуються спеціальні переносні трансформатори.

4.5 Електробезпека

Робота по улаштуванню і обслуговуванню трубопроводів та споруд на них супроводжується небезпекою ураження електричним струмом від розташованих поблизу робочої ділянки або безпосередньо на ній електричних мереж.

Щоб уникнути ураження працюючих електричним струмом необхідно заздалегідь обстежити територію та виявити місця проходження електричних кабелів. При наявності кабелю в місці розкопки слід надійно його підвісити, уникаючи провисання і розриву.

Всі роботи по зварюванню повинні проводитись в присутності і під безпосереднім керівництвом керівника робіт. Зварювання всередині трубопроводу можна виконувати виключно з робочою вентиляцією. При цьому забороняється одночасно працювати газо- та електрозварнику. При необхідності внутрішнього зварювання або зовнішнього після атмосферних опадів, працівник має користуватися діелектричними рукавицями, калошами, килимком та діелектричним шоломом.

4.6 Засоби індивідуального захисту

Монтажник зовнішніх трубопроводів забезпечується спеціальним одягом, взуттям та іншими засобами індивідуального захисту. Крім того, для підтримання належного санітарно-гігієнічного стану всім працівникам безкоштовно надається мило та інші миючі засоби.

Таблиця 4.1 — Перелік засобів індивідуального захисту монтажника зовнішніх трубопроводів

Поз.	Найменування	Термін використання
1	Костюм бавовняний 3Ми	12 міс.
2	Рукавиці бавовняні з накладками із винилискожі	до зносу
3	Черевики шкіряні Мп	12 міс.
4	Каска захисна	24 міс.
5	Окуляри захисні	до зносу
Для робіт в холодний період (додатково)		
6	Куртка бавовняна на утепленій підкладці Тн	36 міс.
7	Штани бавовняні на утепленій підкладці Тн	36 міс.
8	Валяне взуття Тн20	48 міс.
9	Галоші на валяне взуття	24 міс.
10	Підшоломник	24 міс.
Для виконання робіт в колодязі та ін. (додатково)		
11	Ремінь запобіжний	згідно інструкції

Таким чином, в розділі «Охорона праці та техногенна безпека» проаналізовані потенційно небезпечні та шкідливі фактори виробничого середовища — ділянки улаштування та ремонту зовнішніх водопровідних мереж та розроблені заходи з поліпшення умов праці і безпеки виробництва.

Висновки і пропозиції

1. Частим недоліком централізованої мережі водопостачання є значні надлишкові напори в окремих районах населеного пункту. Тому при певних місцевих умовах її доцільно розділити на декілька самостійних зон, які живляться від окремих мереж.
2. Витрати на електроенергію для роботи насосів насосної станції II підйому є однією з найбільш вагомих статей при розрахунку поточних витрат і собівартості очистки та подачі питної води. Згідно статистики по Україні вони складають 30,7% від загального тарифу на водопостачання.
3. Результати дослідження населеного пункту показали, що при однозонній мережі напір води в 17 точках перевищував 45 м, а при зонуванні число таких точок зменшилось до 6. Також для централізованої мережі максимальне перевищення фактичного напору над потрібним склало 27,03 м або 123%, в той час як для зонованої — 8,26 м або 38%.
4. Загальна річна вартість електроенергії для роботи насосів насосної станції II підйому зонованої мережі водопостачання міста склала 84% від вартості електроенергії для обслуговування централізованої системи. Тобто зонування дозволило знизити енергоємність насосів на 16%.
5. Оскільки при зонуванні мережі, поряд зі скорочення експлуатаційних витрат на підйом та розподіл води, збільшується вартість водоводів, насосного обладнання та резервуарів, рішення про влаштування зон має прийматися на підставі техніко-економічного порівняння варіантів з врахуванням рельєфу місцевості та конфігурації населеного пункту.

Використана література

1. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с.
2. Лякмунд А.Л. Совершенствование расчетов подачи и распределения воды с использование статистической модели водопотребления : автореф. дис. канд. техн. наук: 05.23.04 / Акад. комун. хоз-ва им. К.Д. Памфилова. Москва, 1988. 19 с.
3. Водопотребление и вопросы проектирования и эксплуатации систем коммунального водоснабжения. Сб. научных трудов АКХ. Вып. 155 / под ред. М.Л. Майзельса. Москва: ОНТИ АКХ, 1978. 96 с.
4. Ткачук А.А., Хоружий П.Д. Исследование процесса водоразбора на водопроводных сетях. *Строительство и архитектура*. Новосибирск, 1982. №10. С. 120-123.
5. Исаев В.Н., Мхитарян М.Г. Структура водопотребления в хозяйственно-питьевом водоснабжении. *Водоснабжение и санитарная техника*. Москва, 1991. №6. С. 16-17.
6. Петросов В.А. Теоретичне обґрунтування і розробка методів інтенсифікації систем водозабезпечення: дис. докт. техн. наук: 05.23.04 / ХДТУБА. Харків, 2001. 473 с.
7. Свигцов А.П. Гидравлические и технологические основы водосбережения в жилищном фонде: автореф. дис. д-ра техн. наук: 05.23.16: 05.23.04 / Рос. Ун-т дружбы народов (РУДН). Москва, 2003. 36 с.
8. Каримов Р.Х. Программное обеспечение гидравлических и оптимизационных расчетов. *Водоснабжение и санитарная техника*. Москва, 1998. №1. С. 16-17.
9. В.Н. Исаев, М.Г. Мхитарян. Экономия воды в структуре водопотребления. *Сантехника*. 2005. Вып.3. URL https://www.abok.ru/for_spec/articles.php?nid=2907 (дата звернення: 15.10.1019).

- 10.Українець М.О. Водопровідні мережі (теорія і практика): навч.посібник / Запорізька державна інженерна академія. Запоріжжя: ЗДІА, 2002. 186 с.
- 11.Ткачук О.А., Шадюра В.О. Водопровідні мережі: навч.посібник / Нац. ун-т водного госп-ва та природокористування. Рівне: НУВГП, 2004. 117 с.
- 12.Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. Москва: Стройиздат, 1984. 116 с.
- 13.ПАТ «Запоріжжяобленерго». *Тарифи на електропостачання для підприємств*. URL <http://www.zoe.com.ua/предприятия/> (дата звернення: 05.12.1019).
- 14.Національна комісія, що здійснює державне регулювання у сферах енергетики та комунальних послуг (НКРЕКП) URL <https://www.nerc.gov.ua/> (дата звернення: 05.12.1019).
- 15.Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди. Київ: Вища школа, 1993. 262 с.
- 16.Ильин В.Г. Расчет совместной работы насосов, водопроводных сетей и резервуаров. Киев: Госстройиздат УССР, 1963. 136 с.
- 17.Ткачук О. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів: монографія. Рівне: НУВГП, 2008. 301 с.
- 18.Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение: Курсовое проектирование. Киев: Высшая школа, 1980. 207 с.
- 19.Залуцкий Э.В., Петрухно А.Н. Насосные станции. Курсовое проектирование. Киев: Высшая школа, 1987. 168 с.
- 20.Князевский Б.А. и др. Охрана труда. Москва: Высшая школа, 1982. 311 с.