МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему: **«АНАЛІЗ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ РОБОТИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВОДІВ»**

Виконав: магістрант 2 курсу, група 8.1923-вв-д
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
освітньо-професійної програми «Водопостачання та водовідведення»
ЗАБАШТА МАКСИМ ОЛЕГОВИЧ

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

Рецензент: завідувач кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук _____ А. В. Банах

Запоріжжя
2024

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«02» 09 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Забашті Максиму Олеговичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Аналіз техніко-економічних показників роботи водопровідної мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів

2. Строк подання роботи: *05.12.2024*

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

4. *Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Аналіз особливостей використання трубопроводів із різних матеріалів. 1.1 Особливості транспортування води в умовах воєнного стану. 1.2 Аналіз сучасного стану водопровідних мереж. 1.3 Аналіз переваг та недоліків експлуатації мереж транспортування води із різних матеріалів. 1.4 Аналіз надійності мереж транспортування води. 1.5 Задачі кваліфікаційної роботи. 2.Методика дослідження гідравлічних та техніко-економічних показників мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів. 2.1 Вихідні схеми об'єктів дослідження. 2.2 Методика дослідження гідравлічних та техніко-економічних показників мережі. 3. Розрахунок технічних показників водопровідної мережі. 3.1 Визначення режиму водоспоживання. 3.2 Визначення вузлових і шляхових витрат. 3.3 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі. 3.4 Гідравлічний розрахунок мереж транспортування води. 3.5 Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі. 3.6 Аналіз тиску в мережі транспортування води ВМ2. 4. Розрахунок економічних показників мережі. 4.1 Розрахунок витрат на електроенергію для всіх типів мережі ВМ1. 4.2 Розрахунок основної заробітної плати. 4.3 Розрахунок мережі із чавунних труб. 4.4 Розрахунок комбінованої мережі ВМ1-2 (із чавунних та азбестоцементних труб). 4.5 Розрахунок мережі з азбестоцементних труб. 4.6 Розрахунок мережі із пластмасових труб. Висновки.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
Генплан об'єктів дослідження 2. Вихідні п'єзометричні карти мереж ВМ1 та В
3.Аналіз гідравлічних та конструктивних параметрів для трубопроводів з р
матеріалів. 4. П'єзометричні карти та лінії для мереж з азбестоцементних
пластикових труб. 5. Аналіз гідравлічних та техніко-економічних показників мережі В
6. П'єзометричні карти та п'єзометричні лінії для мережі ВМ 2 з різних матер
7.Карти розташування зон недостатнього тиску 8.Діаграма зміни вільного тиску в
аваріях.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 02.09 2024

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Пр. к
1	Розділ 1. Аналіз особливостей використання трубопроводів із різних матеріалів.	01.07. 24	
2	Розділ 2. Методика дослідження гідравлічних та техніко-економічних показників мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів. Лист 1.	15.10.24	
3	Розділ 3. Розрахунок технічних показників водопровідної мережі.	05.11.24	
4	Листи 2,3.	10.11.24	
	Розділ 4. Розрахунок економічних показників мережі	20.11.24	
5	Листи 4,5.	25.11.24	
6	Листи 6-8.	30.11.24	
10	Презентація підготовка доповіді.	06.11.24	

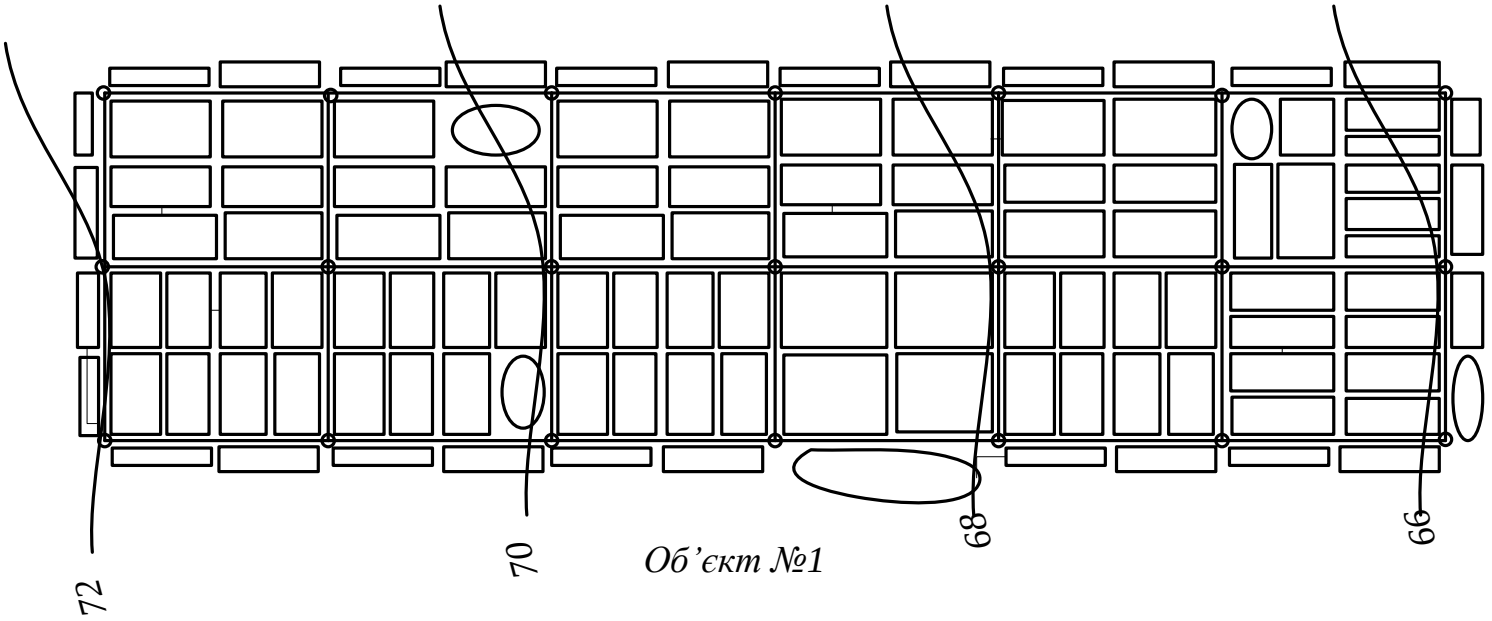
Студент _____ М.О. Забашта
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

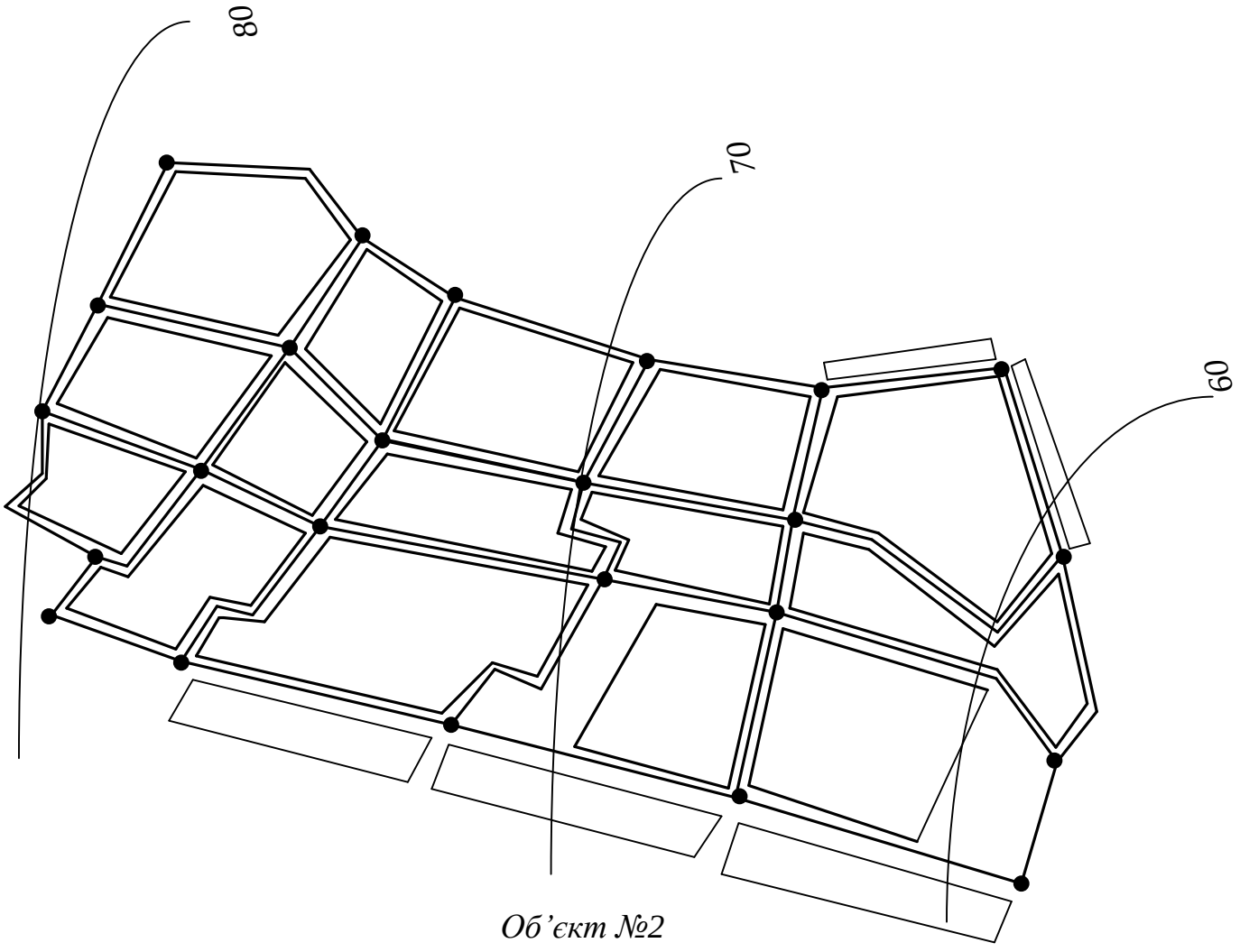
Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер _____ О.В. Гребенюк
(підпис) (ініціали та прізвище)

ПЛАН М 1: 20000



Об'єкт №1



Об'єкт №2

АНОТАЦІЯ

Забашта М. О. Аналіз техніко-економічних показників роботи водопровідної мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – будівництво та цивільна інженерія. Науковий керівник – Добровольська Оксана Григорівна, Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні. Кафедра міського будівництва і архітектури, 2024 р.

Виконано аналіз гідравлічних режимів роботи мережі транспортування води та техніко-економічних показників її роботи з урахуванням матеріалу трубопроводів. Розроблена методика та рекомендації стосовно вибору матеріалів для реконструкції пошкоджених ділянок та забезпеченню оптимальних режимів експлуатації водопровідних мереж.

Ключові слова: ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК; МАТЕРІАЛ ТРУБОПРОВОДІВ; ВІЛЬНІ ТИСКИ; П’ЄЗОМЕТРИЧНІ КАРТИ; ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНІ ПОКАЗНИКИ.

ANNOTATION

Zabashta M. O. Analysis of technical and economic indicators of the water supply network operation taking into account the material of the pipelines.

Qualification final work for obtaining a master's degree in specialty 192 - construction and civil engineering. Scientific advisor – Dobrovolska Oksana Hryhorivna, Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu. M. Potebnia. Department of Urban Construction and Architecture, 2024.

An analysis of the hydraulic modes of operation of the water transportation network and technical and economic indicators of its operation taking into account the material of the pipelines was performed. A methodology and recommendations were developed regarding the selection of materials for the reconstruction of damaged areas and ensuring optimal operating modes of water supply networks.

Keywords: HYDRAULIC CALCULATION; PIPELINE MATERIAL; FREE PRESSURES; PIEZOMETRIC MAPS; TECHNICAL AND ECONOMIC INDICATORS.

ЗМІСТ

Вступ……...……..8
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ ІЗ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ……...10
1.1 Особливості транспортування води в умовах воєнного стану……...10
1.2 Аналіз сучасного стану водопровідних мереж……..…12
1.3 Аналіз переваг та недоліків експлуатації мереж транспортування води із різних матеріалів…….……..……16
1.4 Аналіз надійності мереж транспортування води……..23
1.5 Задачі кваліфікаційної роботи……26
РОЗДІЛ 2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВОДІВ……..…….27
2.1 Вихідні схеми об’єктів дослідження ……27
2.2 Методика дослідження гідравлічних та техніко-економічних показників мережі…….30
РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ……..…33
3.1 Визначення режиму водоспоживання……..……33
3.1.1 Особливості гідравлічних режимів мережі ВМ1……..33
3.1.2 Аналіз гідравлічних режимів мережі ВМ2……33
3.2 Визначення вузлових і шляхових витрат……..…34
3.2.1 Визначення розрахункових витрат для мережі ВМ1……34
3.2.2 Розрахунок витрат для мережі ВМ2……...……39
3.3 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі……41
3.3.1 Визначення попереднього розподілу потоків для мережі ВМ1……...41
3.3.2 Визначення попереднього розподілу потоків для мережі ВМ2…...……45
3.4 Гідравлічний розрахунок мереж транспортування води…….……45
3.4.1 Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1…..……45
3.4.2 Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2……..……45

3.5 Визначення п’єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі……51
3.5.1 Розрахунок п’єзометричної карти для мережі ВМ1…….51
3.5.2 Розрахунок п’єзометричної карти для мережі ВМ2…….53
3.6 Аналіз тиску в мережі транспортування води ВМ2……53
РОЗДІЛ 4. РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖІ…….57
4.1 Розрахунок витрат на електроенергію для всіх типів мережі ВМ1……57
4.2 Розрахунок основної заробітної плати……...…58
4.3 Розрахунок мережі із чавунних труб…….59
4.4 Розрахунок комбінованої мережі ВМ1-2 (із чавунних та азбестоцементних труб)……61
4.5 Розрахунок мережі з азбестоцементних труб……...……64
4.6 Розрахунок мережі із пластмасових труб……..…66
ВИСНОВКИ……...……70
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……72
ДОДАТОК А…….75
ДОДАТОК Б……..……77
ДОДАТОК В…….……79
ДОДАТОК Г…….……81
ДОДАТОК Д……115

ВСТУП

Актуальність теми кваліфікаційної роботи.

Проєктування, будівництво, реконструкція та відновлення інженерних комунікацій є одним із найбільш відповідальних етапів відбудови зруйнованої міської інфраструктури. Оптимальні результати при розв'язанні таких задач можна одержати шляхом поєднання методів варіантного проєктування та техніко-економічних розрахунків інженерних мереж з урахуванням матеріалу трубопроводів, гідравлічних режимів роботи водопровідної мережі в аварійних ситуаціях, можливості резервування ділянок. Ці заходи є ключовими для вибору оптимальних рішень при відбудові міської інфраструктури, що в майбутньому забезпечить якість транспортування води до споживачів та надійність роботи систем водопостачання.

Об'єкт дослідження — мережі транспортування води.

Предмет дослідження – гідравлічні та техніко-економічні показники роботи водопровідних мереж з урахуванням матеріалу трубопроводів.

Мета дослідження – розробка рекомендацій стосовно будівництва, реконструкції та модернізації водопровідних мереж за результатами аналізу гідравлічних та техніко-економічних показників роботи з урахуванням матеріалу трубопроводів.

Задачі дослідження:

– розробка схематичних моделей мереж транспортування води з урахуванням матеріалів її ділянок: чавунних, азбестоцементних, пластмасових трубопроводів та комбінованих мереж;

– моделювання аварійних режимів роботи мережі із полімерних матеріалів;

– гідравлічні розрахунки мереж із вказаних матеріалів;

– розрахунок п'єзометричних карт для систем транспортування води на основі результатів гідравлічних розрахунків;

– розрахунок техніко-економічних показників роботи мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів.

Методи дослідження. При плануванні, проведенні досліджень, обробці та аналізі отриманих результатів використані методи математичного моделювання, методи гідравлічних розрахунків мереж транспортування води.

Практичне значення отриманих результатів. Результати виконаних гідравлічних та техніко-економічних розрахунків можуть бути використані для реконструкції та відбудови зруйнованої інфраструктури міст внаслідок проведення бойових дій.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на І Міжнародній науково-практичній конференції «Інженерні інновації та розбудова національної економіки» Інженерного навчально-наукового інституту ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету 09–10 травня 2024 року [1].

Структура та обсяг роботи. Робота складається із вступу, 4 розділів, висновків, списку використаних джерел. Робота викладена на сторінках, містить таблиць, рисунків, додатків , джерел.

РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ОСОБЛИВОСТЕЙ ВИКОРИСТАННЯ ТРУБОПРОВОДІВ ІЗ РІЗНИХ МАТЕРІАЛІВ

1.1 Особливості транспортування води в умовах воєнного стану

Транспортування води в умовах воєнного стану, як свідчить досвід країн, що перебували у стані війни [2, 3], має низку особливостей, пов'язаних з обмеженнями, ризиками та вимогами щодо забезпечення безперервного постачання населення та військових частин питною водою. Основні особливості транспортування води в таких умовах включають:

А) Безпеку транспортування води, що містить не тільки застосування існуючих інженерних комунікацій, але й особливості транспортування питної води у міста та населені пункти з повністю зруйнованими комунікаціями [4]:

- захист транспортних засобів: транспорт, що перевозить воду, може бути ціллю для ворожих атак, тому необхідно забезпечити його захист, що може включати бронювання автоцистерн або супровід транспортних засобів військовими чи поліцією;

- маршрути транспортування: вибір безпечних маршрутів є ключовим завданням, оскільки пошкоджені дороги, зони бойових дій або окуповані території можуть робити деякі шляхи непрохідними або небезпечними.

Б). Екстрену логістику:

- оперативне планування: у випадках аварійних ситуацій чи руйнування інфраструктури (водопроводів, насосних станцій), постачання води повинно бути негайно перенаправлене на альтернативні джерела або організоване шляхом доставлення автоцистернами [5];
- мобільність: транспортні засоби для доставлення води повинні бути максимально мобільними, здатними пересуватися в умовах руйнувань або на тимчасових дорогах, часто поганої якості.

В) Контроль якості води:

- забезпечення якості води: військові дії можуть забруднити водні джерела або пошкодити водоочисні споруди, тому важливо мати мобільні

системи для очищення та фільтрації води, щоб гарантувати її безпечність для споживання [6];

- регулярне тестування: потрібне постійне тестування води на наявність шкідливих хімічних або біологічних забруднювачів, оскільки можливі атаки або аварії можуть призвести до серйозного забруднення водних ресурсів.

Г) Пріоритетність постачання

- забезпечення критично важливих об'єктів: В умовах воєнного стану пріоритетом є забезпечення водою військових частин, лікарень, дитячих закладів та інших критичних об'єктів;
- резервні запаси: створення резервів питної води на критично важливих об’єктах на випадок обмеження або припинення постачання води через бойові дії.

Д) Масштабування та управління:

- централізоване управління водопостачанням: Необхідне чітке управління ресурсами та координація дій між військовими, місцевими органами влади та постачальниками води для ефективного транспортування в умовах хаосу;
- залучення волонтерів: окрім державних і військових служб, можуть бути залучені волонтерські організації для доставлення води в складнодоступні або небезпечні райони.

К) Пошук альтернативних джерел води:

- аварійні джерела: військові дії можуть порушити роботу звичайної інфраструктури, тому потрібно використовувати мобільні резервуари або альтернативні джерела води [7] (наприклад, колодязі, джерела, привізна вода з інших регіонів);
- залучення мобільних водоочисних установок [8]: для забезпечення населення питною водою можна використовувати пересувні водоочисні установки, які дозволяють фільтрувати та очищати воду на місці.

Л) Гуманітарні місії:

- міжнародна допомога: Часто транспортування води або надання мобільних установок для її очищення відбувається в рамках міжнародних гуманітарних місій, важливо налагоджувати контакти та взаємодію з міжнародними організаціями для швидкого отримання допомоги.

М) Відновлення інфраструктури:

- ремонт та модернізація: відновлення пошкоджених або зруйнованих водопроводів і водоочисних станцій має бути швидким і пріоритетним завданням для забезпечення постійного доступу до води в умовах бойових дій або після них.

Державне водне агентство [9] розробило Державну цільову програму щодо комплексного водозабезпечення територій, постраждалих від воєнних дій, на період до 2030 року, яка була затверджена Урядом. Програма передбачає реалізацію заходів за такими напрямками:

- спорудження систем водопостачання, включаючи будівництво водопроводів, відновлення та модернізацію каналів;
- будівництво, реконструкцію та капітальний ремонт гідротехнічних споруд, а також розчищення й регулювання річищ річок та водойм;
- використання підземних вод для диверсифікації джерел водопостачання.

Таким чином, особливості транспортування води в умовах воєнного стану полягають у необхідності забезпечення безпеки, швидкості доставлення, контролю якості води та адаптації до складних і нестабільних умов. Важливу роль грає координація з місцевими органами влади, військовими та міжнародними організаціями для ефективного розв'язання питань забезпечення водою населення та критично важливих об'єктів.

1.2 Аналіз сучасного стану водопровідних мереж

Аналіз сучасного стану водопровідних мереж вказує на значні виклики, з якими стикаються системи водопостачання у багатьох країнах. Ці проблеми включають застарілу інфраструктуру, втрати води, забруднення джерел та збільшення навантаження на мережі через зростання населення і кліматичні

зміни. Ось основні аспекти, що характеризують сучасний стан водопровідних мереж.

Застаріла інфраструктура залишилась ще з вісімдесятих років, головними ознаками якої залишаються:

- фізичний знос мереж: багато водопровідних систем у містах та сільській місцевості функціонують десятиліттями без належної модернізації, металеві труби, що використовувалися раніше, схильні до корозії та пошкоджень, що призводить до частих аварій. Наприклад, за даними [10] у м. Запоріжжя загальна довжина водопровідних мереж, які обслуговує комунальне підприємство «Водоканал», становить 2503 км, з них 640 км потребують негайної заміни через часті витоки. Основною причиною пошкоджень є фізичний знос і корозія.
- часті аварії та витоки: Через зношеність труб відбувається значна кількість проривів, що спричиняє втрати води та підвищені витрати на ремонтні роботи.

Втрати води в результаті пошкоджень окремих водопровідних ділянок є актуальною проблемою, особливо в умовах воєнного стану:

- високі показники втрат води [11]: як видно з діаграми на рис.1, у багатьох містах втрати води через витоки можуть становити від 30% до 50% від загального обсягу води, що подається до системи. Це відбувається через ненадійні труби та непередбачувані аварії, особливо в старих мережах.



Рисунок 1 – Стан мереж транспортування води

- недостатнє технічне обслуговування: брак коштів на підтримку мережі та своєчасний ремонт призводить до хронічних втрат води, що погіршує ситуацію з водопостачанням у певних регіонах.

Аварійний стан водопровідних мереж приводить до забруднення питної води на шляху її транспортування споживачам, головними причинами цієї проблеми являються:

- змішування питної та каналізаційної води: Через дефекти в системах, що є проблемою не тільки для країн, що знаходяться у стані війни [12, 13] часто відбувається потрапляння стічних вод до питних, що може викликати серйозні проблеми з якістю води, включаючи поширення інфекційних захворювань.
- аналіз забруднення підземних вод, як свідчать фахівці [14] має актуальне значення для оцінювання ризиків та напрацювання стратегії управління якістю водопостачання: У місцях, де водопостачання здійснюється з підземних джерел, існує ризик забруднення води через промислові та сільськогосподарські забруднювачі.

Зростання попиту на воду пов’язується зі збільшенням кількості мешканців міст:

- демографічне зростання: збільшення населення у містах створює додаткове навантаження на водопровідні мережі, в умовах війни це вимушена «урбанізація» для мешканців зруйнованих населених пунктів та селищ, але це вимагає розширення та модернізації інфраструктури для забезпечення потреб наростального населення;
- зростання споживання у промисловості та сільському господарстві: збільшення потреб у воді з боку промисловості та сільського господарства також призводить до перенавантаження мереж.

Кліматичні зміни, як свідчать закордонні фахівці [15, 16, 17], є також вагомою причиною дефіциту питної води у всьому світі, аналогічна проблема стосується й України, що проявляється такими факторами:

- дефіцитом води: зміни клімату призводять до частіших засух та коливань у водопостачанні, в умовах зменшення кількості опадів та підвищення температур потреба в адаптації мереж водопостачання до нових умов стає дедалі актуальнішою;
- затоплення та руйнування: погодні катаклізми, такі як сильні зливи та повені, можуть руйнувати водопровідні мережі, призводячи до перебоїв у водопостачанні та пошкоджень систем.

Недостатнє фінансування також негативно впливає на якість водозабезпечення. Наприклад, обмежені інвестиції: через брак фінансування у багатьох країнах модернізація водопровідних мереж відкладається або відбувається частково. Це спричиняє зношеність мереж і часті аварії. Своєю чергою відсутність комплексного підходу може впливати наступним чином: іноді модернізація проводиться на рівні окремих сегментів мереж, що не вирішує проблем на системному рівні. Тому потрібен більш цілісний підхід до розвитку інфраструктури.

В таких умовах потрібні інноваційні рішення. Так використання сучасних матеріалів та сучасних технологій дозволяють використовувати пластик і композитні матеріали для будівництва труб, що мають підвищену стійкість до корозії та довший термін служби.

Необхідно застосовувати інтелектуальні системи контролю: використання сенсорів для моніторингу тиску і витоків у реальному часі [18], що дозволяє швидше реагувати на аварії та попереджати великі втрати води.

Своєю чергою недосконаліть регулювання технологічних процесів водопідготовки та неефективні системи регулювання і контролю за якістю води та станом водопровідних мереж призводять до погіршення умов водопостачання.

Застосування геоінформаційних систем моніторингу за станом мереж транспортування води (рис. 2) дозволяє оперативно ліквідувати аварійні ситуації на мережах, усувати їх наслідки та ефективно застосовувати профілактичні заходи. Відсутність ефективної системи моніторингу, що є

особливістю при реконструкції інженерних комунікацій в зруйнованих населених пунктах, ускладнює швидке виявлення та усунення проблем.



Рисунок 2 – Застосування геоінформаційних технологій для моніторингу стану водопровідних мереж

Сучасний стан водопровідних мереж у багатьох містах є критичним через застарілу інфраструктуру. часті втрати води та забруднення. Існує гостра потреба в масштабних інвестиціях, модернізації та впровадженні інноваційних технологій для поліпшення якості водопостачання, зниження витрат на ремонти та адаптації мереж до кліматичних змін. Розв’язання цих проблем потребує комплексного підходу та активної участі державних і приватних інституцій.

1.3 Аналіз переваг та недоліків експлуатації мереж транспортування води із різних матеріалів

Мережі транспортування води можуть будуватися із різних матеріалів, кожен з яких має свої переваги та недоліки [19]. Вибір матеріалу для водопровідних труб залежить від багатьох факторів, включаючи вартість, тривалість експлуатації, стійкість до корозії, легкість монтажу та екологічні вимоги. Стан мереж транспортування води змінюється в процесі експлуатації

[20, 21], зміна стану внутрішньої поверхні трубопроводів негативно впливає на якість водопостачання [15] Найбільша проблема в умовах воєнного стану – руйнування систем водопостачання і водовідведення, у підприємств одразу виникає потреба у фінансуванні заходів з відновлення робочого стану мереж чи обладнання.

Сталеві трубопроводи застосовуються переважно при будівництві магістральних мереж. Зовнішня поверхня сталевих трубопроводів змінюється під дією корозії внаслідок впливу властивостей ґрунтів, а внутрішньої поверхні – знаходиться під впливом корозійних властивостей води.

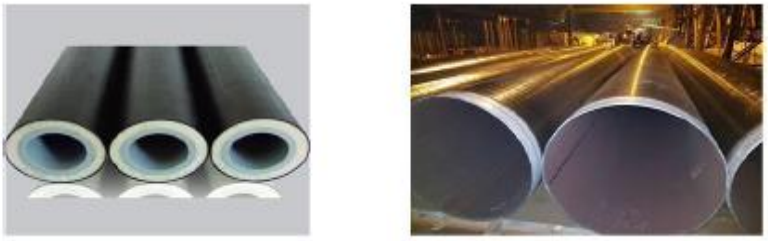


Рисунок 3 – Захист сталевих трубопроводів від корозійних процесів: нанесення захисних матеріалів на внутрішню поверхню

Перевагою застосування сталевих труб є їх міцність: сталеві труби мають високу механічну міцність, що робить їх стійкими до пошкоджень під час транспортування і монтажу. Вагоме значення має високий робочий тиск: сталеві труби добре витримують високий тиск, що робить їх відповідними для великих магістральних водопроводів. Сталеві труби витримують високі температури та не піддаються займанням.

Недоліки:

- корозія: Сталь схильна до корозії, особливо в умовах високої вологості або при контакті з агресивними середовищами. Це значно зменшує тривалість експлуатації та вимагає додаткового захисту (оцинковування або нанесення антикорозійних покриттів).

- висока вартість: Вартість сталевих труб і робіт по їх монтажу може бути високою.
- складність монтажу: Сталеві труби важкі та вимагають спеціальних інструментів для монтажу та з'єднання.

Чавунні трубопроводи та необхідні фасонні частини до них застосовуються відповідно до ГОСТ 9583-95 діаметром до 1200 мм, довжиною від 2 до 7 м класів ЛА, А та Б на максимальний робочий тиск – до 3,5-4,0 МПа. Характеристики чавунних труб приведені на рис. 4 [19].



Технічна характеристика чавунних труб.

Умовний прохід, мм	Максимальний тиск, МПа		
	ЛА	А	Б
300	2,5	3,5	4,0
350–600	2,0	3,0	3,5
700–1200	2.0	2,5	3,0

Рисунок 4 – Трубопроводи з чавуну

Переваги застосування:

- Тривалий термін експлуатації: Чавунні труби можуть експлуатуватися десятиліттями, якщо вони правильно встановлені та захищені від корозії.
- Висока стійкість до пошкоджень: Чавунні труби добре витримують механічні навантаження та удари.
- Шумопоглинання: Завдяки своїй масивності чавунні труби добре поглинають шум, що може бути важливим у житлових зонах.

Головні недоліки пояснюються наступними факторами:

- корозія: попри тривалий термін експлуатації, чавун схильний до корозії. Потрібен захист від зовнішніх впливів, таких як покриття епоксидною смолою або інші антикорозійні методи.
- крихкість: чавунні труби можуть бути крихкими та схильними до руйнування при сильних ударах або під час сильних навантажень.

- велика вага: як і сталеві, чавунні труби важкі, що ускладнює їх транспортування та монтаж.

В Україні для будівництва водопровідних мереж застосовують пластмасові труби двох типів: поліетиленові, полівінілхлоридові, поліпропіленові та вініпластові (рис. 5).



Рисунок 5 – Пластмасові труби

Пластмасові труби взагалі мають суттєві переваги для експлуатації:

- стійкість до корозії: поліетиленові труби не піддаються корозії, що робить їх довговічними у вологому середовищі та при контакті з хімічними речовинами;
- гнучкість: ці труби є досить гнучкими, що дозволяє їм краще пристосовуватися до змін у ґрунті або до коливань температури;
- простота монтажу: Завдяки малій вазі та можливості використовувати термозварювання для з'єднання, поліетиленові труби легко монтуються.

Недоліки:

- низька міцність при високих температурах: поліетиленові труби мають обмежену термостійкість, що робить їх непридатними для використання при високих температурах або в умовах, де потрібна вогнестійкість;
- механічна міцність: вони менш міцні, ніж сталь або чавун, тому можуть пошкоджуватися під час ударів або механічного впливу.

На рис. 6 показані окремі види пластмасових трубопроводів, проаналізуємо особливості їх застосування для будівництва та експлуатації.

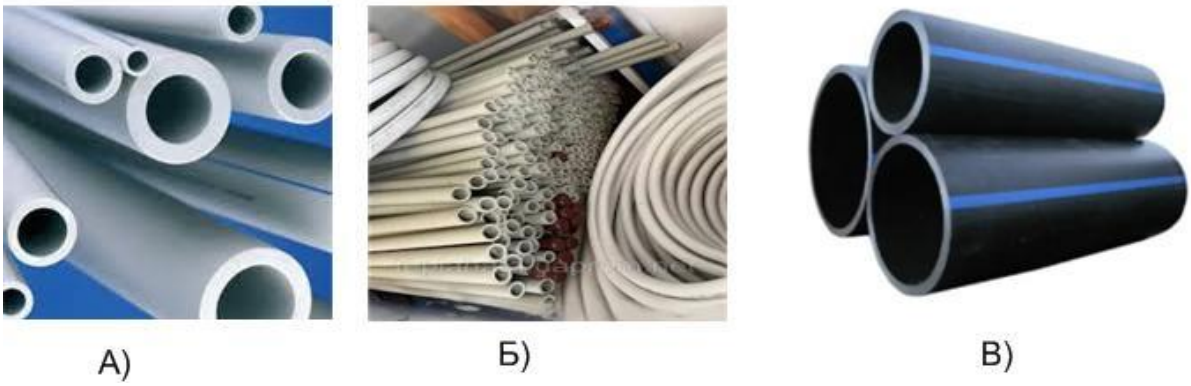


Рисунок 6 – Вили пластмасових трубопроводів: А) полівінілхлоридові, Б) поліпропіленові, В) поліетиленові

Полівінілхлоридові (PVC) труби відрізняються наступними перевагами у застосуванні:

- низькою вартістю: PVC-труби є відносно дешевими, що робить їх популярними для водопроводів у житлових та сільських районах.
- корозійною стійкістю: Як і інші пластикові матеріали, PVC не піддається корозії.
- легкою вагою та простотою монтажу: Труби з PVC легкі і легко монтуються, не потребуючи складних інструментів.

Але мають такі недоліки:

- крихкість при низьких температурах: PVC-труби можуть стати крихкими при низьких температурах, що збільшує ризик їх пошкодження.
- токсичність при горінні: При високих температурах PVC виділяє токсичні гази, що є небезпечним у випадку пожежі.
- обмежений робочий тиск: PVC має обмеження за тиском, тому його не можна використовувати для високонапірних магістралей.

Поліпропіленові труби (PP) мають наступні переваги:

- високу стійкість до хімічних впливів: поліпропілен стійкий до більшості хімічних речовин, що робить його придатним для водопостачання та каналізаційних систем;

- термостійкість: РР-труби можуть витримувати високі температури, що робить їх відповідними для гарячого водопостачання;
- низьку вагу та простоту монтажу: труби легко транспортуються та монтуються, що знижує витрати на їх встановлення.

Їх недоліки:

- обмеження по міцності: поліпропіленові труби не такі міцні, як металеві, що робить їх менш стійкими до механічних пошкоджень;
- схильність до деформації: РР-труби можуть деформуватися під впливом високих температур або механічних навантажень.

Залізобетонні напірні труби (рис. 7) застосовують 3 класів [2]: I – витримують тиск 1,5МПа, II – витримують тиск 1,0 МПа, III – витримують тиск 0,5 МПа.



Рисунок 7 – Залізобетонні труби

Такі труби зручні в експлуатаці, тому що мають корозійну стійкість, діелектричність; здатність зберігати гладку поверхню при експлуатації [19].

Але мають невелику довжину та значну вагу.

Азбестоцементні труби (рис. 8) застосовуть наступних типів ВТ-6, ВТ-9, ВТ-12, ВТ-15 та витримуь тиски 0,6; 0,9; 1,2; 1,5 МПа.



А) Б)

А) трубопроводи; Б) муфти

Рисунок 8 – Азбестоцементні труби

Азбестоцементні труби мають невелику масу, не піддатні електрокорозії тому що мають діелектричність, гладку внутрішню поверхню та більшу пропускну здатність і низьку вартість. Але азбестоцементні труби крихкі та мають значну металомісткість стикових з'єднань.

Мідні труби (рис. 9) мають тривалий термін експлуатації, вони



Рисунок 9 – Мідні трубопроводи

стійкі до корозії та бактеріального забруднення. Мідь досить гнучка, що дозволяє створювати системи з вигинами без втрати надійності має антимікробні властивості, що запобігає росту бактерій у водопровідних системах. Але мідь є дорогою в порівнянні з іншими матеріалами, що може збільшувати загальну вартість будівництва водопровідних мереж. Через

високу вартість мідь часто є об'єктом крадіжок на будівельних майданчиках або під час ремонту.

Вибір матеріалу для водопровідних мереж залежить від багатьох факторів, таких як середовище експлуатації, вартість, вимоги до тиску, термостійкість та стійкість до корозії. Металеві труби (сталь, чавун) мають високу міцність, але схильні до корозії та мають складність монтажу. Пластикові матеріали (поліетилен, PVC, поліпропілен) мають легкість монтажу та стійкість до корозії, але можуть мати обмеження щодо робочого тиску і температур. Мідні труби забезпечують довговічність та біологічну безпеку, проте мають високу вартість.

1.4 Аналіз надійності мереж транспортування води

Аналіз надійності мереж транспортування води є важливим для забезпечення безперебійного водопостачання та уникнення ризиків, пов'язаних з перебоями у водопостачанні, аваріями або пошкодженнями. Надійність водопровідних мереж залежить від багатьох факторів, включаючи стан інфраструктури, використані матеріали, умови експлуатації та рівень обслуговування. Розглянемо основні аспекти, що впливають на надійність таких мереж.

Фізичний стан та знос мережі зумовлюють ступінь застарілості інфраструктури. Багато водопровідних мереж функціонують десятиліттями, що призводить до природного зношування труб і фітингів. Застарілі мережі схильні до частих аварій, корозії та тріщин, що значно знижує їх надійність.

Вибір матеріалу трубопроводів при їх будівництві та реконструкції також впливають на тривалість експлуатації мереж [22]. Використані матеріали відіграють ключову роль у надійності системи. Металеві труби, особливо сталеві та чавунні, схильні до корозії, що з часом може призвести до утворення отворів та втрат води. Пластикові труби (PVC, PE) менш схильні до корозії, але можуть мати інші слабкі сторони, наприклад, знижена стійкість до механічних пошкоджень або зміни температури.

На якість та тривалість експлуатації впливають також особливості технології монтажу та герметизації. Наприклад, якщо під час встановлення труб використовуються неякісні матеріали або недосконалі методи монтажу, це може знизити надійність системи. Неналежні з'єднання, неправильний монтаж або низька якість герметизації можуть призвести до витоків, що збільшує ризик аварій. У місцях з'єднання труб (наприклад, фітинги, зварювальні шви) виникають додаткові ризики. Висока ймовірність витоків у зонах з'єднання може знижувати загальну надійність системи.

На тривалість функціонування та надійність мережі впливають особливості її експлуатації, пов’язані з тиском і гідравлічними навантаженнями. Так мережі, що працюють під високим тиском, зазнають більших навантажень, що може призводити до швидшого зношування труб та фітингів. Нестабільний тиск або гідроудари (раптові зміни тиску) також можуть пошкодити труби, особливо старі або ті, що виготовлені з крихких матеріалів.

Актуальне значення має впровадження сучасних технологій та заходів для контролю тиску, що може значно підвищити надійність водопровідних мереж, дозволяючи вчасно реагувати на зміни в системі та уникати пошкоджень [18].

Екологічні умови експлуатації також суттєво впливають на надійність водопостачання. У регіонах з підвищеною вологістю або агресивним складом ґрунтів (наприклад, з високим вмістом кислот або солей) металеві труби схильні до прискореної корозії. Це може призвести до зниження надійності та швидкого виходу з ладу водопровідної системи. У регіонах з екстремальними температурними коливаннями труби можуть зазнавати додаткових навантажень через розширення або стискання матеріалів. Це особливо стосується пластикових труб, які менш стійкі до різких змін температури.

Налагоджена система технічного обслуговування та профілактичні заходи подовжують термін експлуатації мереж.: Регулярне технічне

обслуговування водопровідних мереж є ключовим фактором забезпечення їх надійності. Профілактичні перевірки, моніторинг стану труб і своєчасне виявлення проблем допомагають уникати великих аварій та витоків. Важливо своєчасно замінювати або ремонтувати зношені частини мережі. Недостатнє або нерегулярне обслуговування призводить до погіршення загального стану системи і збільшує ризик аварій.

Одним із головних показників ненадійності мереж є втрати води через витоки. У багатьох старих системах втрата води може сягати 30–50% через пошкоджені або зношені труби. Це не лише знижує ефективність системи, але й підвищує витрати на постачання води.

Впровадження сучасних систем моніторингу витоків у режимі реального часу дозволяє вчасно виявляти проблеми та швидко їх усувати, підвищуючи надійність мережі.

У старих або неправильно змонтованих системах частіше трапляються аварії, що призводить до перерв у водопостачанні та високих витрат на ремонт. Аварії можуть бути спричинені механічними пошкодженнями, гідравлічними ударами, корозією або іншими факторами [23].

Надійність системи також залежить від здатності швидко реагувати на аварійні ситуації. Чим швидше проблема виявляється та усувається, тим менші наслідки для водопостачання.

Впровадження інноваційних технологій та інтелектуальних систем контролю є важливими заходами для забезпечення надійності мереж транспортування води. Сучасні водопровідні мережі можуть бути оснащені системами моніторингу і автоматизації, які дозволяють контролювати тиск, витоки та стан труб у режимі реального часу. Це допомагає попереджати аварії і підвищувати загальну надійність системи.

Поява нових матеріалів, таких як композити або полімери з підвищеною стійкістю до корозії та механічних впливів, дозволяє збільшити термін служби труб та знизити ймовірність аварій.

Таким чином, надійність мереж транспортування води залежить від комплексу факторів, включаючи вибір матеріалів, технології монтажу, підтримку належного рівня тиску, умови експлуатації та рівень технічного обслуговування. Найбільш надійними є системи, що використовують сучасні матеріали (наприклад, полімери або композити) і обладнані інтелектуальними системами моніторингу. Однак навіть найкращі матеріали і технології потребують регулярного обслуговування і своєчасної модернізації для підтримки належного рівня надійності.

1.5 Задачі кваліфікаційної роботи

Виконання кваліфікаційної роботи проводиться з метою розробки рекомендацій для будівництва, реконструкції та модернізації водопровідних мереж з урахуванням матеріалу трубопроводів за результатами аналізу гідравлічних та техніко-економічних показників роботи.

Задачі кваліфікаційної роботи**:**

- розробка схем моделей водопровідних мереж з урахуванням матеріалів їхніх ділянок: чавунних, азбестоцементних, пластикових труб та комбінованих мереж;

- моделювання аварійних режимів роботи мереж з чавунних та пластикових трубопроводів;

- проведення гідравлічних розрахунків для мереж, виготовлених із зазначених матеріалів;

- створення п'єзометричних карт для водопровідних систем на основі результатів гідравлічних розрахунків;

- обчислення техніко-економічних показників роботи мережі з урахуванням типу трубопроводів.

РОЗДІЛ 2 МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ ТА ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖІ З УРАХУВАННЯМ МАТЕРІАЛУ ТРУБОПРОВОДІВ

2.1 Вихідні схеми об'єктів дослідження

Об'єктами дослідження є водопровідні мережі ВМ1 та ВМ2. Водопровідна мережа ВМ1 складається з 12 кілець та має 21 вузол і 32 ділянки. Водонапірна башта розташована на початку мережі на найвищій позначці місцевості 72 м, в т.1 (рис 2.1).

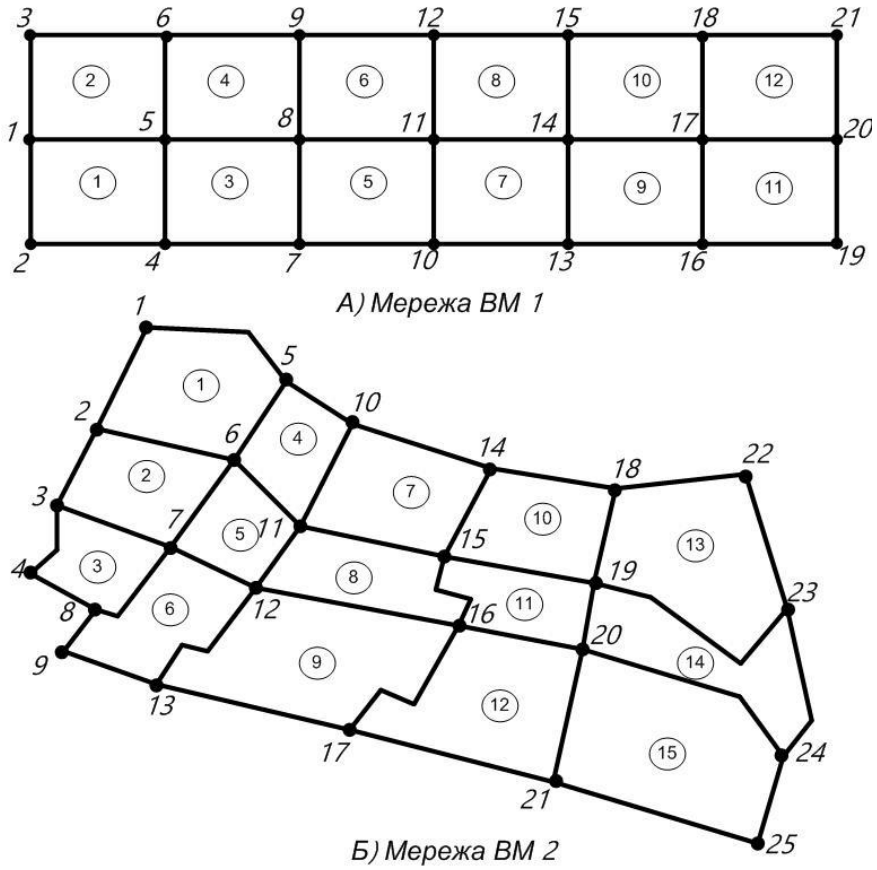


Рисунок 2.1 – Вихідні схеми об'єктів дослідження

Основним джерелом живлення є насосна станція другого підйому, точка підключення водоводів до мережі т.1.

Для мережі ВМ1 дослідження виконано з урахуванням наступних матеріалів трубопроводів: чавунних труб ВМ1–1; комбінованої мережі з (чавунних та азбестоцементних) труб ВМ1–2; азбестоцементних труб ВМ1–3; пластмасових труб ВМ1–4.

Всі схеми працюють за однаковим режимом. Розрахунок мережі проводиться за двостороннім відбором води. Довжина магістральних ліній в кожному кільці дорівнює 900 м, а перемичок 700 м. Питома витрата для мережі буде однаковою, також однаковими будуть шляхові та вузлові витрати в певних точках розбору: 1 – 20 =53,44 л/с; 2 – 3 – 19 – 21 =37,18 л/с; 4 – 6 – 7 – 9 – 10 – 12 – 13 – 15 – 16 – 18 = 58,09 л/с та 5 – 8 – 11 – 14 – 17 =74,36 л/с.

Для визначення діаметру ділянок водопровідної мережі, прийняте значення економічного фактору Е = 1.

Враховуючи, що максимально можливий діаметр азбестоцементних труб D= 500 мм, а витрата води за економічним фактором Е=1, потребує більшого умовного проходу була прийнята така схема мережі (рис. 2.2).

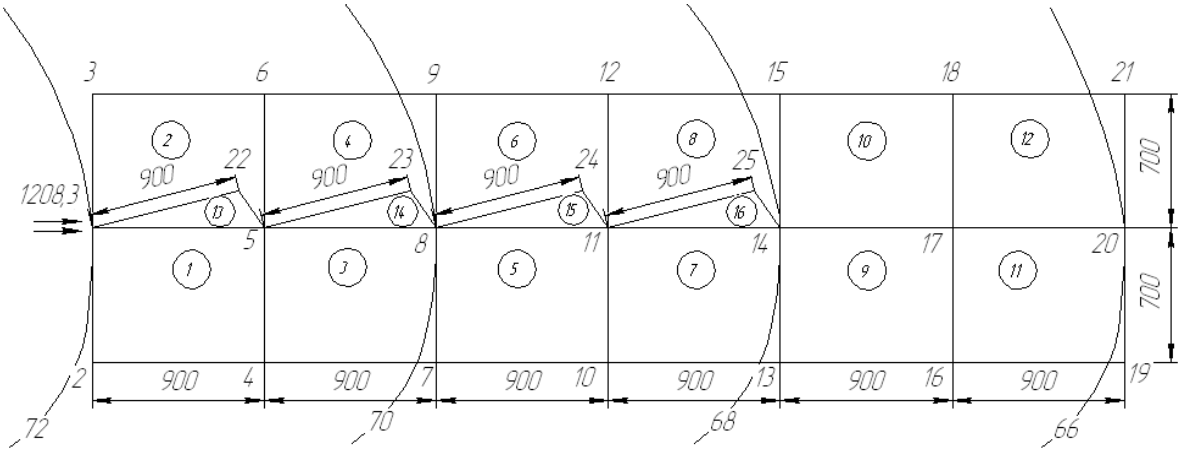


Рисунок 2.2 – Схема мережі ВМ1–3 з азбестоцементних труб

Ця мережа складається з 16 кілець і має 25 вузлів. На ділянках 2, 9, 14, 19 магістралі передбачаються з двох паралельних трубопроводів одного діаметра.

Початкова витрата води, яка подається в мережу від насосної станції другого підйому розподіляється по чотирьох ділянках замість трьох як на рис.2.1. Витрати які раніше призначалася на ділянки 2, 9, 14, 19 тепер діляться навпіл і призначаються однаковими на ділянках 2 – 34, 9 – 36, 14 – 38 та 19 – 40.

Водопровідна мережа ВМ2 складається з 15 кілець та має 25 вузол і 39 ділянок, вода від насосів другого підйому подається у вузол 3. Для

дослідження прийняті варіанти мережі ВМ1 з урахуванням матеріалу трубопроводів (табл. 2.1). Для мережі ВМ2 виконано моделювання аварійних ситуацій для 10 ділянок.

Таблиця 2.1 – Моделювання мереж транспортування води та аварійних режимів

№ п/п	Найменування об’єкта дослідження	Видl мережі	Матеріал трубопроводів
1	Мережа ВМ1–1	проєктована	чавун
2	Мережа ВМ1–2	проєктована	комбінована мережа (чавунні та азбестоцементні) труби);
3	Мережа ВМ1–3	проєктована	азбестоцементні) труби
4	Мережа ВМ1–4	проєктована	пластмасовіх труби
1	Мережа ВМ2	проєктована	поліетиленові
Аварійні ситуації для мережі ВМ2			
№	Аварійні випадки		Пошкоджена ділянка
1	Ситуація №1		6–2
2	Ситуація №2		11–6
3	Ситуація №3		15–11
4	Ситуація №4		19–15
5	Ситуація №5		12–11
6	Ситуація №6		7–3
7	Ситуація №7		12–7
8	Ситуація №8		12–16
9	Ситуація № 9		16–20
10	Ситуація №10		15–16

2.2 Методика дослідження гідравлічних та техніко-економічних показників мережі

Аналіз роботи водопровідної мережі з урахуванням матеріалу трубопроводів та аварійних режимів проведено за наступною методикою:

1) визначення розрахункових режимів роботи мережі та розрахунок вузлових і шляхових витрат води;

2) визначення початкового потокорозділу для прийнятих режимів роботи мереж при нормальному режимі роботи системи;

3) розрахунок діаметрів ділянок мережі та виконання гідравлічного розрахунку при нормальному режимі роботи мереж (див. таблицю 2.1);

4) визначення техніко-економічних показників для мережі ВМ1;

5) виконання гідравлічного перерахунку мережі ВМ2 при виникненні аварій на окремих ділянках, визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі при аваріях та розрахунок площі зон з недостатніми напорами при прийнятих аварійних ситуаціях для мережі ВМ2 (див. таблицю 2.1);

6) проведення аналізу зміни гідравлічних показників при аваріях в мережі ВМ2 та розробка рекомендацій щодо підвищення надійності роботи мережі.

Гідравлічний ув'язка водопровідної мережі ВМ1 для всіх варіантів моделювання матеріалу трубопроводів виконується за програмою ГІДРАСТ 3, мережі ВМ2 – з використанням програми «Plumbing». При визначенні вільного напору у вузлах мережі ВМ1 кількість поверхів в будівлях прийнято 9. Необхідний вільний напір мережі буде дорівнювати 42 м [24].

Економічний розрахунок мереж, виконується з урахуванням капітальних вкладень. Вартість трубопроводів приймається окремо, за узагальненими умовами та методикою виробництва робіт.

При визначені експлуатаційних затрат враховуються наступні статті: заробітна плата виробничих працівників, службовців, ІТР та МОП з відрахуванням на соціальне страхування; амортизаційні відрахування; премії;

витрати по охороні праці; зносу інструментів; електроенергію та інші витрати.

Відповідно до [24] втрати напору в трубопроводах рекомендується визначати за формулою:

$$i = k \cdot q^n / d^p, \qquad (2.1)$$

де q – розрахункова витрата води, л/с ;

d – розрахунковий внутрішній діаметр труби, м.

k, n і p – параметри, які відповідно до таблиці 2.2.

Аналізуючи гідравлічні ухили трубопроводів з різних матеріалів одержимо рівняння

$$\frac{i_1}{i_2} = \frac{k_1}{k_2} \cdot \frac{q_1^{n_1}}{q_2^{n_2}} \cdot \frac{d_2^{P_2}}{d_1^{P_1}}, \qquad (2.2)$$

Таблиця 2.2 – Аналіз показників ненових металевих труб і відповідних показників труб з інших матеріалів

№	Види розглянутих труб	Співвідношення характерстик і їх величина		
		k_1/k_2	n_1/n_2	P_2/P_1
1.	Нові металеві труби	0,969	1,039	0,95
2.	Азбестоцементні і металеві труби з внутрішнім пластмасовим чи полімерно-цементним покриттям	1,47	1,084	1,081
3.	Залізобетонні і металеві труби з внутрішнім цементно-піщаним покриттям нанесеним методом набризкування	1,028	1,084	1,081
4.	Залізобетонні і металеві труби з внутрішнім цементно-піщаним покриттям нанесеним методом центрифугування	1,168	1,084	1,081
5.	Пластмасові труби	1,649	1,110	1,127
6.	Скляні труби	1,517	1,110	1,127

Як видно з наведеної таблиці, на втрати напору при зміні труб найбільше впливає коефіцієнт k. Показники степенів n і p впливають менше, але їх вплив може збільшитись при перерозподілі втрат в ділянках тазміні діаметрів.

РОЗДІЛ 3. РОЗРАХУНОК ТЕХНІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1 Визначення режиму водоспоживання

3.1.1 Особливості гідравлічних режимів мережі ВМ1

Схема мережі ВМ1 – це схема з водопровідною вежею на її початку, відповідно до рекомендацій [19] гідравлічний – режимом максимального водопостачання.

Для будь-якої години витрата води визначається за формулою:

$$Q_{год.i} = K_{год.i} \cdot Q_{год.} \quad (3.1)$$

Якщо в формулу підставити величину максимального коефіцієнта годинної нерівномірності $K_{год.макс.}$=1,45 та максимальну добову витрату $Q_{год.макс.}$=72000 м^3/доб, то можна знайти витрату в годину максимального водоспоживання:

$$Q_{год.макс.} = K_{год.макс.} \cdot Q_{год.} = K_{год.макс} \cdot Q_{доб.макс.}/24, \quad (3.2)$$

$$Q_{год.макс.} = 1{,}45 \cdot \frac{72000}{24} = 4350 \text{ м}^3\text{/год.}$$

3.1.2 Аналіз гідравлічних режимів мережі ВМ2

Ммаксимальний коефіцієнт годинної нерівномірності:

$$K_{max} = \alpha_{max} \beta_{max}, \quad (3.3)$$

де α_{max} – коефіцієнт, який враховує доброустрій будівель [24];

β_{max} – коефіцієнт, який приймається з урахуванням кількості мешканців [24];

Розрахунки представлені в таблиці 3.1.

Таблиця 3.1 – Результати розрахунків коефіцієнтів нерівномірності для районів населеного пункту

Район	α_{imax}	β_{imax}	$K_{imax\ р.}$	$K_{imax\ табл.}$	$P_{ск}$
I	1,25	1,184	1,480	1,5	6,17
II	1,25	1,116	1,395	1,4	5,82
III	1,25	1,190	1,488	1,5	6,20

Режим витрати води на полив є рівномірним, двірники поливають протягом 4 годин зранку та ввечері, спеціальні поливочні машинами – протягом 14 годин у дві зміни. Годинна витрата води на полив:

$$Q_{г.пол.} = Q_{доб.пол.} / T_{пол,} \quad (3.4)$$

де $Q_{доб.пол}$ – витрата води на полив;

$T_{пол}$ – тривалість поливу.

Для господарсько-питного водоспоживання на підприємствах коефіцієнти годинної нерівномірності приймаються: 2,5 та 3 в гарячих цехах та холодних відповідно [24]. Вода на прийняття душу витрачається після зміни. Режим витрати води у технологічному процесі приймається рівномірнім. Результати розрахунків приведені в таблиці А.1 додатку А. За цими даними накреслено графік погодинного водоспоживання (рис. 3.1).

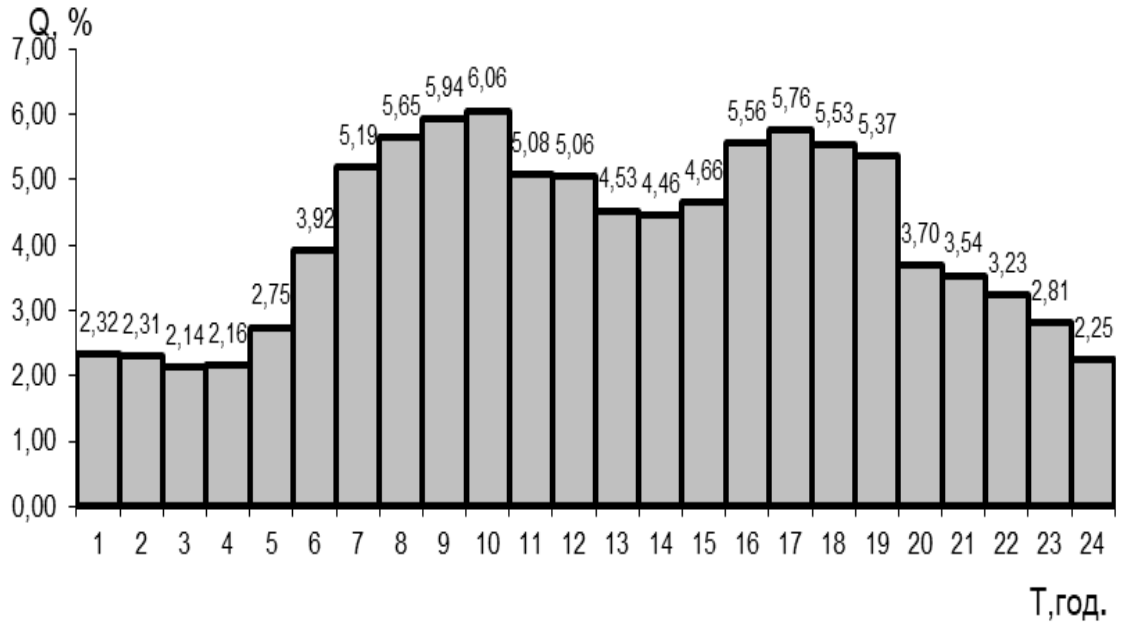


Рисунок 3.1 – Графік добового водоспоживання

3.2 Визначення вузлових і шляхових витрат

3.2.1 Визначення розрахункових витрат для мережі ВМ1

Питома витрата для мережі визначається за формулою:

$$q_{пит.} = \frac{Q_{сод.}}{\sum l}, \quad (3.5)$$

де $Q_{сод.}$ – повна витрата води за розрахункову годину, л/с;

$\sum l$ – загальна розрахункова довжина магістральних ліній, м.

Всі розрахунки зведені в таблицю 3.2.

Таблиця 3.2 – Питомі витрати води в добу максимального водоспоживання

Розрахунковий режим	$Q_{год}$, л/с	$\sum\lambda$, м	$q_{пит}$, л/(с·м)
Максимальний водорозбір	1208,3	26000	0,0465

Шляхова витрата для кожної ділянки визначається за формулою:

$$Q_{шл.}=q_{пит.}\cdot l_i, \quad (3.6)$$

де l_i – розрахункова довжина кожної ділянки, м.

Розрахунок шляхових витрат зведений в таблицю 3.3.

Величина вузлових витрат залежить від кількості ліній живлення вузла і розраховується за формулою:

$$Q_{вузл.} = 0{,}5 \cdot (\sum Q_{шл.}), \quad (3.7)$$

де $\sum Q_{шл}$ – сума шляхових витрат ділянок, які примикають к і-тому вузлу.

Таблиця 3.3 – Розрахунок шляхових витрат в добу максимального водоспоживання

№ ділянки	L,м	$Q_{пит}$	$Q_{шл}$
1	2	3	4
1-2	700	0,046473	32,5311
1-3	700	0,046473	32,5311
4-5	700	0,046473	32,5311
5-6	700	0,046473	32,5311
7-8	700	0,046473	32,5311
8-9	700	0,046473	32,5311
1	2	3	4
10-11	700	0,046473	32,5311
11-12	700	0,046473	32,5311

1	2	3	4
13-14	700	0,046473	32,5311
14-15	700	0,046473	32,5311
16-17	700	0,046473	32,5311
17-18	700	0,046473	32,5311
19-20	700	0,046473	32,5311
20-21	700	0,046473	32,5311
2-4	900	0,046473	41,8257
4-7	900	0,046473	41,8257
7-10	900	0,046473	41,8257
10-13	900	0,046473	41,8257
13-16	900	0,046473	41,8257
16-19	900	0,046473	41,8257
1-5	900	0,046473	41,8257
5-8	900	0,046473	41,8257
8-11	900	0,046473	41,8257
11-14	900	0,046473	41,8257
14-17	900	0,046473	41,8257
17-20	900	0,046473	41,8257
3-6	900	0,046473	41,8257
6-9	900	0,046473	41,8257
9-12	900	0,046473	41,8257
12-15	900	0,046473	41,8257
15-18	900	0,046473	41,8257
18-21	900	0,046473	41,8257
сума			1208,3

Розрахунок вузлових витрат зведений в таблицю 3.4.

За розрахованими вузловими витратами призначається попередній потокорозподіл.

Таблиця 3.4 – Розрахунок вузлових витрат для режиму максимального водорозбору

№ вузла	№ діл.	Q,шл л/с	Q,вуз. л/с
1	1-2	32,5311	53,44
	1-3	32,5311	
	1-5	41,8257	
2	1-2	32,5311	37,18
	2-4	41,8257	
3	1-3	32,5311	37,18
	3-6	41,8257	
4	2-4	41,8257	58,09
	4-5	32,5311	
	4-7	41,8257	
5	1-5	41,8257	74,36
	4-5	32,5311	
	5-6	32,5311	
	5-8	41,8257	
6	3-6	41,8257	58,09
	5-6	32,5311	
	6-9	41,8257	
7	4-7	41,8257	58,09
	7-8	32,5311	
	7-10	41,8257	
8	5-8	41,8257	74,36
	7-8	32,5311	
	8-9	32,5311	
	8-11	41,8257	
9	6-9	41,8257	58,09

	8-9	32,5311	
	9-12	41,8257	
10	7-10	41,8257	58,09
	10-11	32,5311	
	10-13	41,8257	
11	8-11	41,8257	74,36
	10-11	32,5311	
	11-12	32,5311	
	11-14	41,8257	
12	9-12	41,8257	58,09
	11-12	32,5311	
	12-15	41,8257	
13	10-13	41,8257	58,09
	13-14	32,5311	
	13-16	41,8257	
14	11-14	41,8257	74,36
	13-14	32,5311	
	14-15	32,5311	
	14-17	41,8257	
15	12-15	41,8257	58,09
	14-15	32,5311	
	15-18	41,8257	
16	13-16	41,8257	58,09
	16-17	32,5311	
	16-19	41,8257	
17	14-17	41,8257	74,36
	16-17	32,5311	
	17-18	32,5311	
	17-20	41,8257	

18	15-18	41,8257	58,09
	17-18	32,5311	
	18-21	41,8257	
19	16-19	32,5311	37,18
	19-20	41,8257	
20	17-20	32,5311	53,44
	19-20	32,5311	
	20-21	41,8257	
21	18-21	32,5311	37,18
	20-21	41,8257	
сума			1208,3

3.2.2 Розрахунок витрат для мережі ВМ2

Результати розрахунків питомих витрат з урахуванням загальної довжини трубопроводів показані в таблиці 3.5, шляхових витрат води – в таблиці 3.6, вузлових витрат – в таблиці 3.7.

Таблиця 3.5 – Питомі витрати води районів населеного пункту при максимальному водоспоживанні

№ р-ну	Витрата, Q, л/с	Загальна довжина трубопроводів, Σl_i, м	Питома витрата води на 1 м трубопроводу, $q_{пит.i}$, л/с*м
I	195,83	4180	0,0468
II	645,00	7060	0,0914
III	245,00	6080	0,0403
Всього	1085,83	17320	

Таблиця 3.6 – Результати розрахунків шляхових витрат по ділянках мережі для режиму максимального водоспоживання

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
1-2	500	0,0403	20,15
1-5	380	0,0403	15,31
2-6	600	0,0403	24,18
5-6	400	0,0403	16,12
2-3	180	0,0403	7,25
3-7	500	0,0403	20,15
6-7	500	0,0403	20,15
3-4	200	0,0403	8,06
4-8	150	0,0403	6,04
7-8	560	0,0403	22,57
8-9	140	0,0403	5,64
5-10	160	0,0403	6,45
6-11	400	0,0403	16,12
7-12	400	0,0403	16,12
9-13	200	0,0403	8,06
10-11	250	0,0403	32,91
	250	0,0914	
11-12	160	0,0403	21,06
	160	0,0914	
12-13	400	0,0403	52,66
	400	0,0914	
10-14	300	0,0914	27,41
14-15	440	0,0914	40,20
11-15	600	0,0914	54,82
15-16	420	0,0914	38,37
12-16	840	0,0914	76,74
16-17	800	0,0914	73,09
13-17	400	0,0914	36,54
14-18	250	0,0914	22,84
15-19	600	0,0914	54,82
16-20	500	0,0914	45,68
17-21	430	0,0914	39,28
18-19	210	0,0914	29,02
	210	0,0468	
19-20	150	0,0914	20,73
	150	0,0468	
20-21	310	0,0914	42,84

продовження таблиці 3.6

18-22	260	0,0468	12,18
22-23	310	0,0468	14,52
19-23	1000	0,0468	46,85
23-24	350	0,0468	16,40
20-24	960	0,0468	44,97
24-25	200	0,0468	9,37
21-25	430	0,0468	20,14
Всього	17320		1085,83

Зосереджені витрати відбираються для підприємства №1 – з вузла №9, для підприємства №2 – з вузла №25. Результати розрахунків вузлових витрат води для мережі ВМ2 представлені у таблиці Б.1 додатку Б.

3.3 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі

3.3.1 Визначення попереднього розподілу потоків для мережі ВМ1

Початковий потокорозділ необхідний для визначення витрат води по ділянках мережі та призначення діаметрів трубопроводів.

Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці починається з точок сходу потоків в мережі.

Витрату води у вузлі сходу розподіляється по ділянках водопровідної мережі, які сходяться у вузлі, додержуючись умови:

$$\Sigma q_{i-k} - Q_{\text{вузл}} = 0, \tag{3.8}$$

де Σq_{i-k} – алгебраїчна сума витрат води на ділянках, які приєднані до вузла, що розглядається;

$Q_{\text{вузл}}$. – відбір води з вузла, який розглядається.

Для визначення діаметрів ділянок мережі ВМ1 прийняте значення економічного фактору Е=1. Діаметри призначаються для таких матеріалів труб: чавунних; азбестоцементних і полімерних. Схема початкового потокорозподілу для мереж ВМ1–1 з чавунних труб, ВМ1–3 з азбестоцементних труб, мережі ВМ1–4 з полімерних труб показані на рис. 3.2–3.4, результати вибору діаметрів з урахуванням економічного фактору представлені на листі №3 графічної частини кваліфікаційної роботи.

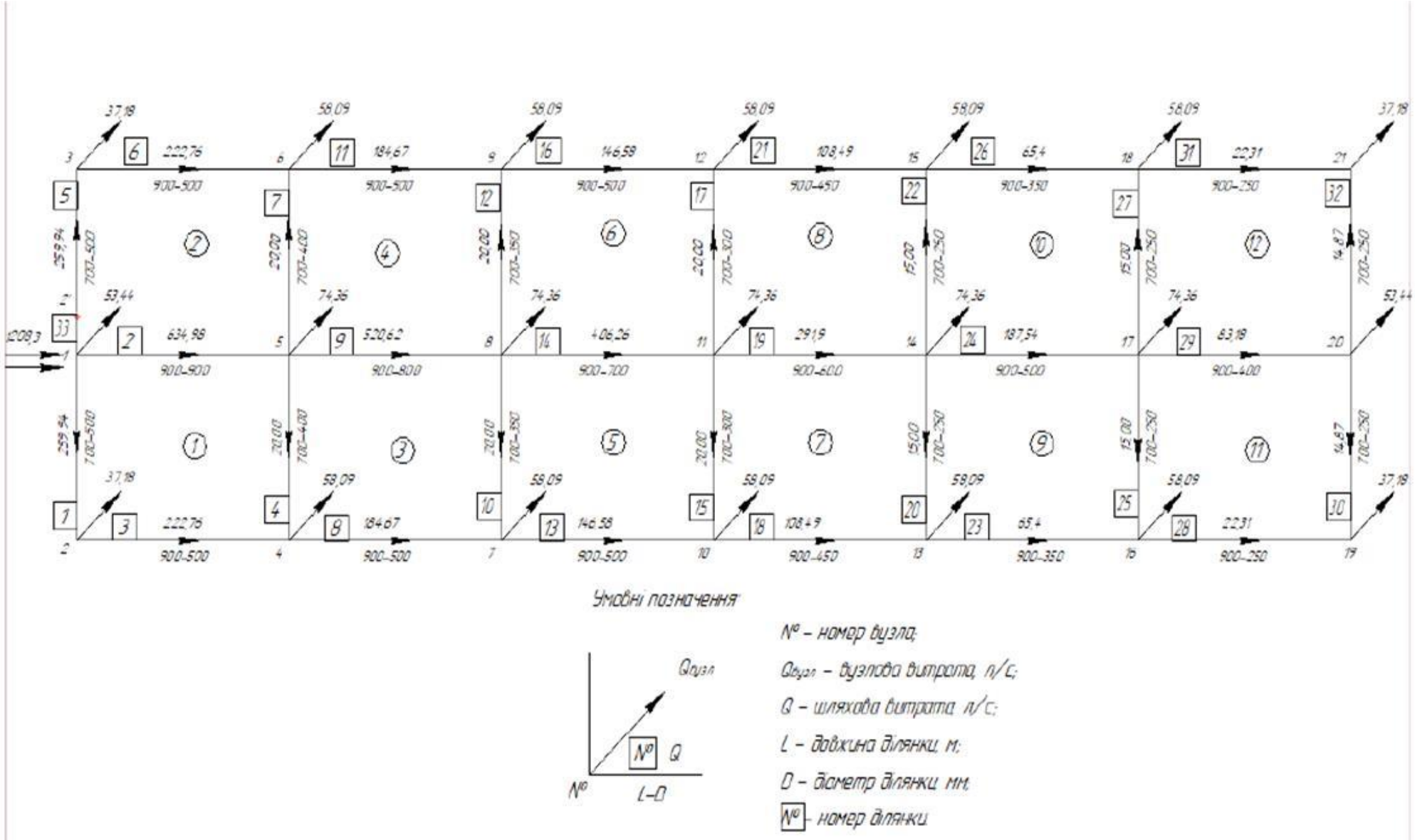


Рисунок 3.2 – Схема початкового розподілу потоків для мережі ВМ1–1 з чавунних трубопроводів

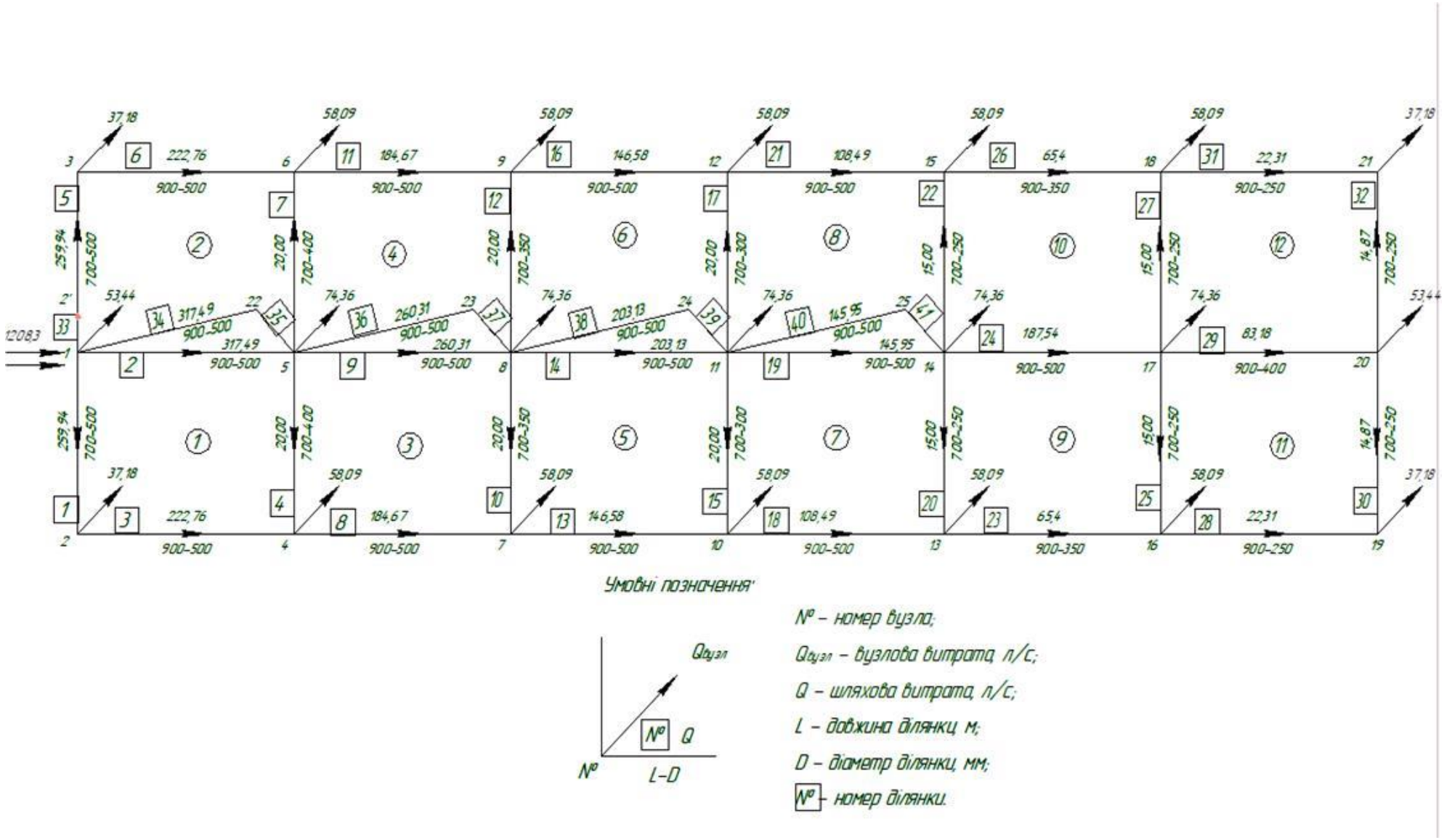


Рисунок 3.3 – Схема початкового розподілу потоків для мережі ВМ1–3 з азбестоцементних трубопроводів

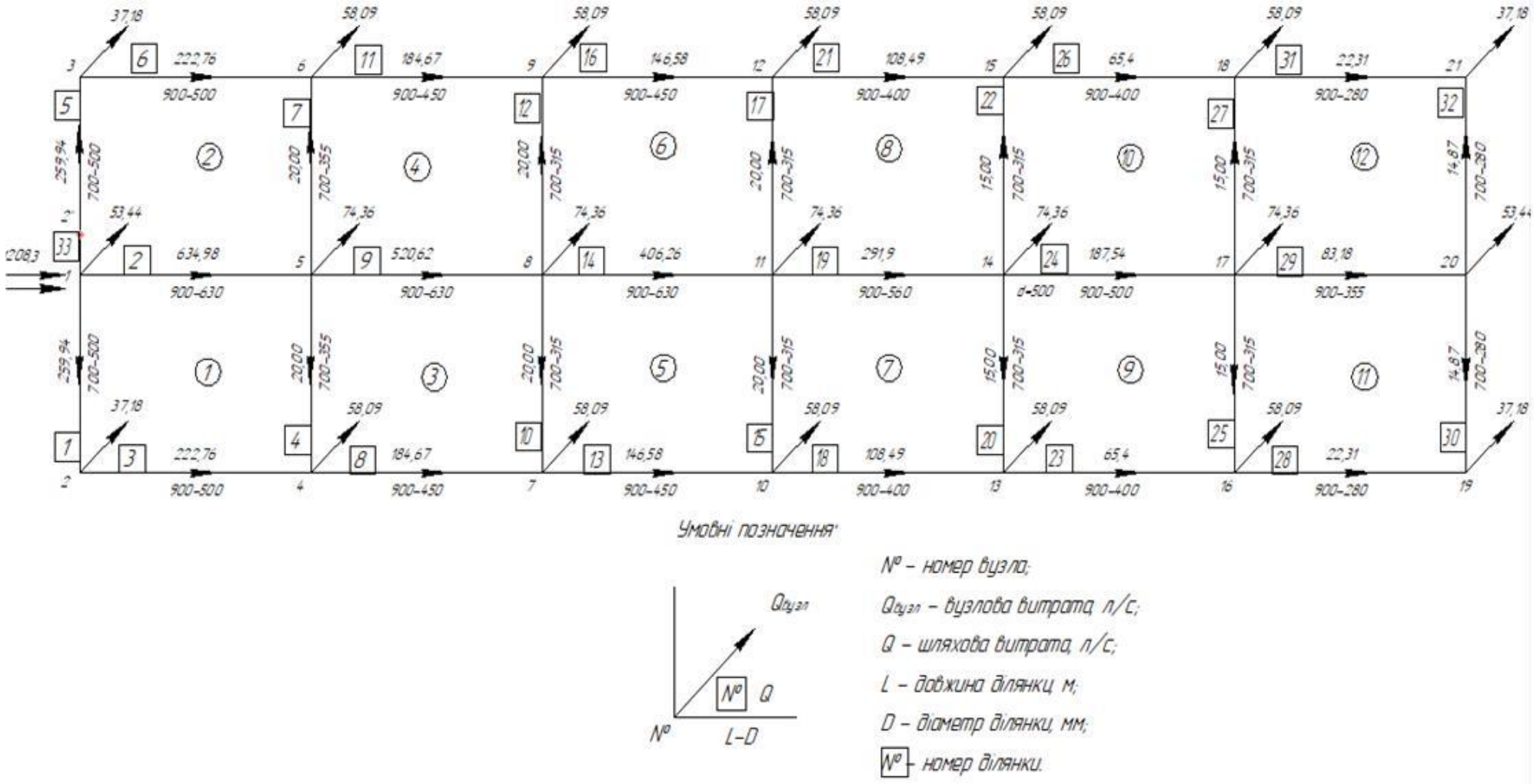


Рисунок 3.4 – Схема початкового розподілу потоків для мережі ВМ1–4 з полімерних трубопроводів

3.3.2 Визначення попереднього розподілу потоків для мережі ВМ2

Визначення попереднього розподілу потоків для мережі ВМ2 виконано з урахуванням умови (3.8), результати показані на рис.3.5, результати вибору діаметрів ділянок представлені у вигляді таблиці В.1 у додатку В.

3.4 Гідравлічний розрахунок мереж транспортування води

3.4.1 Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1

Гідравлічний розрахунок виконується для визначення фактичних витрат води та втрат напору на всіх ділянках мережі, виходячи з умови:

$$\sum h_{i-k} = 0\,, \tag{3.9}$$

де h_{i-k} – втрати напору в лініях, які створюють кільце.

Вихідні дані для ув'язки включають: код ділянки, її довжину, витрату по цій ділянці, діаметр і матеріал труб, які наведені в таблиці 3.4.

Гідравлічний розрахунок для мережі ВМ1 виконано з використанням програми ГІДРАСТ. Результати гідравлічної ув'язки для мережі ВМ1–1 з чавунних труб приведені в таблиці 3.7, комбінованої мережі ВМ1–2 – в таблиці 3.8, мережі ВМ1–3 з азбестоцементних труб – в таблиці 3.9, та мережі ВМ1–4 з пластмасових труб – в таблиці 3.10.

3.4.2 Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2

Гідравлічний розрахунок мережі ВМ2 виконано за методом Лобачова-Кроса [19] з точністю до 0,01 м з використанням програми «Plumbing». Результати розрахунку проєктованої мережі ВМ2–1 з поліетиленових труб представлені у таблиці Г.1 додатка Г, результати визначення вільних напорів у таблиці Г2. Відповідно до методики дослідження (розділ 2) виконані гідравлічні розрахунки мережі ВМ2 для десяти аварійних випадків з урахуванням припинення транспортування води пошкодженою ділянкою (таблиця 2.1), результати представлені у додатку Г в таблицях Г3–Г.12).У таблиці Г.13–результати розрахунку мережі ВМ2–2 з ненових труб.

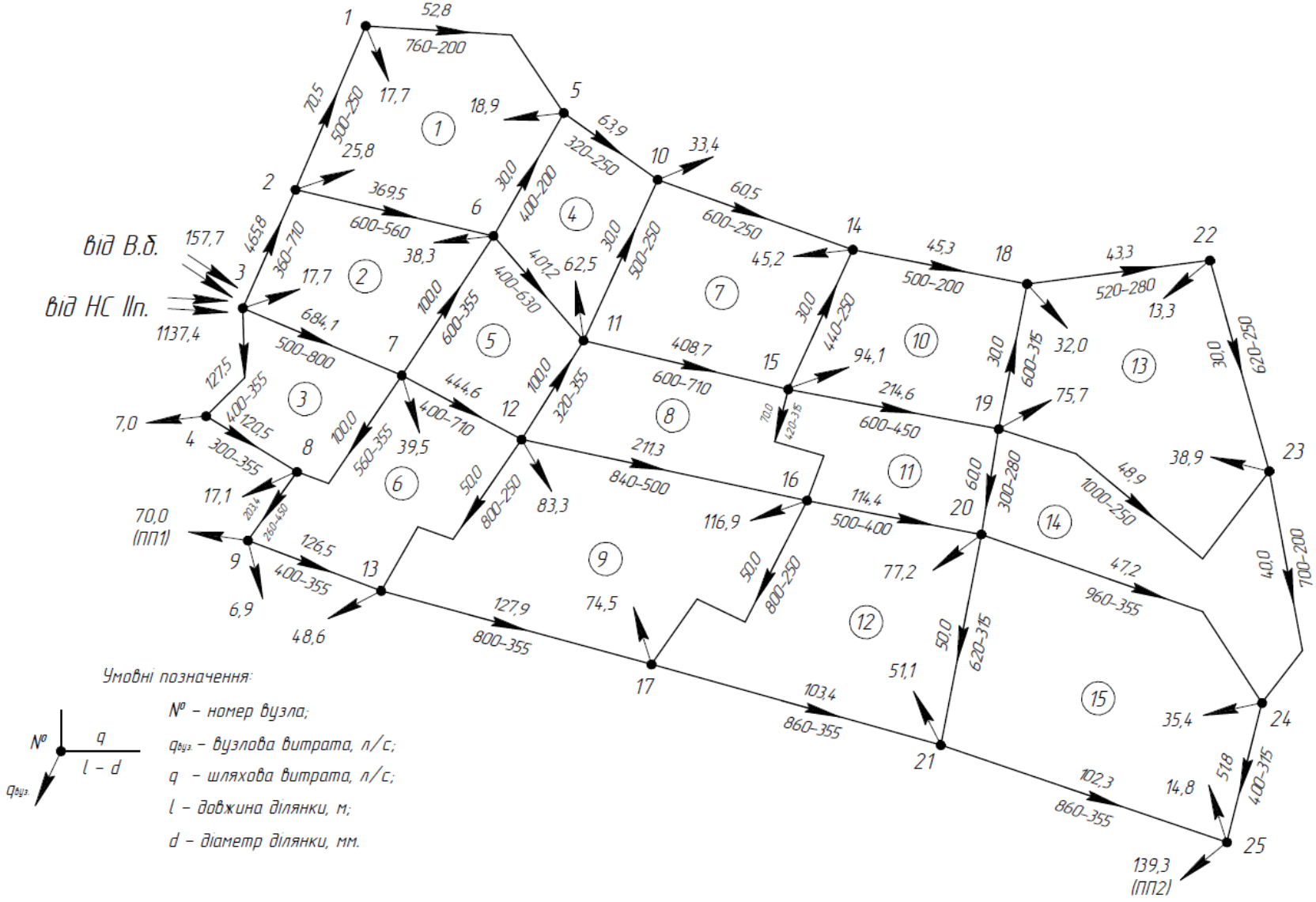


Рисунок 3.5 – Схема початкового розподілу потоків для мережі ВМ2

Таблиця 3.7 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1–1

e= .00100 e1=.10000 nk= 12 ny= 33

Вихідні данні

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	700.00	259.94	500.00	3	2	900.00	634.98	900.00	3	3	900.00	222.76	500.00	3
4	700.00	20.00	400.00	3	5	700.00	259.94	500.00	3	6	900.00	222.76	500.00	3
7	700.00	20.00	400.00	3	8	900.00	184.67	500.00	3	9	900.00	520.62	800.00	3
10	700.00	20.00	350.00	3	11	900.00	184.67	500.00	3	12	700.00	20.00	350.00	3
13	900.00	146.58	500.00	3	14	900.00	406.26	700.00	3	15	700.00	20.00	300.00	3
16	900.00	146.58	500.00	3	17	700.00	20.00	300.00	3	18	900.00	108.49	450.00	3
19	900.00	291.90	600.00	3	20	700.00	15.00	250.00	3	21	900.00	108.49	450.00	3
22	700.00	15.00	250.00	3	23	900.00	65.40	350.00	3	24	900.00	187.54	500.00	3
25	700.00	15.00	250.00	3	26	900.00	65.40	350.00	3	27	700.00	15.00	250.00	3
28	900.00	22.31	250.00	3	29	900.00	83.18	400.00	3	30	700.00	14.87	250.00	3
31	900.00	22.31	250.00	3	32	700.00	14.87	250.00	3	33	1.00	259.94	500.00	3

1

.01 1 33

Результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби, мм	довжина ділянки,м	витрата води, л/с	швидкість води, м/с	втрати напору
1	1- 0	500.00	700.00	176.34	.90	1.49
2	2- 1	900.00	900.00	802.23	1.26	1.76
3	1- 0	500.00	900.00	139.16	.71	1.19
4	3- 1	400.00	700.00	76.86	.61	.92
5	0- 2	500.00	700.00	176.30	.90	1.49
6	0- 2	500.00	900.00	139.12	.71	1.19
7	2- 4	400.00	700.00	76.89	.61	.92
8	3- 0	500.00	900.00	157.93	.80	1.53
9	4- 3	800.00	900.00	574.12	1.14	1.68
10	5- 3	350.00	700.00	49.55	.51	.78
11	0- 4	500.00	900.00	157.91	.80	1.53
12	4- 6	350.00	700.00	49.56	.52	.78
13	5- 0	500.00	900.00	149.39	.76	1.37
14	6- 5	700.00	900.00	400.65	1.04	1.66
15	7- 5	300.00	700.00	26.14	.37	.49
16	0- 6	500.00	900.00	149.38	.76	1.37
17	6- 8	300.00	700.00	26.15	.37	.49
18	7- 0	450.00	900.00	117.44	.74	1.48
19	8- 7	600.00	900.00	274.01	.97	1.76
20	9- 7	250.00	700.00	10.72	.22	.22
21	0- 8	450.00	900.00	117.44	.74	1.48
22	8-10	250.00	700.00	10.72	.22	.22
23	9- 0	350.00	900.00	70.07	.73	2.00
24	10- 9	500.00	900.00	178.21	.91	1.95
25	11- 9	250.00	700.00	11.79	.24	.26
26	0-10	350.00	900.00	70.07	.73	2.00
27	10-12	250.00	700.00	11.79	.24	.26
28	11- 0	250.00	900.00	23.77	.48	1.37
29	12-11	400.00	900.00	80.26	.64	1.29
30	0-11	250.00	700.00	13.41	.27	.34
31	0-12	250.00	900.00	23.77	.48	1.37
32	12- 0	250.00	700.00	13.41	.27	.34
33	0- 2	500.00	1.00	176.30	.90	.00

Максимально можлива нев’язка між крайніми вимірами тиску – не більше e1= .10м

Таблиця 3.8 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1–2

e= .00100 e1=.10000 nk= 12 ny= 33

Вихідні данні

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	700.00	259.94	500.00	4	2	900.00	634.98	900.00	3	3	900.00	222.76	500.00	4
4	700.00	20.00	400.00	4	5	700.00	259.94	500.00	4	6	900.00	222.76	500.00	4
7	700.00	20.00	400.00	4	8	900.00	184.67	400.00	4	9	900.00	520.62	800.00	3
10	700.00	20.00	350.00	4	11	900.00	184.67	400.00	4	12	700.00	20.00	350.00	4
13	900.00	146.58	400.00	4	14	900.00	406.26	700.00	3	15	700.00	20.00	300.00	4
16	900.00	146.58	400.00	4	17	700.00	20.00	300.00	4	18	900.00	108.49	350.00	4
19	900.00	291.90	600.00	3	20	700.00	15.00	250.00	4	21	900.00	108.49	350.00	4
22	700.00	15.00	250.00	4	23	900.00	65.40	300.00	4	24	900.00	187.54	400.00	4
25	700.00	15.00	250.00	4	26	900.00	65.40	300.00	4	27	700.00	15.00	250.00	4
28	900.00	22.31	250.00	4	29	900.00	83.18	350.00	4	30	700.00	14.87	250.00	4
31	900.00	22.31	250.00	4	32	700.00	14.87	250.00	4	33	1.00	259.94	500.00	4

1

.01 1 33

Результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби, мм	довжина ділянки,м	витрата води, л/с	швидкість води, м/с	втрати напору
1	1- 0	500.00	700.00	182.89	.93	1.06
2	2- 1	900.00	900.00	789.13	1.24	1.70
3	1- 0	500.00	900.00	145.71	.74	.89
4	3- 1	400.00	700.00	46.50	.37	.25
5	0- 2	500.00	700.00	182.84	.93	1.06
6	0- 2	500.00	900.00	145.66	.74	.89
7	2- 4	400.00	700.00	46.54	.37	.25
8	3- 0	400.00	900.00	134.12	1.07	2.28
9	4- 3	800.00	900.00	621.72	1.24	1.97
10	5- 3	350.00	700.00	50.56	.53	.56
11	0- 4	400.00	900.00	134.12	1.07	2.28
12	4- 6	350.00	700.00	50.57	.53	.56
13	5- 0	400.00	900.00	126.60	1.01	2.05
14	6- 5	700.00	900.00	446.23	1.16	2.06
15	7- 5	300.00	700.00	33.31	.47	.55
16	0- 6	400.00	900.00	126.60	1.01	2.05
17	6- 8	300.00	700.00	33.31	.47	.55
18	7- 0	350.00	900.00	101.82	1.06	2.63
19	8- 7	600.00	900.00	305.24	1.08	2.18
20	9- 7	250.00	700.00	28.42	.58	1.00
21	0- 8	350.00	900.00	101.82	1.06	2.63
22	8-10	250.00	700.00	28.42	.58	1.00
23	9- 0	300.00	900.00	72.15	1.02	2.96
24	10- 9	400.00	900.00	174.03	1.38	3.69
25	11- 9	250.00	700.00	13.86	.28	.26
26	0-10	300.00	900.00	72.15	1.02	2.96
27	10-12	250.00	700.00	13.86	.28	.26
28	11- 0	250.00	900.00	27.92	.57	1.24
29	12-11	350.00	900.00	71.96	.75	1.38
30	0-11	250.00	700.00	9.26	.19	.13
31	0-12	250.00	900.00	27.92	.57	1.24
32	12- 0	250.00	700.00	9.26	.19	.13
33	0- 2	500.00	1.00	182.84	.93	.00

Таблиця 3.9 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1–3

Вихідні данні

```
ny   ly      q    dt    m  ny   ly      q   dt m  ny   ly      q      dt    m
1 700.00 259.94 500.00  4  2 900.00 317.49 500.00 4  3 900.00 222.76 500.00 4
4 700.00  20.00 400.00  4  5 700.00 259.94 500.00 4  6 900.00 222.76 500.00 4
7 700.00  20.00 400.00  4  8 900.00 184.67 500.00 4  9 900.00 260.31 500.00 4
10 700.00  20.00 350.00 4 11 900.00 184.67 500.00 4 12 700.00  20.00 350.00 4
13 900.00 146.58 500.00 4 14 900.00 203.13 500.00 4 15 700.00  20.00 300.00 4
16 900.00 146.58 500.00 4 17 700.00  20.00 300.00 4 18 900.00 108.49 500.00 4
19 900.00 145.95 500.00 4 20 700.00  15.00 250.00 4 21 900.00 108.49 500.00 4
22 700.00  15.00 250.00 4 23 900.00  65.40 350.00 4 24 900.00 187.54 500.00 4
25 700.00  15.00 250.00 4 26 900.00  65.40 350.00 4 27 700.00  15.00 250.00 4
28 900.00  22.31 250.00 4 29 900.00  83.18 400.00 4 30 700.00  14.87 250.00 4
31 900.00  22.31 250.00 4 32 700.00  14.87 250.00 4 33   1.00 259.94 500.00 4
34 900.00 317.49 500.00 4 35   1.00 317.49 500.00 4 36 900.00 260.31 500.00 4
37   1.00 260.31 500.00 4 38 900.00 203.13 500.00 4 39   1.00 203.13 500.00 4
40 900.00 145.95 500.00 4 41   1.00 145.95 500.00 4
1  .01  1 33
```

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби, мм	довжина ділянки, м	витрата води, л/с	швидкість води, м/с	втрати напору
1	1- 0	500.00	700.00	261.35	1.33	2.05
2	13- 1	500.00	900.00	316.21	1.61	3.74
3	1- 0	500.00	900.00	224.17	1.14	1.98
4	3- 1	400.00	700.00	49.85	.40	.28
5	0- 2	500.00	700.00	261.28	1.33	2.04
6	0- 2	500.00	900.00	224.10	1.14	1.98
7	2- 4	400.00	700.00	49.90	.40	.28
8	3- 0	500.00	900.00	215.93	1.10	1.85
9	14- 3	500.00	900.00	229.13	1.17	2.06
10	5- 3	350.00	700.00	16.45	.17	.07
11	0- 4	500.00	900.00	215.91	1.10	1.85
12	4- 6	350.00	700.00	16.47	.17	.07
13	5- 0	500.00	900.00	174.29	.89	1.24
14	15- 5	500.00	900.00	175.47	.89	1.26
15	7- 5	300.00	700.00	9.62	.14	.06
16	0- 6	500.00	900.00	174.29	.89	1.24
17	6- 8	300.00	700.00	9.62	.14	.06
18	7- 0	500.00	900.00	125.82	.64	.68
19	16- 7	500.00	900.00	128.66	.66	.71
20	9- 7	250.00	700.00	4.05	.08	.03
21	0- 8	500.00	900.00	125.82	.64	.68
22	8-10	250.00	700.00	4.05	.08	.03
23	9- 0	350.00	900.00	71.78	.75	1.38
24	10- 9	500.00	900.00	174.77	.89	1.25
25	11- 9	250.00	700.00	10.42	.21	.16
26	0-10	350.00	900.00	71.78	.75	1.38
27	10-12	250.00	700.00	10.42	.21	.16
28	11- 0	250.00	900.00	24.11	.49	.95
29	12-11	400.00	900.00	79.58	.63	.87
30	0-11	250.00	700.00	13.07	.27	.24
31	0-12	250.00	900.00	24.11	.49	.95
32	12- 0	250.00	700.00	13.07	.27	.24
33	0- 2	500.00	1.00	261.28	1.33	.00
34	2-13	500.00	900.00	316.03	1.61	3.74
35	2-13	500.00	1.00	316.03	1.61	.00
36	4-14	500.00	900.00	229.00	1.17	2.06
37	4-14	500.00	1.00	229.00	1.17	.00
38	6-15	500.00	900.00	175.37	.89	1.26
39	6-15	500.00	1.00	175.37	.89	.00
40	8-16	500.00	900.00	128.58	.65	.71
41	8-16	500.00	1.00	128.58	.65	.00

Таблиця 3.10 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ1–4

e= .00100 e1=.10000 nk= 12 ny= 33

Вихідні данні

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	700.00	259.94	500.00	10	2	900.00	634.98	630.00	10	3	900.00	222.76	500.00	10
4	700.00	20.00	355.00	10	5	700.00	259.94	500.00	10	6	900.00	222.76	500.00	10
7	700.00	20.00	355.00	10	8	900.00	184.67	450.00	10	9	900.00	520.62	630.00	10
10	700.00	20.00	315.00	10	11	900.00	184.67	450.00	10	12	700.00	20.00	315.00	10
13	900.00	146.58	450.00	10	14	900.00	406.26	630.00	10	15	700.00	20.00	315.00	10
16	900.00	146.58	450.00	10	17	700.00	20.00	315.00	10	18	900.00	108.49	400.00	10
19	900.00	291.90	560.00	10	20	700.00	15.00	315.00	10	21	900.00	108.49	400.00	10
22	700.00	15.00	315.00	10	23	900.00	65.40	400.00	10	24	900.00	187.54	500.00	10
25	700.00	15.00	315.00	10	26	900.00	65.40	400.00	10	27	700.00	15.00	315.00	10
28	900.00	22.31	280.00	10	29	900.00	83.18	355.00	10	30	700.00	14.87	280.00	10
31	900.00	22.31	280.00	10	32	700.00	14.87	280.00	10	33	1.00	259.94	500.00	10

1

.01 1 33

Результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби, мм	довжина ділянки, м	витрата води, л/с	швидкість води, м/с	втрати напору
1	1- 0	500.00	700.00	267.17	1.36	1.94
2	2- 1	630.00	900.00	620.60	1.99	3.69
3	1- 0	500.00	900.00	229.99	1.17	1.91
4	3- 1	355.00	700.00	26.18	.26	.16
5	0- 2	500.00	700.00	267.09	1.36	1.94
6	0- 2	500.00	900.00	229.91	1.17	1.91
7	2- 4	355.00	700.00	26.23	.27	.16
8	3- 0	450.00	900.00	198.08	1.25	2.42
9	4- 3	630.00	900.00	493.83	1.58	2.46
10	5- 3	315.00	700.00	16.57	.21	.13
11	0- 4	450.00	900.00	198.06	1.25	2.42
12	4- 6	315.00	700.00	16.58	.21	.13
13	5- 0	450.00	900.00	156.55	.98	1.60
14	6- 5	630.00	900.00	386.32	1.24	1.59
15	7- 5	315.00	700.00	17.05	.22	.13
16	0- 6	450.00	900.00	156.55	.98	1.60
17	6- 8	315.00	700.00	17.05	.22	.13
18	7- 0	400.00	900.00	115.51	.92	1.63
19	8- 7	560.00	900.00	277.86	1.13	1.56
20	9- 7	315.00	700.00	22.15	.28	.21
21	0- 8	400.00	900.00	115.51	.92	1.63
22	8-10	315.00	700.00	22.15	.28	.21
23	9- 0	400.00	900.00	79.57	.63	.84
24	10- 9	500.00	900.00	159.20	.81	.99
25	11- 9	315.00	700.00	10.99	.14	.06
26	0-10	400.00	900.00	79.57	.63	.84
27	10-12	315.00	700.00	10.99	.14	.06
28	11- 0	280.00	900.00	32.47	.53	.94
29	12-11	355.00	900.00	62.86	.64	.98
30	0-11	280.00	700.00	4.71	.08	.02
31	0-12	280.00	900.00	32.47	.53	.94
32	12- 0	280.00	700.00	4.71	.08	.02
33	0- 2	500.00	1.00	267.09	1.36	.00

3.5 Визначення п’єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі

3.5.1 Розрахунок п’єзометричної карти для мережі ВМ1

Визначення розрахункових позначок починається із знаходження невигідної точки мережі, тобто точки, яка у місці підключення водоводів до мережі вимагає найбільшої п'єзометричної позначки. Невигідними можуть бути найбільш високі або найбільш віддалені від вузла живлення точки.

Невигідна точка визначається у такій послідовності:

а) знаходиться найбільш високі та найбільш віддалені точки;

б) визначаються п'єзометричні позначки, які повинні бути в обраних точках:

$$П_{необх.і.} = Н_{віл.необх.і.} + Z_i\,, \qquad (3.10)$$

де $Н_{віл.необх.і.}$ – вільний напір, необхідний в і-й точці.

Для випадку максимального водорозбору

$$Н_{віл.необх.і.} = 6 + 4n, \qquad (3.11)$$

де n – кількість поверхів у будівлях мережі яка розглядається (n=9)

Z_i – абсолютна позначка і-й точки.

$Н_{віл.необх.і.} = 6 + 4 \cdot 9 = 42$ м.

в) визначаються п'єзометричні позначки $П_{1(i)}$ у точці підключення водоводів, необхідні для одержання відповідних п'єзометричних позначок у точках, які розглядаються,

$$П_{1(i)} = П_{необх.і.} + \Sigma h_{1-i}\,, \qquad (3.12)$$

де Σh_{1-i} – алгебраїчна сума витрат напору від точки підключення водоводів до і-й точки.

г) порівнюються між собою значення $П_{1(i)}$ та приймається як невигідна точка та, відносно якої п'єзометрична позначка $П_{1(i)}$ виходить найбільшою.

д) визначаються необхідні п'єзометричні позначки у всіх вузлах мережі та вільні напори. Розрахунок виконується безпосередньо на розрахунковій схемі мережі.

Спочатку переріряються найбільш віддалені точки, це вузли 19, 20, 21

Абсолютні позначки в цих точках, будуть відповідно: 65,89 м; 66 м; 65,76 м.

Для мережі виконаної із чавуних труб:

$П_{1(19)}$ = 42+65,89+1,37+2,00+1,48+1,37+1,53+1,19+1,49 = 118,32 м;

$П_{1(20)}$ = 42+66+1,29+1,95+1,76+1,66+1,68+1,76 = 118,1 м;

$П_{1(21)}$ = 42 +65,76+1,37+2,00+1,48+1,37+1,53+1,19+1,49 =118,19 м;

Невигідною точкою є точка 19.

Для комбінованої мережі, спочатку теж перевіряються точки 19, 20, 21:

$П_{1(19)}$ = 42+65,89+1,24+2,96+2,63+2,05+2,28+0,89+1,06 =121м;

$П_{1(20)}$ = 42+66+1,38+3,69+2,18+2,06+1,97+1,70 = 120,98м;

$П_{1(21)}$ = 42+65,76+1,24+2,96+2,63+2,05+2,28+0,89+1,06 = 120,87

Невигідною точкою є точка 19.

Для мережі виконаної з азбестоцементних труб п'єзометричні позначки будуть такі:

$П_{1(19)}$ = 42+65,89+0,95+1,38+0,68+1,24+1,85+1,98+2,05 =118,12м;

$П_{1(20)}$ = 42+66+0,85+1,25+0,71+1,26+2,06+3,74 = 117,89 м;

$П_{1(21)}$ = 42+65,76+0,95+1,38+0,68+1,24+1,85+1,98+2,04 = 117,98 м.

Невигідною точкою, як і у попередніх варіантах стає точка 19. При подальшому розрахунку п'єзометричних позначок мережі, та вільних напорів виходить, що вільний напір у точці 16 не відповідає умові, $H_{16}<H_{віл.необх.}$ Невигідною точкою призначається вузол 16.

Для мережі виконаної з пластмасових труб виходить як у попередньому варіанті, тепер умові не задовольняє вільний напір у точці 13, $H_{13}< H_{віл.необх}$. Невигідною точкою є точка 13.

Одержані в результаті розрахунків вільні напори у вузлах водопровідної мережі не повинні бути нижче тих, що вимагаються (які визначаються за формулою (1.9), та вище 0,6 МПа (60 м.вод.ст.)

Всі результати розрахунків наведені на схемах відповідних мереж у вигляді п'єзометричних карт, які представлені в графічній частині кваліфікаційної роботи: для мережі ВМ1–1 з чавунних трубопроводів- на

листі №2, для мережі ВМ1–3 з азбестоцементних труб та мережі ВМ1–4 з пластмасових труб – на листі №4, для комбінованої мережі ВМ1–2 з чавунних та азбестоцементних труб – на рис. 3.6.

3.5.2 Розрахунок п'єзометричної карти для мережі ВМ2

Результати розрахунку вільних напорів для мережі ВМ2 при максимальному водоспоживанні показані на п'єзометричній карті на листі № 2 графічної частини кваліфікаційної роботи. За результатами гідравлічних розрахунків (п.3.4.2) визначені п'єзометричні позначки та вільні напори у вузлах для десяти аварійних режимів, результати представлені у таблицях Д.1–Д.10 додатка Д.

3.6 Аналіз тиску в мережі транспортування води ВМ2

Значення тиску у вузлах мережі транспортування води-це один з головних показників забезпечення водою споживачів. Для кожного аварійного випадку були визначені п'єзометричні позначки та вільні тиски відносно вузла підключення водоводів до мережі транспортування води, п'єзометрична позначка в якому для режиму максимального споживання становила П=126,81 м (це вузол №3, на п'єзометричній карті на листі №2 графічної частини кваліфікаційної роботи). Результати представлені в додатку Д. Аналіз тиску в мережі виконано відповідно до вимоги [24]:

$$H_{вi} \le H_{н}, \qquad (3.13)$$

де $H_{вi}$ – показник вільного тиску в і-му вузлі, м; H_{i} – показник необхідного тиску, м.

Вузли, в яких не виконується умова (3.13), знаходяться на межі зони недостатнього тиску в мережі ВМ2.

У таблиці 3.11 показані результати розрахунків розміру території з недостатнім тиском для різних варіантів пошкодження ділянок мережі ВМ2.

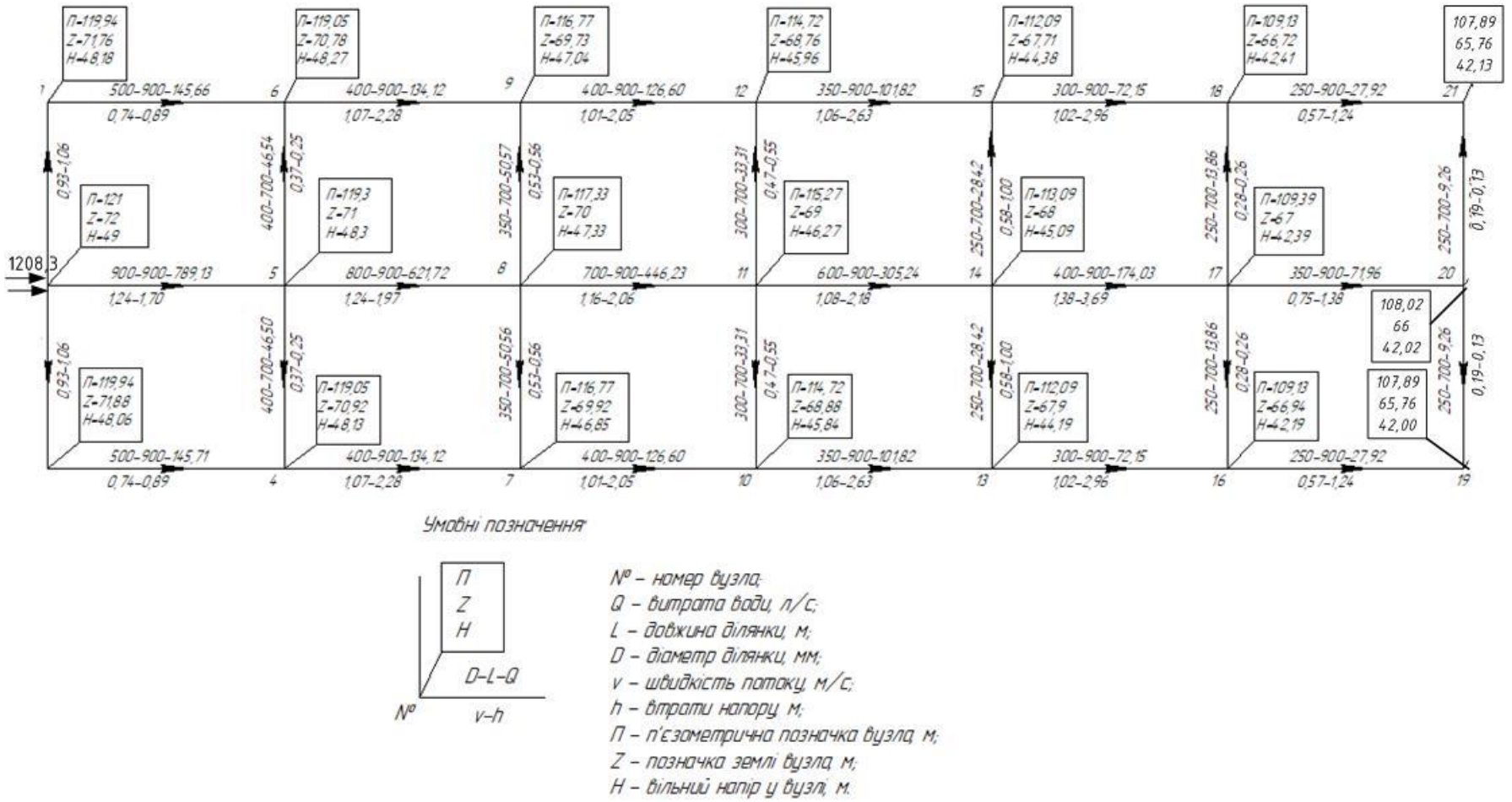


Рисунок 3.6 – П’єзометрична карта для комбінованої мережі ВМ1–2 з чавунних та азбестоцементних труб

Таблиця 3.11 – Зони недостатнього тиску в мережі ВМ2

	Аварійні випадки									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
№ділянки	6-2	11-6	15-11	19-15	12-11	7-3	12-7	16-12	20-16	16-15
Площа зони недостатнього тиску, га	217	264	270	194	1,0	365	294	179	127	2,6

На основі аналізу результатів, представлених в таблиці 3.11, констатовані наступні висновки:

– максимальна площа зони недостатніх тисків спостерігається при пошкодженні ділянки 7-3 (випадок №6), її розмір становить 95 % від загальної міської території. Ділянка 7-3 транспортує 53% від загальної витрати при максимальному споживанні води;

– при пошкодженні ділянки 12-7 (аварійний випадок №7), якою транспортується майже 32% від загального обсягу водоспоживання, розмір території з недостатнім тиском становить майже 75% від розміру всієї території міста;

– при аварійних випадках №2 та №3, коли руйнуються ділянки 11-6 та 15-11 понад 70% від загальної території знаходиться в зоні недостатнього тиску;

– мінімальна площа зони недостатніх тисків спостерігається при пошкодженні ділянки 12-11, яка не є магістральною- 8% від розміру загальної міської території.

Карти розташування територій з недостатнім тиском при аварійних ситуаціях показані на листі №7 графічної частини роботи. На листі №8 показані результати визначення економії коштів шляхом попередження втрат води на ділянках мережі ВМ2 при аварійних ситуаціях №№1-10, визначеної за формулою

$$\Delta E_{з.в.} = Q_в \cdot (\alpha_{вит} + \alpha_{вл.сп.} + \alpha_{ав}) \cdot T, \quad (3.14)$$

де $Q_в$ –витрата на ділянці, м^3/с; $a_{вит}$, $a_{вл.сп}$, $a_{ав}$ – коефіцієнти впливу управління потокорозподілом в мережі на зменшення витрат води; T – вартість 1 м^3 води, 17.8 грн/м^3.

РОЗДІЛ 4 РОЗРАХУНОК ЕКОНОМІЧНИХ ПОКАЗНИКІВ МЕРЕЖІ

4.1 Розрахунок витрат на електроенергію для всіх типів мережі В1

Витрати на електроенергію визначаються за формулою:

$$C_e = \gamma \times a \times N \times t \quad (4.1)$$

де a – вартість електроенергії, грн., a=7,9 грн/кВт;

t – кількість годин роботи у році;

γ – коефіцієнт нерівномірності витрати електроенергії, γ = 0,8;

N – потужність працюючих насосів:

$$N=(\rho \times g \times Q \times h)/1000, \quad (4.2)$$

де ρg - питома вага рідини, Н/м^3;

Q – об'ємна витрата насосу, м^3/с;

Н – напір, що розвивається насосом м:

$$H_н = П_р - Z_н + H_з , \quad (4.3)$$

де $П_р$ – розрахункова п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів, приймається за (п.5.3);

Z – позначка осі насосів, Z = 62 м;

$H_з$ – запас на втрати напору в мережі та водоводах, для всіх розглянутих варіантів значення $H_з$ залишаються незмінними. $H_з$ прийнято 15 м. Тоді:

а) для мережі ВМ1-1 із чавунних труб :

$$H_н = 118,32 – 62 + 15 = 71,32 \text{ м} ;$$

$$N = \frac{9,81 \cdot 10^3 \cdot 1,208 \cdot 71,32}{1000} = 845,18 \text{ кВт} ;$$

C_e=0,8×7,9×845,18×8760=46 791 869,4 грн.

б) Для комбінованої мережі ВМ1-2 з чавунних та азбестоцементних труб:

$$H_н = 121 – 62 + 15 = 74 \text{ м};$$

$$N = \frac{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot 1{,}208 \cdot 74}{1000} = 876{,}94 \text{ вКт};$$

$C_е$=0,8×7,9×876,94×8760=48 550 204,6 грн.

в) Для мережі ВМ1-3 із азбестоцементних труб:

$$Н_н = 118{,}12 – 62 + 15 = 71{,}12 \text{ м};$$

$$N = \frac{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot 1{,}208 \cdot 71{,}12}{1000} = 842{,}8 \text{ кВт};$$

$C_е$=0,8×7,9×842,8×8760=46 660 105 грн.

г) Для мережі ВМ1-4 із пластмасових труб:

$$Н_н = 119{,}4 – 62 + 15 = 72{,}4 \text{ м};$$

$$N = \frac{9{,}81 \cdot 10^3 \cdot 1{,}208 \cdot 72{,}4}{1000} = 857{,}97 \text{ кВт};$$

$C_е$=0,8×7,9×857,97×8760=47 499 964,7 грн.

4. 2 Розрахунок основної заробітної плати

Основну та додаткову заробітну плату виробничих робітників , інженерно-технічних робітників та службовців визначено за штатним розкладом, посадовими окладами та явочним часом, який дорівнює 11 місяцям на рік. Вартість трубопроводів прийнято за даними [25].

На кожну мережу передбачаються такі штати: інженерно-технічні робітники – 2 од. (начальник мережі, старший технік), службовці – 2 од. (бухгалтер, економіст), молодший обслуговуючий персонал (МОП) – 1 чол. Розрахунок основної заробітної плати приведено у таблицю 4.1.

Таблиця 4.1 – Розрахунок основної заробітної плати

Категорія	Кількість одиниць	Річна зарплата одиниці	Сумарна річна зарплата
ІТР	2	198000	369000
Службовці	2	176000	352000
МОП	1	165000	165000
Всього:	5		886000
Виробничі працівники	12	187000	2244000
Всього:	12		2244000

4.3 Розрахунок мережі ВМ1-1 із чавунних труб

Визначення вартості будівель і споруд водопровідної мережі ВМ 1, виготовленої із чавунних труб зведено в таблицю 4.2. Амортизацію основних фондів визначено з урахуванням загальної вартості мережі водопостачання та споруд на ній за усередненою нормою амортизаційних урахувань – 5%.

$$A=0,05\times83840272,7=4\ 192\ 013,6 \text{ грн/рік}$$

Таблиця 4.2 – Вартість мережі з чавунних труб

D ділянки, мм	Загальна довжина ділянок, м	Вартість, грн.	
		Одиниці, грн	Загальна
250	6000	8640грн/4м	12960000
300	1400	9560/5,5м	2433454,5
350	3200	12000/5,5м	6981818,2
400	2300	14600/5,5м	6105454,5
450	1800	15200/5,5м	4974545,5
500	7700	13800/5м	21252000
600	900	39600/6м	5940000
700	900	34600/5м	6228000
800	900	42750/5м	7695000
900	900	51500/5м	9270000
Всього	26000		83 840 272,7

Розрахунки по визначенню річних експлуатаційних витрат зведені у таблицю 4.3.

Таблиця 4.3 – Річний експлуатаційний кошторис

№	Статті витрат	Норма витрат	Підрахунок витрат	Сума на рік, грн
1	2	3	4	5
1	Прямі витрати			
1.1	Сировина та матеріали			83 840 272,7
1.2	Основна заробітна плата виробничих працівників			2244000
1.3	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	7%	0,07×2244000	157080
1.4	Відрахування на соціальне страхування виробничих працівників	8%	0,08×2244000	179520
1.5	Вартість електроенергії			46 791 869,4
1.6	Амортизація основних фондів мережі водопостачання	5%	0,05×83840272,7	4 192 013,6
Всього:				137 404 755,7

Продовження таблиці 4.3

2	Накладні витрати			
2.1	Основна заробітна плата ІТР, службовців та МОП			886000
2.2	Додаткова заробітна плата ІТР, службовців та МОП	8%	0,08×886000	70880
2.3	Відрахування на соціальне страхування ІТР, службовців та МОП	38%	0,38×886000	336680

1	2	3	4	5
2.4	Премії ІТР та службовцям	12%	0,12×721000 369600+352000= 721000(табл.4,1)	86520
2.5	Витрати по охороні праці	500 грн/рік×люд	500×12	6000
2.6	Знос інструментів	300 грн/рік×люд	300×12	3600
2.7	Цеховий транспорт	7,8%	0,078×721000	56238
Всього:				1 445 918
Всього прямих та накладних витрат:				138 850 673,7

Собівартість 1 м^3 води по мережі водопроводу визначається за формулою:

$$C_{1м^3} = E_{річ}/Q_{річ}\,, \tag{4.4}$$

де $E_{річ}$ – річні експлуатаційні витрати по кошторису (табл.3.3);

$Q_{річ}$ – річна подача води споживачеві:

$$Q_{річ} = 0{,}85 \cdot Q \cdot t\,, \tag{4.5}$$

де Q – розрахункова подача води, м^3/ год;

t – кількість годин роботи у році.

$$Q_{річ} = 0{,}85 \cdot 4350 \cdot 8760 = 32\ 390\ 100\ м^3.$$

$$C_{1м3} = 138\ 850\ 673{,}7/32\ 390\ 100 = 4{,}3\ грн/м^3.$$

Собівартість 1 м^3 води для мережі ВМ1 із чавунних труб дорівнює 4,3 грн/м^3.

4.4 Розрахунок комбінованої мережі ВМ1-2 (із чавунних та азбестоцементних труб)

Підрахунок вартості будівель і споруд водопровідної комбінованої мережі, зведено в таблицю 4.4. Вартість трубопроводів прийнято за даними [25, 26].

Таблиця 4.4 – Вартість мережі з частково чавунних та частково азбестоцементних труб.

D ділянки, мм	Кількість одиниць, м	Вартість, грн..	
		Одиниці, м	Загальна
Азбестоцементні труби			
250	6000	1680/5м	2 016 000
300	3200	1810,8/4м	1 448 640
350	4100	1950/4м	1 998 750
400	5900	2352/4м	3 469 200
500	3200	2851,2/4м	2 280 960
Чавунні труби			
600	900	39600/6м	5 940 000
700	900	34600/5м	6 228 000
800	900	42750/5м	7 695 000
900	900	51500/5м	9 270 000
Всього	26000		40 346 550

Амортизацію основних фондів визначаємо в залежності від загальної вартості мережі водопостачання та споруд на ній за усередненою нормою амортизаційних урахувань – 5%.

$$A = 0{,}05 \times 40\,346\,550 = 2\,017\,327{,}5 \text{грн/рік.}$$

Розрахунки по визначенню річних експлуатаційних витрат зведені у таблицю 4.5.

Таблиця 4.5 – Річний експлуатаційний кошторис

№	Статті витрат	Норма витрат	Підрахунок витрат	Сума на рік, грн
1	2	3	4	5
1	Прямі витрати			
1.1	Сировина та матеріали			40 346 550

1	2	3	4	5
1.2	Основна заробітна плата виробничих працівників			2 244 000
1.3	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	7%	0,07×2244000	157 080
1.4	Відрахування на соціальне страхування виробничих працівників	8%	0,08×2244000	179 520
1.5	Вартість електроенергії			48 550 204,6
1.6	Амортизація основних фондів мережі водопостачання	5%	0,05×40 346 550	2 017 327,5
Всього:				93 494 682,1
2	Накладні витрати			
2.1	Основна заробітна плата ІТР, службовців та МОП			886000
2.2	Додаткова заробітна плата ІТР, службовців та МОП	8%	0,08×886000	70880
2.3	Відрахування на соціальне страхування ІТР, службовців та МОП	38%	0,38×886000	336680
2.4	Премії ІТР та службовцям	12%	0,12×721000 369600+352000= 721000(табл.4,1)	86520
2.5	Витрати по охороні праці	30 грн/рік×люд	500×12	6000
2.6	Знос інструментів	27,1 грн/рік×люд	300×12	3600
2.7	Цеховий транспорт	7,8%	0,078×721000	56238
Всього:				1 445 918
Всього прямих та накладних витрат:				94 940 600,1

Річна подача води споживачеві залишається незмінною $Q_{річ}$ = 32 390 100 м^3, собівартість 1 м^3 води по мережі водопроводу:

$$C_{1м3}=94\ 940\ 600,1/32\ 390\ 100=2,93 \text{ грн/м}^3.$$

Собівартість 1 м^3 води для мережі ВМ1-2 із частково чавунних та частково азбестоцементних труб дорівнює 2,93 грн/м^3.

4.5 Розрахунок мережі із азбестоцементних труб

Визначення вартості будівель і споруд водопровідної мережі ВМ1-3 з азбестоцементних труб зведено в таблицю 4.6. Ціни на труби визначені за [26].

Таблиця 4.6 – Вартість мережі з азбестоцементних труб.

D ділянки, мм	Кількість одиниць, м	Вартість, грн..	
		Одиниці, L=5м	Загальна
250	6000	1680/5м	2 016 000
300	1400	1810,8/4м	633 780
350	3200	1950/4м	1 560 000
400	2300	2352/4м	1 352 000
500	16700	2851,2/4м	11 903 760
Всього	28700		17 465 540

Амортизацію основних фондів визначаємо в залежності від загальної вартості мережі водопостачання та споруд на ній за усередненою нормою амортизаційних урахувань – 5%.

$$A = 0,05 \cdot 17\ 465\ 540=873\ 277 \text{ грн/рік}.$$

Розрахунки по визначенню річних експлуатаційних витрат зведені у таблицю 4.7.

Таблиця 4.7 – Річний експлуатаційний кошторис

№	Статті витрат	Норма витрат	Підрахунок витрат	Сума на рік, грн
1	2	3	4	5
1	Прямі витрати			
1.1	Сировина та матеріали			17 465 540
1.2	Основна заробітна плата виробничих працівників			2 244 000
1.3	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	7%	0,07×2244000	157 080
1.4	Відрахування на соціальне страхування виробничих працівників	8%	0,08×2244000	179 520
1.5	Вартість електроенергії			46 660 105
1.6	Амортизація основних фондів мережі водопостачання	5%	0,05×17465540	873 277
Всього:				67 579 522
2	Накладні витрати			
2.1	Основна заробітна плата ІТР, службовців та МОП			886000
2.2	Додаткова заробітна плата ІТР, службовців та МОП	8%	0,08×886000	70880
2.3	Відрахування на соціальне страхування ІТР, службовців та МОП	38%	0,38×886000	336680
2.4	Премії ІТР та службовцям	12%	0,12×721000 369600+352000= 721000(табл.4,1)	86520

1	2	3	4	5
2.5	Витрати по охороні праці	500 грн/рік×люд	500×12	6000
2.6	Знос інструментів	300 грн/рік×люд	300×12	3600
2.7	Цеховий транспорт	7,8%	0,078×721000	56238
Всього:				1 445 918
Всього прямих та накладних витрат:				69 025 440

Річна подача води споживачеві $Q_{річ}$ = 32 390 100 м^3

Собівартість 1 м^3 води по мережі водопроводу:

$$C_{1м3}=69\ 025\ 440/32\ 390\ 100=2{,}13 \text{ грн/м}^3.$$

Собівартість 1 м^3 води для мережі ВМ1-3 із азбестоцементних труб дорівнює 2,13 грн/м^3.

4.6 Розрахунок мережі із пластмасових труб

Визначення вартості будівель і споруд водопровідної мережі ВМ1-4 із пластмасових труб зведено в таблицю 4.8. Ціни визначено для поліетиленових труб ПЕ100 SDR 26 (0.63 МПа) за даними [27].

Таблиця 4.8 – Вартість мережі з пластмасових труб.

D ділянки, мм	Кількість одиниць, м	Вартість, грн..	
		Одиниці, L=1м	Загальна
280	3200	1411,95/1м	4 518 240
315	5600	1797,9/1м	10 068 240
365	2300	2274,75/1м	5 231 925
400	3600	2881,35/1м	10 372 860
450	3600	3643,2/1м	13 115 520
500	4100	4494,45/1м	18 427 245
560	900	5636,25/1м	5 072 625
630	2700	7139,55/1м	19 276 785
Всього	26000		86 083 440

Амортизацію основних фондів визначаємо в залежності від загальної вартості мережі водопостачання та споруд на ній за усередненою нормою амортизаційних урахувань – 5%.

$$А = 0,05 \cdot 86\,083\,440 = 4\,304\,172 \text{ грн/рік}$$

Розрахунки по визначенню річних експлуатаційних витрат зведені у таблицю 4.9.

Таблиця 4.9 – Річний експлуатаційний кошторис

№	Статті витрат	Норма витрат	Підрахунок витрат	Сума на рік, грн
1	2	3	4	5
1	Прямі витрати			
1.1	Сировина та матеріали			86 083 440
1.2	Основна заробітна плата виробничих працівників			2 244 000
1.3	Додаткова заробітна плата виробничих працівників	7%	0,07×2244000	157 080
1.4	Відрахування на соціальне страхування виробничих працівників	8%	0,08×2244000	179 520
1.5	Вартість електроенергії			47 499 964,7
1.6	Амортизація основних фондів мережі водопостачання	5%	0,05×86 083 440	4 304 172
Всього:				140 468 176,7
2	Накладні витрати			
2.1	Основна заробітна плата ІТР, службовців та МОП			886000
2.2	Додаткова заробітна плата ІТР, службовців та МОП	8%	0,08×886000	70880

1	2	3	4	5
2.3	Відрахування на соціальне страхування ІТР, службовців та МОП	38%	0,38×886000	336680
2.4	Премії ІТР та службовцям	12%	0,12×721000 369600+352000= 721000(табл.4,1)	86520
2.5	Витрати по охороні праці	500 грн/рік×люд	500×12	6000
2.6	Знос інструментів	300 грн/рік×люд	300×12	3600
2.7	Цеховий транспорт	7,8%	0,078×721000	56238
Всього:				1 445 918
Всього прямих та накладних витрат:				141 914 094,7

Собівартість 1 м^3 води по мережі водопроводу:

$$C_{1м3}=141\ 914\ 094,7/32\ 390\ 100=4,38 \text{ грн/м}^3.$$

Собівартість 1 м^3 води для мережі ВМ1-4 із пластмасових труб дорівнює 4,38 грн/м^3.

4.7 Аналіз економічних показників мережі з трубами із різних матеріалів

Для аналізу економічних показників водопровідних мережі з різних матеріалів попередні розрахунки зведені у таблицю 4.10.

Як видно з таблиці 4.10, найбільшу вартість матеріалів мають мережі ВМ1-1 з чавунних труб та ВМ1-4 з поліетиленових труб, собівартість яких становить 4.4 грн/м^3 та 4.38 грн/м^3 відповідно, а найбільш дешевою є мережа ВМ1-3 з азбестоцементних труб із собівартістю 2.19 грн/м^3.

Таблиця 4.10 – Аналіз економічних показників мережі з трубами із різних матеріалів

Матеріал труб	Вартість мережі, грн	Амортизаційні відрахування, грн	Вартість електроенергії, грн	Річний кошторис, тис.грн	Собівартість, %
ВМ1-1 (чавун)	83840,27	4192,014	46791,9	138850,67	4,3
ВМ1-2 (комбінована)	40346,55	2017,33	48550,2	94940,6	2,93
ВМ1-3 (азбестоцемент)	17465,54	873,277	46601,1	69025,44	2,13
ВМ1-4 (пластмаса)	86083,44	4304,172	47500	141911,03	4,38

ВИСНОВКИ

1. Відносні сумарні втрати напору для комбінованої мережі ВМ1-2 є найбільшими внаслідок того, що зменшені діаметри на окремих ділянках магістралей. Але це збільшення несуттєве: в межах 1÷1,5 метра.

Вартість матеріалів є найбільшою для мереж транспортування води ВМ1-1 з чавунних та ВМ1-4 з полімерних трубопроводів, найменшу вартість матеріалів має мережа ВМ1-3 з азбестоцементних труб.

2. Собівартість 1 $м^3$ води для мережі ВМ1-3 з азбестоцементних труб є найменшою та становить 2,13 грн./$м^3$, собівартість мереж ВМ1-1 та ВМ1-4 з чавунних та полімерних трубопроводів становить 4,3 грн/$м^3$.

3. Враховуючи більшу тривалість експлуатації неметалевих трубопроводів та санітарні показники, доцільно рекомендувати застосування полімерних трубопроводів для будівництва та реконструкції мереж транспортування води.

4. Для мережі транспортування води ВМ2 максимальні проблеми можуть виникнути при пошкодженні ділянки 3-7 (аварійна ситуація №6), в цьому випадку спостерігається максимальне зниження продуктивності насосів другого підйому - до 12 %, та утворюється максимальна територія з недостатнім вільним тиском: до 94 % від всієї території водозабезпечення, при цьому необхідний вільний тиск у вузлу №3 підвищується на 32 %. Пояснення в тому, що ділянкою 3-7 транспортується до 53 % від загальної витрати води при найбільшому водоспоживанні.

5. Мінімальні ускладнення виникають при пошкодженні ділянки 11-12 (аварійна ситуація №5). При цьому в зоні недостатнього тиску знаходиться територія з мінімальною площею 0,3 % від всієї території водозабезпечення, необхідний вільний тиск у вузлу підключення насосної станції 2-го підйому – теж збільшується тільки на 0,3 %, подача станції зменшується на 0,24 %.

6. При пошкодженні ділянок 6-11, 11-15 та 7-12 (аварійні ситуації №2, №3 та №7) тиск знижується на значній території, яка становить до 70 % та 76 % від загальної території водозабезпечення, що є також значною частиною

населеного пункту, яка залишається без води під час відключення ділянок №№ 6-11, 11-15 та 7-12.

7. Для забезпечення надійного функціонування мережі ВМ2 рекомендовано здійснити резервування ділянок №№2-6, 6-11, 11-15, 15-19, 3-7 та 7-12 (аварійні ситуації №1÷4, 6÷7).

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Добровольська О.Г., Забашта М.О. Модернізація інженерних об’єктів транспортування води. Інженерні інновації та розбудова національної економіки : зб. тез доп. міжнар. наук.-практ. конф., м. Запоріжжя, 9-10 трав. 2024 р. Запоріжжя, 2024. С. 763–766. URL: https://www.znu.edu.ua/ukr/znu/university/11929/12623/12803

2. Гапіч Г., Новицький Р., Онопрієнко Д. Дент Д., Рубік Г. Водобезпекові наслідки російсько-української війни та післявоєнні перспективи. URL : http://surl.li/bxzpvq

3. Post-war reconstruction. Participatory approaches to rebuilding the damaged villages of Lebanon: a case study of al-Burjain. Habitat International. Vol. 25. Issue 4. Pages 535–557. URL : http://surl.li/ojzzzt

4. Прифронтове Запоріжжя – без води: як влада, волонтери та рятувальники допомагають людям в умовах війни. URL : http://surl.li/elkosh

5. Стійкі системи водопостачання. Готовність до надзвичайних ситуацій та умов воєнного стану. Рекомендації для територіальних громад URL : http://surl.li/xbnrll

6. Методи очищення води під час воєнного стану. URL : http://surl.li/tsbhhq

7. Зубенко В.О., Радько В.І. Альтернативні джерела водопостачання в територіальних громадах Кіровоградської області. URL : http://surl.li/mhxmph

8. Мобільні станції водопідготовки. URL : http://surl.li/lcksni

9. Державне водне агентство. URL : http://surl.li/uilkxn

10. Стан водопостачання в Запорізькій області. URL : http://surl.li/bdrxkf

11. Центральне водопостачання України: скільки мереж перебуває в аварійному стані. URL : http://surl.li/wlgkei

12. Yazdan Mahmodian, Majid Farhadi (2024). Monitoring microbial safety and evaluation of removal efficiency from drinking water in Ahvaz, Iran. Desalination and Water Treatment. Vol. 319. URL : http://surl.li/rnwlgz

13. Адевуї А., Лі Ц. Надзвичайна ситуація з пер- та поліфторалкільними речовинами в питній воді: стан, регулювання та стратегії пом’якшення наслідків у країнах, що розвиваються. Еко-довкілля та здоров'я. Т.3. 2024. С. 355–368. URL : http://surl.li/iaztxx

14. Yang W., Zhang Z. Pollution risk evaluation of groundwater wells based on stochastic and deterministic simulation of aquifer lithology (2024). Ecotoxicology and Environmental Safety. Vol. 285. URL : https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0147651324011035

15. Mandana Karimi M., Tabi M. Climate change and water scarcity impacts on sustainability in semi-arid areas: lessons from southern Iran. Groundwater for sustainable development. Vol. 24. URL : https://sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S2352801X23001765

16. Levek B., Shyak A. Assessing the vulnerability of urban drinking water sources to water scarcity in the face of global change: a bottom-up approach. Environmental challenges. Vol. 15. 2024. URL :https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2667010024000519?via%3Dihub

17. Sadiya B. Tijjani, Subhasis Giri, Sean A. Woznicki Quantifying the potential impacts of climate change on irrigation demand, crop yields, and green water scarcity in the New Jersey Coastal Plain. Science of The Total Environment. Vol. 15. 2024. URL : https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S004896972203635X

18. Добровольська О. Development of procedure to control flow distribution in water supply networks in real time. Eastern-European Journal of Enterprise Technologies. 2018. № 6/8(96). С. 17-24.

19. Добровольська О.Г., Водопровідні мережі : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : Запорізький національний університет, 2022. 221 с.

20. Гіроль М.М., Проценко С.Б., Ткачук О.А., Семчук Г.М. Стан водопостачання та водовідведення в Україні. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. 2005 р. №19. С. 3–9.

21. Trębicka A. Modeling of water distribution system parameters and their particular importance in environment engineering processes. *Ecological Engineering*. 2016. Vol. 47. P. 47–53. URL: http://www.ecoeet.com/MODELOWANIE-PARAMETROW-SYSTEMU-DYSTRYBUCJI-WODY-I-ICH-SZCZEGOLNE-ZNACZENIE-W-PROCESACH-INZYNIERII-SRODOWISKA,62846,0,2.html.

22. Добровольська О. Г. Оцінка ефективності використання пластмасових трубопроводів для реконструкції міських водопровідних мереж. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві. 2022. № 17. С. 131–139. URL: https://eforum.lntu.edu.ua/index.php/construction/article/view/830/794

23. Добровольська О. Аналіз аварійних режимів роботи водопровідних мереж. *Вісник ОДАБА:*. 2021. № 83. С. 122–129. http://visnyk-odaba.org.ua/2021-83/83-13.pdf

24. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: https://polyplastic.ua/files/DSTU/dbn_v.2.5_74_2013.pdf

25. Труби чавунні напірні. URL: https://prom.ua/ua/c2857374-tov-dskb.html?product_group=26489483

26. Труби азбестоцементні напірні. URL: https://bestconcrete.com.ua/trubi-azbestoczementni/trubi-azbestoczementni-napirni/?lang=uk

27. Пласт і Ко - комплексний постачальник ПЕ труб та фітингів. URL: https://plastiko.com.ua/

ДОДАТОК А. ЗАГАЛЬНЕ ВОДОСПОЖИВАННЯ МІСТА

Таблиця А.1 – Результати розрахунків загального водоспоживання міста

Години доби	Господарсько-питні потреби						Полив вулиць і зелених насаджень					
	I		II		III		I		II		III	
	%	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	двір.	маш.	двір.	маш.	двір.	маш.
0…1	1,50	118	2,50	715	1,50	148						
1…2	1,50	118	2,65	757	1,50	148						
2…3	1,50	118	2,20	629	1,50	148						
3…4	1,50	118	2,25	643	1,50	148						
4…5	2,50	197	3,20	915	2,50	247						
5…6	3,50	276	3,90	1115	3,50	346		126		305		100
6…7	4,50	354	4,50	1286	4,60	445	146	125	355	304	117	100
7…8	5,60	441	5,10	1458	5,50	553	147	125	355	304	117	100
8…9	6,17	486	5,35	1529	6,20	610	146	126	356	305	116	100
9…10	6,17	486	5,82	1663	6,20	610	147	125	355	304	117	100
10…11	6,17	486	5,35	1529	6,20	610		126		304		100
11…12	6,17	486	5,28	1509	6,20	610		126		305		100
12…13	5,00	394	4,60	1314	5,00	494		125		304		100
13…14	5,00	394	4,40	1258	5,00	494		125		304		100
14…15	5,60	441	4,60	1315	5,50	553		126		305		100
15…16	6,00	472	4,60	1314	6,00	593	146	125	355	304	117	100
16…17	6,00	472	4,90	1400	6,00	593	147	126	355	305	117	100
17…18	5,62	443	4,80	1372	5,50	554	146	125	355	304	116	100
18…19	5,00	394	4,70	1343	5,00	494	146	126	355	305	117	100
19…20	4,50	354	4,50	1286	4,60	445						
20…21	4,00	315	4,40	1258	4,00	395						
21…22	3,00	236	4,20	1200	3,00	296						
22…23	2,00	157	3,70	1057	2,00	198						
23…24	1,50	118	2,50	715	1,50	148						
Всього	100,00	7874	100,00	28580	100,00	9880	1171	1757	2841	4262	934	1400

продовження табл. А.1

Години доби	Підприємство №1						Підприємство №2						Загальне водоспоживання	
	Побутові потреби				Душ	Пром.	Побутові потреби				Душ	Пром.		
	Гарячі цехи		Холодні цехи				Гарячі цехи		Холодні цехи					
	%	$м^3$	%	$м^3$			%	$м^3$	%	$м^3$			%	$м^3$
0…1	15,65	0,63	18,75	0,98	32,1	250	15,65	1,13	18,75	1,13	21,4	500	2,32	1788,4
1…2	12,05	0,49	6,25	0,33		250	12,05	0,87	6,25	0,38		500	2,31	1775,1
2…3	12,05	0,49	12,5	0,66		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	2,14	1647,8
3…4	12,05	0,49	12,5	0,66		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	2,16	1661,8
4…5	12,05	0,49	18,75	0,98		250	12,05	0,87	18,75	1,13		500	2,75	2112,5
5…6	12,05	0,49	6,25	0,33		250	12,05	0,87	6,25	0,38		500	3,92	3020,1
6…7	12,05	0,49	12,5	0,66		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	5,19	3992,8
7…8	12,05	0,49	12,5	0,66		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	5,65	4345,8
8…9	15,65	1,48	18,75	2,30	16,1	250	15,65	1,41	18,75	1,41	21,4	500	5,94	4570,1
9…10	12,05	1,14	6,25	0,77		250	12,05	1,08	6,25	0,47		500	6,06	4662,5
10…11	12,05	1,14	12,5	1,53		250	12,05	1,08	12,5	0,94		500	5,08	3911,7
11…12	12,05	1,14	12,5	1,53		250	12,05	1,08	12,5	0,94		500	5,06	3892,7
12…13	12,05	1,14	18,75	2,30		250	12,05	1,08	18,75	1,41		500	4,53	3486,9
13…14	12,05	1,14	6,25	0,77		250	12,05	1,08	6,25	0,47		500	4,46	3428,5
14…15	12,05	1,14	12,5	1,53		250	12,05	1,08	12,5	0,94		500	4,66	3586,7
15…16	12,05	1,14	12,5	1,53		250	12,05	1,08	12,5	0,94		500	5,56	4280,7
16…17	15,65	1,27	18,75	1,97	37,5	250	15,65	1,13	18,75	1,13	26,8	500	5,76	4434,8
17…18	12,05	0,98	6,25	0,66		250	12,05	0,87	6,25	0,38		500	5,53	4258,9
18…19	12,05	0,98	12,5	1,31		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	5,37	4133,9
19…20	12,05	0,98	12,5	1,31		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	3,70	2846,9
20…21	12,05	0,98	18,75	1,97		250	12,05	0,87	18,75	1,13		500	3,54	2722,9
21…22	12,05	0,98	6,25	0,66		250	12,05	0,87	6,25	0,38		500	3,23	2484,9
22…23	12,05	0,98	12,5	1,31		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	2,81	2165,9
23…24	12,05	0,98	12,5	1,31		250	12,05	0,87	12,5	0,75		500	2,25	1734,9
Всього		21,6		28,0	85,7	6000		23,4		19,5	69,6	12000	100,00	76947

ДОДАТОК Б. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ

Таблиця Б.1 – Результати розрахунків вузлових витрат води

№ вузлів	№ ділянок	(Qшл)вуз., л/с	Максимальне водоспоживання Qвуз., л/с
1	1-2	20,15	17,73
	1-5	15,31	
2	1-2	20,15	25,79
	2-6	24,18	
	2-3	7,25	
3	2-3	7,25	17,73
	3-4	8,06	
	3-7	20,15	
4	3-4	8,06	7,05
	4-8	6,04	
5	1-5	15,31	18,94
	5-6	16,12	
	5-10	6,45	
6	5-6	16,12	38,28
	2-6	24,18	
	6-7	20,15	
	6-11	16,12	
7	3-7	20,15	39,49
	6-7	20,15	
	7-8	22,57	
	7-12	16,12	
8	4-8	6,04	17,13
	7-8	22,57	
	8-9	5,64	
9	8-9	5,64	6,85
	9-13	8,06	
10	5-10	6,45	33,38
	10-14	27,41	
	10-11	32,91	
11	6-11	16,12	62,46
	10-11	32,91	
	11-12	21,06	
	11-15	54,82	
12	7-12	16,12	83,29
	11-12	21,06	
	12-16	76,74	
	12-13	52,66	
13	9-13	8,06	48,63
	12-13	52,66	
	13-17	36,54	
14	10-14	27,41	45,22
	14-15	40,20	

	14-18	22,84	
15	14-15	40,20	94,10
	11-15	54,82	
	15-16	38,37	
	15-19	54,82	
16	12-16	76,74	116,94
	15-16	38,37	
	16-20	45,68	
	16-17	73,09	
17	13-17	36,54	74,46
	16-17	73,09	
	17-21	39,28	
18	14-18	22,84	32,02
	18-22	12,18	
	18-19	29,02	
19	18-19	29,02	75,71
	15-19	54,82	
	19-23	46,85	
	19-20	20,73	
20	19-20	20,73	77,12
	16-20	45,68	
	20-24	44,98	
	20-21	42,85	
21	17-21	39,28	51,14
	20-21	42,85	
	21-25	20,15	
22	18-22	12,18	13,35
	22-23	14,52	
23	22-23	14,5235	38,89
	19-23	46,8501	
	23-24	16,3975	
24	23-24	16,40	35,37
	20-24	44,98	
	24-25	9,37	
25	21-25	20,15	14,76
	24-25	9,37	
Всього			1085,83

ДОДАТОК В. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ МЕРЕЖІ ВМ2

Таблиця В.1 – Результати розрахунків діаметрів ділянок мережі ВМ2-1

№ ділянки	Шляхова витрата, л/с	Приведена шляхова витрата, л/с	Діаметр за почат. потоко-розділом, мм	Швидкість руху води, м/с	Довжина ділянки, м
1-2	70,50	67,40	250	1,44	500
2-6	369,50	353,26	560	1,31	600
5-6	30,00	28,68	200	0,96	400
1-5	52,80	50,48	200	1,08	760
2-3	465,80	445,32	710	1,21	360
3-7	684,10	654,03	800	1,36	500
6-7	100,00	95,60	355	1,04	600
3-4	127,50	121,90	355	1,33	400
4-8	120,50	115,20	355	1,25	300
7-8	100,00	95,60	355	1,04	560
5-10	63,90	61,09	250	0,90	320
10-11	30,00	28,68	250	0,61	500
6-11	401,20	383,56	630	1,04	400
11-12	100,00	95,60	355	1,04	320
7-12	444,60	425,06	710	1,16	400
12-13	50,00	47,80	250	1,02	800
8-9	200,40	191,59	450	1,26	260
9-13	126,50	120,94	355	1,32	400
10-14	60,50	57,84	250	0,86	600
14-15	30,00	28,68	250	0,61	440
11-15	408,70	390,73	710	1,06	600
15-16	70,00	66,92	315	0,99	420
12-16	211,30	202,01	500	1,33	840
16-17	50,00	47,80	250	1,02	800
13-17	127,90	122,28	355	1,33	800
14-18	40,00	38,24	200	0,82	500
18-19	30,00	28,68	315	0,61	420
15-19	214,60	205,17	450	1,35	600
19-20	60,00	57,36	280	0,85	300
16-20	114,40	109,37	400	1,19	500
20-21	50,00	47,80	315	0,71	620
17-21	103,40	98,85	355	1,08	860
18-22	43,30	41,40	280	0,88	520

продовження таблиці В.1

№ ділянки	Шляхова витрата, л/с	Приведена шлях. витрата, л/с	Діаметр за почат. потоко-розділом, мм	Швидкість руху води, м/с	Довжина ділянки, м
22-23	30,00	28,68	250	0,61	620
19-23	48,90	46,75	250	1,00	1000
23-24	40,00	38,24	200	0,82	700
20-24	47,20	45,13	355	0,96	960
24-25	51,80	49,52	315	0,73	400
21-25	102,30	97,80	355	1,06	860

ДОДАТОК Г. РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ

Таблиця Г.1 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 для режиму максимального водоспоживання

N кільця	Ділянка	L, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	V, м/с	h, м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	33.477	250	Поліетилен.	1.02	-2.48	---
	2-6	600.00	363.411	560	Поліетилен.	1.73	2.44	---
	6-5	400.00	22.818	200	Поліетилен.	1.08	2.91	---
	1-5	760.00	15.777	200	Поліетилен.	0.75	-2.87	---
						Нев'язка	0.000	
2	3-2	360.00	422.687	710	Поліетилен.	1.25	-0.61	---
	3-7	500.00	739.678	800	Поліетилен.	1.73	1.31	---
	7-6	600.00	79.223	355	Поліетилен.	1.02	1.74	---
	2-6	600.00	363.411	560	Поліетилен.	1.73	-2.44	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	115.035	355	Поліетилен.	1.48	2.25	---
	4-8	300.00	108.035	355	Поліетилен.	1.39	1.51	---
	7-8	560.00	99.819	355	Поліетилен.	1.28	-2.45	---
	3-7	500.00	739.678	800	Полиэтилен.	1.73	-1.31	---
						Нев'язка	-0.001	
4	6-5	400.00	22.818	200	Поліетилен.	1.08	-2.91	---
	6-11	400.00	381.515	630	Поліетилен.	1.43	1.01	---
	11-10	500.00	33.772	250	Поліетилен.	1.03	2.52	---
	5-10	320.00	19.695	250	Поліетилен.	0.60	-0.62	---
						Нев'язка	0.000	
5	7-6	600.00	79.223	355	Поліетилен.	1.02	1.74	---
	6-11	400.00	381.515	630	Поліетилен.	1.43	1.01	---
	12-11	320.00	113.555	355	Поліетилен.	1.46	-1.76	---
	7-12	400.00	521.136	710	Поліетилен.	1.54	-0.99	---
						Нев'язка	0.000	
6	7-8	560.00	99.819	355	Поліетилен.	1.28	-2.45	---
	7-12	400.00	521.136	710	Поліетилен.	1.54	0.99	---
	12-13	800.00	37.391	250	Поліетилен.	1.14	4.83	---
	9-13	400.00	113.854	355	Поліетилен.	1.46	-2.21	---
	8-9	260.00	190.754	450	Поліетилен.	1.52	-1.15	---
						Нев'язка	0.004	
7	11-10	500.00	33.772	250	Поліетилен.	1.03	2.52	---
	10-14	600.00	20.067	250	Поліетилен.	0.61	1.20	---
	15-14	440.00	38.487	250	Поліетилен.	1.17	-2.79	---
	11-15	600.00	398.799	710	Поліетилен.	1.18	-0.92	---
						Нев'язка	0.000	
8	12-11	320.00	113.555	355	Поліетилен.	1.46	1.76	---
	11-15	600.00	398.799	710	Поліетилен.	1.18	0.92	---
	15-16	420.00	56.098	315	Поліетилен.	0.91	1.16	---
	12-16	840.00	286.890	500	Поліетилен.	1.71	-3.84	---
						Нев'язка	0.001	
9	12-13	800.00	37.391	250	Поліетилен.	1.14	-4.83	---
	12-16	840.00	286.890	500	Поліетилен.	1.71	3.84	---
	16-17	800.00	36.700	250	Поліетилен.	1.12	4.67	---
	13-17	800.00	102.645	355	Поліетилен.	1.32	-3.68	---
						Нев'язка	0.007	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	15-14	440.00	38.487	250	Поліетилен.	1.17	2.79	---
	14-18	500.00	13.354	200	Поліетилен.	0.63	1.40	---
	19-18	420.00	53.109	315	Поліетилен.	0.86	-1.05	---
	15-19	600.00	210.113	450	Полиэтилен.	1.67	-3.14	---
						Нев'язка	0.000	
11	15-16	420.00	56.098	315	Поліетилен.	0.91	-1.16	---
	15-19	600.00	210.113	450	Поліетилен.	1.67	3.14	---
	19-20	300.00	51.656	280	Поліетилен.	1.25	1.87	---
	16-20	500.00	189.388	400	Поліетилен.	1.91	-3.85	---
						Нев'язка	0.001	
12	16-17	800.00	36.700	250	Поліетилен.	1.12	-4.67	---
	16-20	500.00	189.388	400	Поліетилен.	1.91	3.85	---
	20-21	620.00	70.521	315	Поліетилен.	1.15	2.57	---
	17-21	860.00	64.845	355	Поліетилен.	0.83	-1.75	---
						Нев'язка	0.005	
13	19-18	420.00	53.109	315	Поліетилен.	0.86	1.05	---
	18-22	520.00	34.463	280	Поліетилен.	0.84	1.58	---
	22-23	620.00	21.163	250	Поліетилен.	0.64	1.36	---
	19-23	1000.00	29.648	250	Поліетилен.	0.90	-4.00	---
						Нев'язка	0.001	
14	19-20	300.00	51.656	280	Поліетилен.	1.25	-1.87	---
	19-23	1000.00	29.648	250	Поліетилен.	0.90	4.00	---
	23-24	700.00	11.911	200	Поліетилен.	0.57	1.61	---
	20-24	960.00	93.324	355	Поліетилен.	1.20	-3.73	---
						Нев'язка	0.001	
15	20-21	620.00	70.521	315	Поліетилен.	1.15	-2.57	---
	20-24	960.00	93.324	355	Поліетилен.	1.20	3.73	---
	24-25	400.00	69.834	315	Поліетилен.	1.13	1.63	---
	21-25	860.00	84.266	355	Поліетилен.	1.08	-2.79	---
						Нев'язка	0.001	

Таблиця Г.2 – Визначення п’єзометричних позначок у вузлах мережі ВМ2 для режиму максимального водоспоживання

Вихідний вузол		Розглянутий вузол					Необхідний напір, м
Номер вузла	П’єзом. позначка	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір, м	
17	116,00	1	7,72	123,72	80,00	43,72	34,00
		2	10,20	126,20	80,00	46,20	34,00
		3	10,81	126,81	75,00	**51,81**	34,00
		4	8,56	124,56	71,00	53,56	34,00
		5	4,85	120,85	80,00	40,85	34,00
		6	7,76	123,76	79,00	44,76	34,00
		7	9,50	125,50	77,50	48,00	34,00
		8	7,05	123,05	75,00	48,05	34,00
		9	5,90	121,90	70,00	51,90	34,00
		10	4,23	120,23	77,50	42,73	42,00
		11	6,75	122,75	77,50	45,25	42,00
		12	8,51	124,51	77,50	47,01	42,00
		13	3,68	119,68	73,00	46,68	42,00
		14	3,03	119,03	73,00	46,03	42,00
		15	5,82	121,82	74,00	47,82	42,00
		16	4,67	120,67	73,00	47,67	42,00
		17 н.т.	0,00	116,00	74,00	42,00	42,00
		18	1,63	117,63	70,00	47,63	42,00
		19	2,68	118,68	71,00	47,68	42,00
		20	0,81	116,81	71,50	45,31	42,00
		21	-1,75	114,25	71,50	42,75	42,00
		22	0,05	116,05	66,00	50,05	42,00
		23	-1,32	114,68	66,00	48,68	42,00
		24	-2,92	113,08	67,00	46,08	42,00
		25	-4,54	111,46	67,00	44,46	42,00

Таблиця Г.3 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №1)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	45.398	250		1.38	-4.26	---
	3-2	360.00	71.198	710		0.21	-0.03	---
	3-7	500.00	1071.740	800	полієтилен	2.51	2.53	---
	7-6	600.00	189.928	355		2.44	8.22	---
	6-5	400.00	14.567	200		0.69	1.31	---
	1-5	760.00	27.698	200		1.32	-7.79	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-4	400.00	134.462	355		1.73	2.97	---
	4-8	300.00	127.462	355		1.64	2.03	---
	7-8	560.00	100.093	355	полієтилен	1.28	-2.46	---
	3-7	500.00	1071.740	800		2.51	-2.53	---
						Невязка:	-0.001	
3	6-5	400.00	14.567	200		0.69	-1.31	---
	6-11	400.00	137.061	630		0.52	0.16	---
	11-10	500.00	29.536	250	полієтилен	0.90	1.98	---
	5-10	320.00	23.365	250		0.71	-0.84	---
						Невязка:	-0.000	
4	7-6	600.00	189.928	355		2.44	8.22	---
	6-11	400.00	137.061	630		0.52	0.16	---
	12-11	320.00	237.755	355	полієтилен	3.05	-6.53	---
	7-12	400.00	742.219	710		2.20	-1.85	---
						Невязка:	0.001	
5	7-8	560.00	100.093	355		1.28	-2.46	---
	7-12	400.00	742.219	710		2.20	1.85	---
	12-13	800.00	37.784	250	полієтилен	1.15	4.92	---
	9-13	400.00	133.556	355		1.71	-2.94	---
	8-9	260.00	210.456	450		1.67	-1.37	---
						Невязка:	0.004	
6	11-10	500.00	29.536	250		0.90	1.98	---
	10-14	600.00	19.501	250		0.59	1.14	---
	15-14	440.00	37.143	250	полієтилен	1.13	-2.62	---
	11-15	600.00	282.779	710		0.84	-0.50	---
						Невязка:	0.000	
7	12-11	320.00	237.755	355		3.05	6.53	---
	11-15	600.00	282.779	710		0.84	0.50	---
	16-15	420.00	38.774	315	полієтилен	0.63	-0.60	---
	12-16	840.00	383.380	500		2.29	-6.43	---
						Невязка:	0.001	
8	12-13	800.00	37.784	250		1.15	-4.92	---
	12-16	840.00	383.380	500		2.29	6.43	---
	16-17	800.00	31.431	250	полієтилен	0.96	3.55	---
	13-17	800.00	122.740	355		1.57	-5.05	---
						Невязка:	0.007	
9	15-14	440.00	37.143	250		1.13	2.62	---
	14-18	500.00	11.444	200		0.54	1.07	---
	19-18	420.00	53.084	315	полієтилен	0.86	-1.05	---
	15-19	600.00	190.310	450		1.51	-2.64	---

продовження таблиці Г3

1	2	3	4	5	6	7	8	9
						Невязка:	0.001	
10	16-15 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	38.774 190.310 33.450 196.274	315 450 280 400	*поліетилен*	0.63 1.51 0.81 1.98 Невязка:	0.60 2.64 0.87 -4.11 0.001	--- --- --- ---
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	31.431 196.274 60.670 79.671	250 400 315 355	*поліетилен*	0.96 1.98 0.99 1.02 Невязка:	-3.55 4.11 1.97 -2.52 0.004	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	53.084 32.529 19.229 28.076	315 280 250 250	*поліетилен*	0.86 0.79 0.59 0.85 Невязка:	1.05 1.43 1.15 -3.63 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	33.450 28.076 8.405 91.855	280 250 200 355	*поліетилен*	0.81 0.85 0.40 1.18 Невязка:	-0.87 3.63 0.86 -3.63 0.001	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	60.670 91.855 64.860 89.240	315 355 315 355	*поліетилен*	0.99 1.18 1.05 1.15 Невязка:	-1.97 3.63 1.43 -3.09 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.4 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №2)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр ,мм	Матеріал труб	Швидкість , м/с	Н,м	Економ. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	42.780	250		1.30	-3.83	---
	2-6	600.00	149.724	560		0.71	0.51	---
	6-5	400.00	45.408	200	полієтилен	2.16	9.85	---
	1-5	760.00	25.080	200		1.19	-6.53	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	218.304	710		0.65	-0.19	---
	3-7	500.00	926.701	800		2.17	1.96	---
	6-7	600.00	66.015	355	полієтилен	0.85	-1.26	---
	2-6	600.00	149.724	560		0.71	-0.51	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	132.394	355		1.70	2.89	---
	4-8	300.00	125.394	355		1.61	1.97	---
	7-8	560.00	109.763	355	полієтилен	1.41	-2.90	---
	3-7	500.00	926.701	800		2.17	-1.96	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	45.408	200		2.16	-9.85	---
	6-7	600.00	66.015	355		0.85	1.26	---
	7-12	400.00	843.454	710	полієтилен	2.50	2.33	---
	12-11	320.00	292.868	355		3.76	9.46	---
	11-10	500.00	8.641	250		0.26	0.22	---
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5-10	320.00	51.589	250	полієтилен	1.57	-3.42	---
						Невязка:	-0.002	
5	7-8	560.00	109.763	355		1.41	-2.90	---
	7-12	400.00	843.454	710		2.50	2.33	---
	12-13	800.00	39.313	250	полієтилен	1.20	5.27	---
	9-13	400.00	141.157	355		1.81	-3.24	---
	8-9	260.00	218.057	450		1.74	-1.46	---
						Невязка:	0.005	
6	11-10	500.00	8.641	250		0.26	0.22	---
	10-14	600.00	26.830	250		0.82	2.01	---
	15-14	440.00	31.028	250	полієтилен	0.94	-1.91	---
	11-15	600.00	221.727	710		0.66	-0.33	---
						Невязка:	0.000	
7	12-11	320.00	292.868	355		3.76	9.46	---
	11-15	600.00	221.727	710		0.66	0.33	---
	16-15	420.00	75.452	315	полієтилен	1.23	-1.96	---
	12-16	840.00	427.973	500		2.55	-7.82	---
						Невязка:	0.001	
8	12-13	800.00	39.313	250		1.20	-5.27	---
	12-16	840.00	427.973	500		2.55	7.82	---
	16-17	800.00	29.692	250	полієтилен	0.90	3.21	---
	13-17	800.00	131.871	355		1.69	-5.74	---
						Невязка:	0.008	
9	15-14	440.00	31.028	250		0.94	1.91	---
	14-18	500.00	12.658	200		0.60	1.28	---
	19-18	420.00	50.907	315	полієтилен	0.83	-0.98	---
	15-19	600.00	172.051	450		1.37	-2.21	---
						Невязка:	0.001	
10	16-15	420.00	75.452	315		1.23	1.96	---
	15-19	600.00	172.051	450		1.37	2.21	---
	19-20	300.00	18.474	280	полієтилен	0.45	0.30	---
	16-20	500.00	205.929	400		2.08	-4.47	---
						Невязка:	0.001	

продовження таблиці Г.4

11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	29.692 205.929 55.739 87.063	250 400 315 355	*поліетилен*	0.90 2.08 0.91 1.12 Невязка:	-3.21 4.47 1.69 -2.95 0.005	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	50.907 31.565 18.265 26.970	315 280 250 250	*поліетилен*	0.83 0.77 0.56 0.82 Невязка:	0.98 1.35 1.05 -3.38 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	18.474 26.970 6.335 91.463	280 250 200 355	*поліетилен*	0.45 0.82 0.30 1.17 Невязка:	-0.30 3.38 0.52 -3.60 0.001	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	55.739 91.463 62.399 91.701	315 355 315 355	*поліетилен*	0.91 1.17 1.01 1.18 Невязка:	-1.69 3.60 1.34 -3.24 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.5 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №3)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	39.406	250		1.20	-3.31	---
	2-6	600.00	260.635	560		1.24	1.35	---
	6-5	400.00	37.478	200	поліетилен	1.78	7.01	---
	1-5	760.00	21.706	200		1.03	-5.05	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	325.841	710		0.96	-0.39	---
	3-7	500.00	814.894	800		1.91	1.56	---
	7-6	600.00	22.192	355	поліетилен	0.28	0.18	---
	2-6	600.00	260.635	560		1.24	-1.35	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	136.666	355		1.75	3.06	---
	4-8	300.00	129.666	355		1.66	2.09	---
	7-8	560.00	123.738	355	поліетилен	1.59	-3.59	---
	3-7	500.00	814.894	800		1.91	-1.56	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	37.478	200		1.78	-7.01	---
	6-11	400.00	207.049	630		0.78	0.34	---
	11-10	500.00	68.686	250	поліетилен	2.09	8.87	---
	5-10	320.00	40.284	250		1.23	-2.20	---
						Невязка:	-0.001	
5	7-6	600.00	22.192	355		0.28	0.18	---
	6-11	400.00	207.049	630		0.78	0.34	---
	11-12	320.00	75.863	355	поліетилен	0.97	0.86	---
	7-12	400.00	629.464	710		1.86	-1.38	---
						Невязка:	0.000	
6	7-8	560.00	123.738	355		1.59	-3.59	---
	7-12	400.00	629.464	710		1.86	1.38	---
	12-13	800.00	49.389	250	поліетилен	1.50	7.91	---
	9-13	400.00	159.403	355		2.05	-4.02	---
	8-9	260.00	236.303	450		1.88	-1.68	---
						Невязка:	0.005	
7	11-10	500.00	68.686	250		2.09	8.87	---
	10-14	600.00	75.569	250		2.30	12.61	---
	14-15	440.00	14.676	250	поліетилен	0.45	0.51	---
	16-15	420.00	166.756	315		2.71	-8.02	---
	12-16	840.00	572.638	500		3.42	-13.10	---
	11-12	320.00	75.863	355		0.97	-0.86	---
						Невязка:	0.002	
8	12-13	800.00	49.389	250		1.50	-7.91	---
	12-16	840.00	572.638	500		3.42	13.10	---
	16-17	800.00	28.151	250	поліетилен	0.86	2.92	---
	13-17	800.00	160.192	355		2.06	-8.11	---
						Невязка:	0.007	
9	14-15	440.00	14.676	250		0.45	-0.51	---
	14-18	500.00	15.693	200		0.75	1.87	---
	19-18	420.00	42.258	315	поліетилен	0.69	-0.70	---
	15-19	600.00	87.333	450		0.69	-0.66	---
						Невязка:	0.000	
10	16-15	420.00	166.756	315	поліетилен	2.71	8.02	---

продовження таблиці Г.5

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	15-19	600.00	87.333	450		0.69	0.66	---
	20-19	300.00	51.826	280		1.26	-1.88	---
	16-20	500.00	260.831	400	*поліетилен*	2.64	-6.80	---
						Невязка:	0.001	
11	16-17	800.00	28.151	250		0.86	-2.92	---
	16-20	500.00	260.831	400		2.64	6.80	---
	20-21	620.00	38.419	315	*поліетилен*	0.62	0.88	---
	17-21	860.00	113.843	355		1.46	-4.75	---
						Невязка:	0.004	
12	19-18	420.00	42.258	315		0.69	0.70	---
	18-22	520.00	25.951	280		0.63	0.96	---
	22-23	620.00	12.651	250	*поліетилен*	0.39	0.55	---
	19-23	1000.00	21.201	250		0.65	-2.20	---
						Невязка:	0.001	
13	20-19	300.00	51.826	280		1.26	1.88	---
	19-23	1000.00	21.201	250		0.65	2.20	---
	24-23	700.00	5.048	200	*поліетилен*	0.24	-0.35	---
	20-24	960.00	93.385	355		1.20	-3.73	---
						Невязка:	0.001	
14	20-21	620.00	38.419	315		0.62	-0.88	---
	20-24	960.00	93.385	355		1.20	3.73	---
	24-25	400.00	52.937	315	*поліетилен*	0.86	1.00	---
	21-25	860.00	101.163	355		1.30	-3.86	---
						Невязка:	0.001	

Таблиця Г.6 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №4)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	34.157	250		1.04	-2.57	---
	2-6	600.00	321.061	560		1.53	1.96	---
	6-5	400.00	26.149	200	поліетилен	1.24	3.70	---
	1-5	760.00	16.457	200		0.78	-3.09	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-2	360.00	381.018	710		1.13	-0.51	---
	3-7	500.00	769.405	800		1.80	1.41	---
	7-6	600.00	59.946	355	поліетилен	0.77	1.06	---
	2-6	600.00	321.061	560		1.53	-1.96	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	126.978	355		1.63	2.68	---
	4-8	300.00	119.978	355		1.54	1.82	---
	7-8	560.00	113.871	355	поліетилен	1.46	-3.10	---
	3-7	500.00	769.405	800		1.80	-1.41	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	26.149	200		1.24	-3.70	---
	6-11	400.00	316.558	630		1.19	0.72	---
	11-10	500.00	42.826	250	поліетилен	1.30	3.84	---
	5-10	320.00	23.706	250		0.72	-0.86	---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	59.946	355	поліетилен	0.77	1.06	---
	6-11	400.00	316.558	630		1.19	0.72	---
	12-11	320.00	66.180	355	поліетилен	0.85	-0.68	---
	7-12	400.00	556.087	710		1.65	-1.11	---
						Невязка:	0.000	
6	7-8	560.00	113.871	355		1.46	-3.10	---
	7-12	400.00	556.087	710		1.65	1.11	---
	12-13	800.00	44.669	250	поліетилен	1.36	6.62	---
	9-13	400.00	139.849	355		1.79	-3.19	---
	8-9	260.00	216.749	450		1.72	-1.44	---
						Невязка:	0.004	
7	11-10	500.00	42.826	250		1.30	3.84	---
	10-14	600.00	33.132	250		1.01	2.92	---
	15-14	440.00	60.714	250	поліетилен	1.85	-6.27	---
	11-15	600.00	277.411	710		0.82	-0.49	---
						Невязка:	0.001	
8	12-11	320.00	66.180	355		0.85	0.68	---
	11-15	600.00	277.411	710		0.82	0.49	---
	15-16	420.00	122.597	315	поліетилен	1.99	4.65	---
	12-16	840.00	361.938	500		2.16	-5.81	---
						Невязка:	0.001	
9	12-13	800.00	44.669	250		1.36	-6.62	---
	12-16	840.00	361.938	500		2.16	5.81	---
	16-17	800.00	45.640	250	поліетилен	1.39	6.87	---
	13-17	800.00	135.918	355		1.74	-6.06	---
						Невязка:	0.007	
10	15-14	440.00	60.714	250		1.85	6.27	---
	14-18	500.00	48.647	200		2.31	13.92	---
	19-18	420.00	6.129	315	поліетилен	0.10	-0.02	---
	20-19	300.00	96.220	280		2.34	-5.64	---
	16-20	500.00	321.995	400		3.25	-9.88	---
	15-16	420.00	122.597	315		1.99	-4.65	---
						Невязка:	0.002	

продовження таблиці Г.6

11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	45.640 321.995 47.192 107.058	250 400 315 355	*поліетилен*	1.39 3.25 0.77 1.37 **Невязка:**	-6.87 9.88 1.26 -4.26 0.004	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	6.129 22.776 9.476 14.391	315 280 250 250	*поліетилен*	0.10 0.55 0.29 0.44 **Невязка:**	0.02 0.76 0.33 -1.11 0.000	--- --- --- ---
13	20-19 19-23 24-23 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	96.220 14.391 15.034 101.384	280 250 200 355	*поліетилен*	2.34 0.44 0.71 1.30 **Невязка:**	5.64 1.11 -2.43 -4.32 0.001	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	47.192 101.384 50.950 103.150	315 355 315 355	*поліетилен*	0.77 1.30 0.83 1.32 **Невязка:**	-1.26 4.32 0.93 -3.99 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.7 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №5)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр,мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	35.074	250		1.07	-2.69	---
	2-6	600.00	418.192	560		1.99	3.13	---
	6-5	400.00	23.073	200	полієтилен	1.10	2.96	---
	1-5	760.00	17.374	200		0.83	-3.41	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-2	360.00	479.066	710		1.42	-0.77	---
	3-7	500.00	684.276	800		1.60	1.14	---
	7-6	600.00	102.549	355	полієтилен	1.32	2.76	---
	2-6	600.00	418.192	560		1.99	-3.13	---
						Невязка:	-0.001	
3	3-4	400.00	114.058	355		1.46	2.22	---
	4-8	300.00	107.058	355		1.37	1.49	---
	7-8	560.00	102.353	355	полієтилен	1.31	-2.56	---
	3-7	500.00	684.276	800		1.60	-1.14	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	23.073	200		1.10	-2.96	---
	6-11	400.00	459.368	630		1.73	1.40	---
	11-10	500.00	32.004	250	полієтилен	0.97	2.29	---
	5-10	320.00	21.547	250		0.66	-0.73	---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	102.549	355		1.32	2.76	---
	6-11	400.00	459.368	630		1.73	1.40	---
	11-15	600.00	364.864	710		1.08	0.79	---
	15-16	420.00	30.133	315	полієтилен	0.49	0.39	---
	12-16	840.00	317.299	500		1.89	-4.60	---
	7-12	400.00	439.874	710		1.30	-0.73	---
						Невязка:	0.001	
6	7-8	560.00	102.353	355		1.31	-2.56	---
	7-12	400.00	439.874	710		1.30	0.73	---
	12-13	800.00	39.275	250	полієтилен	1.20	5.27	---
	9-13	400.00	115.411	355		1.48	-2.27	---
	8-9	260.00	192.311	450		1.53	-1.16	---
						Невязка:	0.005	
7	11-10	500.00	32.004	250		0.97	2.29	---
	10-14	600.00	20.151	250		0.61	1.21	---
	15-14	440.00	37.816	250	полієтилен	1.15	-2.71	---
	11-15	600.00	364.864	710		1.08	-0.79	---
						Невязка:	0.000	
8	12-13	800.00	39.275	250		1.20	-5.27	---
	12-16	840.00	317.299	500		1.89	4.60	---
	16-17	800.00	36.298	250	полієтилен	1.11	4.58	---
	13-17	800.00	106.086	355		1.36	-3.90	---
						Невязка:	0.008	
9	15-14	440.00	37.816	250		1.15	2.71	---
	14-18	500.00	12.767	200		0.61	1.30	---
	19-18	420.00	53.039	315	полієтилен	0.86	-1.05	---
	15-19	600.00	202.815	450		1.61	-2.95	---

продовження таблиці Г.7

1	2	3	4	5	6	7	8	9
						Невязка:	0.001	
10	15-16 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	30.133 202.815 44.975 194.234	315 450 280 400	*поліетилен*	0.49 1.61 1.09 1.96 Невязка:	-0.39 2.95 1.46 -4.03 0.001	--- --- --- ---
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	36.298 194.234 68.672 67.884	250 400 315 355	*поліетилен*	1.11 1.96 1.12 0.87 Невязка:	-4.58 4.03 2.45 -1.90 0.005	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	53.039 33.806 20.506 29.101	315 280 250 250	*поліетилен*	0.86 0.82 0.62 0.89 Невязка:	1.05 1.53 1.29 -3.87 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	44.975 29.101 10.707 93.337	280 250 200 355	*поліетилен*	1.09 0.89 0.51 1.20 Невязка:	-1.46 3.87 1.33 -3.73 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	68.672 93.337 68.644 85.456	315 355 315 355	*поліетилен*	1.12 1.20 1.11 1.10 Невязка:	-2.45 3.73 1.58 -2.86 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.8 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №6)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	49.959	250		1.52	-5.04	---
	2-6	600.00	913.105	560		4.35	12.52	---
	6-5	400.00	22.035	200	полієтилен	1.05	2.73	---
	1-5	760.00	32.259	200		1.53	-10.21	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-4	400.00	288.536	355		3.70	11.51	---
	4-8	300.00	281.536	355		3.61	8.27	---
	8-7	560.00	62.756	355		0.81	1.08	---
	6-7	600.00	152.343	355	полієтилен	1.95	-5.56	---
	2-6	600.00	913.105	560		4.35	-12.52	---
	3-2	360.00	988.864	710		2.93	-2.78	---
						Невязка:	-0.001	
3	6-5	400.00	22.035	200		1.05	-2.73	---
	6-11	400.00	700.427	630		2.63	2.96	---
	11-10	500.00	25.417	250	полієтилен	0.77	1.52	---
	5-10	320.00	35.394	250		1.08	-1.75	---
						Невязка:	-0.000	
4	6-7	600.00	152.343	355		1.95	-5.56	---
	6-11	400.00	700.427	630	полієтилен	2.63	2.96	---
	11-12	320.00	145.799	355		1.87	2.74	---
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7-12	400.00	175.600	710	полієтилен	0.52	-0.14	---
						Невязка:	0.001	
5	8-7	560.00	62.756	355		0.81	1.08	---
	7-12	400.00	175.600	710		0.52	0.14	---
	12-13	800.00	26.686	250	полієтилен	0.81	2.65	---
	9-13	400.00	124.780	355		1.60	-2.60	---
	8-9	260.00	201.680	450		1.60	-1.27	---
						Невязка:	0.003	
6	11-10	500.00	25.417	250		0.77	1.52	---
	10-14	600.00	27.410	250		0.83	2.09	---
	15-14	440.00	35.208	250	полієтилен	1.07	-2.39	---
	11-15	600.00	466.712	710		1.38	-1.22	---
						Невязка:	0.000	
7	11-12	320.00	145.799	355		1.87	-2.74	---
	11-15	600.00	466.712	710		1.38	1.22	---
	15-16	420.00	108.827	315	полієтилен	1.77	3.76	---
	12-16	840.00	211.413	500		1.26	-2.24	---
						Невязка:	0.001	
8	12-13	800.00	26.686	250		0.81	-2.65	---
	12-16	840.00	211.413	500		1.26	2.24	---
	16-17	800.00	34.188	250	полієтилен	1.04	4.12	---
	13-17	800.00	102.865	355		1.32	-3.69	---
						Невязка:	0.007	
9	15-14	440.00	35.208	250		1.07	2.39	---
	14-18	500.00	17.418	200		0.83	2.25	---
	19-18	420.00	51.103	315	полієтилен	0.83	-0.98	---
	15-19	600.00	228.577	450		1.82	-3.65	---
						Невязка:	0.001	
10	15-16	420.00	108.827	315		1.77	-3.76	---
	15-19	600.00	228.577	450		1.82	3.65	---
	19-20	300.00	70.709	280	полієтилен	1.72	3.26	---
	16-20	500.00	169.151	400		1.71	-3.15	---
						Невязка:	0.002	

продовження таблиці Г.8

11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	34.188 169.151 71.140 62.554	250 400 315 355	*поліетилен*	1.04 1.71 1.16 0.80 Невязка:	-4.12 3.15 2.61 -1.64 0.005	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	51.103 36.521 23.221 31.066	315 280 250 250	*поліетилен*	0.83 0.89 0.71 0.95 Невязка:	0.98 1.75 1.61 -4.34 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	70.709 31.066 15.386 91.521	280 250 200 355	*поліетилен*	1.72 0.95 0.73 1.17 Невязка:	-3.26 4.34 2.53 -3.60 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	71.140 91.521 71.507 82.593	315 355 315 355	*поліетилен*	1.16 1.17 1.16 1.06 Невязка:	-2.61 3.60 1.70 -2.69 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.9 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №7)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	43.738	250		1.33	-3.98	---
	2-6	600.00	666.494	560		3.17	7.16	---
	6-5	400.00	26.543	200	полієтилен	1.26	3.80	---
	1-5	760.00	26.038	200		1.24	-6.98	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	736.032	710		2.18	-1.64	---
	3-7	500.00	391.453	800		0.92	0.42	---
	7-6	600.00	191.945	355	полієтилен	2.46	8.38	---
	2-6	600.00	666.494	560		3.17	-7.16	---
						Невязка:	-0.002	
3	3-4	400.00	149.915	355		1.92	3.60	---
	4-8	300.00	142.915	355		1.83	2.48	---
	7-8	560.00	160.008	355	полієтилен	2.05	-5.66	---
	3-7	500.00	391.453	800		0.92	-0.42	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	26.543	200		1.26	-3.80	---
	6-11	400.00	793.597	630		2.98	3.70	---
	11-10	500.00	27.128	250	полієтилен	0.83	1.71	---
	5-10	320.00	33.681	250		1.03	-1.60	---
						Невязка:	-0.001	
5	7-6	600.00	191.945	355	[illegible]	2.46	8.38	---
	6-11	400.00	793.597	630		2.98	3.70	---
	11-12	320.00	209.757	355		2.69	5.23	---
	13-12	800.00	27.471	250	полієтилен	0.84	-2.79	---
	9-13	400.00	208.923	355		2.68	-6.49	---
	8-9	260.00	285.823	450		2.27	-2.35	---
	7-8	560.00	160.008	355		2.05	-5.66	---
						Невязка:	0.007	
6	11-10	500.00	27.128	250		0.83	1.71	---
	10-14	600.00	27.409	250		0.83	2.09	---
	15-14	440.00	35.666	250	полієтилен	1.09	-2.44	---
	11-15	600.00	494.211	710		1.46	-1.35	---
						Невязка:	0.001	
7	11-12	320.00	209.757	355		2.69	-5.23	---
	11-15	600.00	494.211	710		1.46	1.35	---
	15-16	420.00	129.997	315	полієтилен	2.11	5.16	---
	12-16	840.00	153.928	500		0.92	-1.27	---
						Невязка:	0.002	
8	13-12	800.00	27.471	250		0.84	2.79	---
	12-16	840.00	153.928	500		0.92	1.27	---
	16-17	800.00	21.146	250	полієтилен	0.64	1.76	---
	13-17	800.00	132.852	355		1.70	-5.82	---
						Невязка:	0.006	
9	15-14	440.00	35.666	250		1.09	2.44	---
	14-18	500.00	17.875	200		0.85	2.36	---
	19-18	420.00	50.896	315	полієтилен	0.83	-0.98	---
	15-19	600.00	234.448	450		1.87	-3.82	---
						Невязка:	0.001	
10	15-16	420.00	129.997	315	полієтилен	2.11	-5.16	---

продовження таблиці Г.9

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	15-19	600.00	234.448	450		1.87	3.82	---
	19-20	300.00	76.607	280	полістилен	1.86	3.76	---
	16-20	500.00	145.878	400		1.47	-2.42	---
						Невязка:	0.002	
11	16-17	800.00	21.146	250		0.64	-1.76	---
	16-20	500.00	145.878	400		1.47	2.42	---
	20-21	620.00	58.548	315	полістилен	0.95	1.85	---
	17-21	860.00	79.499	355		1.02	-2.51	---
						Невязка:	0.004	
12	19-18	420.00	50.896	315		0.83	0.98	---
	18-22	520.00	36.771	280		0.89	1.77	---
	22-23	620.00	23.471	250	полістилен	0.71	1.64	---
	19-23	1000.00	31.246	250		0.95	-4.39	---
						Невязка:	0.001	
13	19-20	300.00	76.607	280		1.86	-3.76	---
	19-23	1000.00	31.246	250		0.95	4.39	---
	23-24	700.00	15.817	200	полістилен	0.75	2.66	---
	20-24	960.00	86.737	355		1.11	-3.28	---
						Невязка:	0.003	
14	20-21	620.00	58.548	315		0.95	-1.85	---
	20-24	960.00	86.737	355		1.11	3.28	---
	24-25	400.00	67.154	315	полістилен	1.09	1.52	---
	21-25	860.00	86.946	355		1.12	-2.95	---
						Невязка:	0.001	

Таблиця Г.10 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №8)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр ,мм	Матеріал труб	Швидкість , м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	37.073	250		1.13	-2.97	---
	2-6	600.00	456.264	560		2.17	3.66	---
	6-5	400.00	25.111	200	полієтилен	1.19	3.44	---
	1-5	760.00	19.373	200		0.92	-4.13	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	519.138	710		1.54	-0.88	---
	3-7	500.00	625.381	800		1.46	0.97	---
	7-6	600.00	118.573	355	полієтилен	1.52	3.57	---
	2-6	600.00	456.264	560		2.17	-3.66	---
						Невязка:	-0.001	
3	3-4	400.00	132.881	355		1.71	2.91	---
	4-8	300.00	125.881	355		1.62	1.98	---
	7-8	560.00	130.000	355	полієтилен	1.67	-3.92	---
	3-7	500.00	625.381	800		1.46	-0.97	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	25.111	200		1.19	-3.44	---
	6-11	400.00	511.427	630		1.92	1.70	---
	11-10	500.00	35.373	250	полієтилен	1.08	2.73	---
	5-10	320.00	25.584	250		0.78	-0.98	---
						Невязка:	-0.001	
	6-11	400.00	511.427	630		1.92	1.70	---
	12-11	320.00	199.873	355	полієтилен	2.56	-4.80	---
	7-12	400.00	337.308	710		1.00	-0.46	---
						Невязка:	0.002	
6	7-8	560.00	130.000	355		1.67	-3.92	---
	7-12	400.00	337.308	710		1.00	0.46	---
	12-13	800.00	54.135	250	полієтилен	1.65	9.30	---
	9-13	400.00	161.881	355		2.08	-4.13	---
	8-9	260.00	238.781	450		1.90	-1.71	---
						Невязка:	0.005	
7	11-10	500.00	35.373	250		1.08	2.73	---
	10-14	600.00	27.558	250		0.84	2.11	---
	15-14	440.00	38.968	250	полієтилен	1.19	-2.86	---
	11-15	600.00	613.426	710		1.81	-1.98	---
						Невязка:	0.001	
8	12-13	800.00	54.135	250		1.65	-9.30	---
	12-11	320.00	199.873	355		2.56	4.80	---
	11-15	600.00	613.426	710		1.81	1.98	---
	15-16	420.00	204.841	315	полієтилен	3.33	11.55	---
	17-16	800.00	7.183	250		0.22	-0.26	---
	13-17	800.00	167.416	355		2.15	-8.77	---
						Невязка:	0.007	
9	15-14	440.00	38.968	250		1.19	2.86	---
	14-18	500.00	21.325	200		1.01	3.22	---
	19-18	420.00	51.335	315	полієтилен	0.83	-0.99	---
	15-19	600.00	275.517	450		2.19	-5.09	---
						Невязка:	0.001	
10	15-16	420.00	204.841	315		3.33	-11.55	---
	15-19	600.00	275.517	450		2.19	5.09	---
	19-20	300.00	113.868	280	полієтилен	2.76	7.60	---
	16-20	500.00	95.124	400		0.96	-1.14	---
						Невязка:	0.002	

продовження таблиці Г.8

11	17-16 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	7.183 95.124 51.682 85.733	250 400 315 355	*поліетилен*	0.22 0.96 0.84 1.10 **Невязка:**	0.26 1.14 1.48 -2.87 0.001	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	51.335 40.660 27.360 34.615	315 280 250 250	*поліетилен*	0.83 0.99 0.83 1.05 **Невязка:**	0.99 2.12 2.15 -5.26 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	113.868 34.615 23.075 80.110	280 250 200 355	*поліетилен*	2.76 1.05 1.10 1.03 **Невязка:**	-7.60 5.26 5.19 -2.85 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	51.682 80.110 67.785 86.315	315 355 315 355	*поліетилен*	0.84 1.03 1.10 1.11 **Невязка:**	-1.48 2.85 1.55 -2.91 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.11 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №9)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	34.182	250		1.04	-2.57	---
	2-6	600.00	367.841	560		1.75	2.49	---
	6-5	400.00	23.995	200	*поліетилен*	1.14	3.18	---
	1-5	760.00	16.482	200		0.78	-3.10	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	427.823	710		1.27	-0.63	---
	3-7	500.00	719.735	800		1.68	1.25	---
	7-6	600.00	82.454	355	*поліетилен*	1.06	1.87	---
	2-6	600.00	367.841	560		1.75	-2.49	---
						Невязка:	-0.001	
3	3-4	400.00	129.842	355		1.67	2.79	---
	4-8	300.00	122.842	355		1.58	1.90	---
	7-8	560.00	120.795	355	*поліетилен*	1.55	-3.44	---
	3-7	500.00	719.735	800		1.68	-1.25	---
						Невязка:	0.001	
4	6-5	400.00	23.995	200		1.14	-3.18	---
	6-11	400.00	388.000	630		1.46	1.04	---
	11-10	500.00	36.336	250	*поліетилен*	1.11	2.87	---
	5-10	320.00	21.577	250		0.66	-0.73	---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	82.454	355		1.06	1.87	---
	6-11	400.00	388.000	630		1.46	1.04	---
	12-11	320.00	124.163	355	*поліетилен*	1.59	-2.06	---
	7-12	400.00	476.986	710		1.41	-0.85	---
						Невязка:	0.001	
6	7-8	560.00	120.795	355		1.55	-3.44	---
	7-12	400.00	476.986	710		1.41	0.85	---
	12-13	800.00	48.792	250	*поліетилен*	1.49	7.74	---
	9-13	400.00	149.637	355		1.92	-3.59	---
	8-9	260.00	226.537	450		1.80	-1.56	---
						Невязка:	-0.004	
7	11-10	500.00	36.336	250		1.11	2.87	---
	10-14	600.00	24.513	250		0.75	1.71	---
	15-14	440.00	44.355	250	*поліетилен*	1.35	-3.59	---
	11-15	600.00	413.327	710		1.22	-0.98	---
						Невязка:	0.000	
8	12-11	320.00	124.163	355		1.59	2.06	---
	11-15	600.00	413.327	710		1.22	0.98	---
	16-15	420.00	39.850	315	*поліетилен*	0.65	-0.63	---
	12-16	840.00	220.731	500		1.32	-2.41	---
						Невязка:	-0.000	
9	12-13	800.00	48.792	250		1.49	-7.74	---
	12-16	840.00	220.731	500		1.32	2.41	---
	16-17	800.00	63.981	250	*поліетилен*	1.95	12.51	---
	13-17	800.00	149.829	355		1.92	-7.20	---
						Невязка:	-0.008	
10	15-14	440.00	44.355	250		1.35	3.59	---
	14-18	500.00	23.668	200	*поліетилен*	1.12	3.88	---
	19-18	420.00	52.475	315		0.85	-1.03	---

продовження таблиці Г.11

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	15-19	600.00	314.722	450	*поліетилен*	2.50 Невязка:	-6.44 -0.000	---
11	16-15 15-19 19-20 20-21 17-21 16-17	420.00 600.00 300.00 620.00 860.00 800.00	39.850 314.722 148.769 4.814 139.310 63.981	315 450 280 315 355 250	*поліетилен*	0.65 2.50 3.61 0.08 1.79 1.95 Невязка:	0.63 6.44 12.22 0.02 -6.80 -12.51 -0.005	--- --- --- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	52.475 44.143 30.843 37.778	315 280 250 250	*поліетилен*	0.85 1.07 0.94 1.15 Невязка:	1.03 2.45 2.66 -6.14 -0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	148.769 37.778 29.720 66.756	280 250 200 355	*поліетилен*	3.61 1.15 1.41 0.86 Невязка:	-12.22 6.14 8.13 -2.06 -0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	4.814 66.756 61.076 93.024	315 355 315 355	*поліетилен*	0.08 0.86 0.99 1.19 Невязка:	-0.02 2.06 1.29 -3.32 -0.000	--- --- --- ---

Таблиця Г.12 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2 в аварійному режимі (випадок №10)

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	32.968	250		1.00	-2.41	---
	2-6	600.00	346.849	560		1.65	2.25	---
	6-5	400.00	22.664	200	поліетилен	1.08	2.87	---
	1-5	760.00	15.268	200		0.73	-2.71	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-2	360.00	405.617	710		1.20	-0.57	---
	3-7	500.00	754.954	800		1.76	1.36	---
	7-6	600.00	71.615	355	поліетилен	0.92	1.46	---
	2-6	600.00	346.849	560		1.65	-2.25	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	116.829	355		1.50	2.32	---
	4-8	300.00	109.829	355		1.41	1.56	---
	7-8	560.00	101.167	355	поліетилен	1.30	-2.51	---
	3-7	500.00	754.954	800		1.76	-1.36	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	22.664	200		1.08	-2.87	---
	6-11	400.00	357.499	630		1.34	0.90	---
	11-10	500.00	34.061	250	поліетилен	1.04	2.56	---
	5-10	320.00	19.033	250		0.58	-0.58	---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	71.615	355	поліетилен	0.92	1.46	---
1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6-11	400.00	357.499	630		1.34	0.90	---
	12-11	320.00	95.340	355		1.22	-1.29	---
	7-12	400.00	542.673	710	поліетилен	1.61	-1.06	---
						Невязка:	0.001	
6	7-8	560.00	101.167	355		1.30	-2.51	---
	7-12	400.00	542.673	710		1.61	1.06	---
	12-13	800.00	37.948	250	поліетилен	1.16	4.95	---
	9-13	400.00	116.996	355		1.50	-2.32	---
	8-9	260.00	193.896	450		1.54	-1.18	---
						Невязка:	0.004	
7	11-10	500.00	34.061	250		1.04	2.56	---
	10-14	600.00	19.693	250		0.60	1.16	---
	15-14	440.00	39.761	250	поліетилен	1.21	-2.96	---
	11-15	600.00	356.279	710		1.05	-0.76	---
						Невязка:	0.000	
8	12-11	320.00	95.340	355		1.22	1.29	---
	11-15	600.00	356.279	710		1.05	0.76	---
	15-19	600.00	222.418	450		1.77	3.48	---
	19-20	300.00	62.992	280	поліетилен	1.53	2.66	---
	16-20	500.00	175.290	400		1.77	-3.36	---
	12-16	840.00	326.084	500		1.95	-4.83	---
						Невязка:	0.001	
9	12-13	800.00	37.948	250		1.16	-4.95	---
	12-16	840.00	326.084	500		1.95	4.83	---
	16-17	800.00	33.894	250	поліетилен	1.03	4.05	---
	13-17	800.00	106.344	355		1.36	-3.92	---
						Невязка:	0.007	
10	15-14	440.00	39.761	250		1.21	2.96	---
	14-18	500.00	14.254	200		0.68	1.58	---
	19-18	420.00	53.226	315	поліетилен	0.86	-1.06	---
	15-19	600.00	222.418	450		1.77	-3.48	---
						Невязка:	0.000	

продовження таблиці Г.12

11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	33.894 175.290 69.311 65.738	250 400 315 355	*поліетилен*	1.03 1.77 1.13 0.84 **Невязка:**	-4.05 3.36 2.49 -1.79 0.004	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	53.226 35.480 22.180 30.500	315 280 250 250	*поліетилен*	0.86 0.86 0.68 0.93 **Невязка:**	1.06 1.67 1.48 -4.20 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	62.992 30.500 13.780 91.771	280 250 200 355	*поліетилен*	1.53 0.93 0.65 1.18 **Невязка:**	-2.66 4.20 2.08 -3.62 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	69.311 91.771 70.151 83.949	315 355 315 355	*поліетилен*	1.13 1.18 1.14 1.08 **Невязка:**	-2.49 3.62 1.64 -2.77 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Г.13 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2-2 зі сталевих нових трубопроводів

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата,, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	42.101	250	Сталеві нові електрзварні труби	0.79	-1.50	---
	2-6	600.00	313.389	500		1.50	2.68	---
	6-5	400.00	24.087	200		0.70	1.24	---
	1-5	760.00	24.401	200		0.70	-2.41	---
						Невязка:	0.001	
2	3-2	360.00	381.290	700	Сталеві нові електрзварні труби	0.97	-0.48	---
	3-7	500.00	772.566	800		1.52	1.33	---
	7-6	600.00	101.390	350		0.98	1.82	---
	2-6	600.00	313.389	500		1.50	-2.68	---
						Невязка:	0.001	
3	3-4	400.00	123.544	350	Сталеві нові електрзварні труби	1.19	1.77	---
	4-8	300.00	116.544	350		1.13	1.19	---
	7-8	560.00	99.062	350		0.96	-1.63	---
	3-7	500.00	772.566	800		1.52	-1.33	---
						Невязка:	0.001	
4	6-5	400.00	24.087	200	Сталеві нові електрзварні труби	0.70	-1.24	---
	6-11	400.00	352.392	600		1.18	0.91	---
	11-10	500.00	26.037	200		0.75	1.80	---
	5-10	320.00	29.588	200		0.85	-1.46	---
						Невязка:	0.001	
5	7-6	600.00	101.390	350	Сталеві нові електрзварні труби	0.98	1.82	---
	6-11	400.00	352.392	600		1.18	0.91	---
	12-11	320.00	136.890	350		1.32	-1.73	---
	7-12	400.00	532.615	700		1.36	-1.01	---
						Невязка:	-0.003	
6	7-8	560.00	99.062	350	Сталеві нові електрзварні труби	0.96	-1.63	---
	7-12	400.00	532.615	700		1.36	1.01	---
	12-13	800.00	48.523	250		0.91	3.14	---
	9-13	400.00	121.605	350		1.18	-1.72	---
	8-9	260.00	198.505	450		1.16	-0.81	---
						Невязка:	-0.004	
7	11-10	500.00	26.037	200	Сталеві нові електрзварні труби	0.75	1.80	---
	10-14	600.00	22.225	200		0.64	1.60	---
	15-14	440.00	47.328	250		0.88	-1.65	---
	11-15	600.00	400.745	600		1.34	-1.75	---
						Невязка:	-0.002	
8	12-11	320.00	136.890	350	Сталеві нові електрзварні труби	1.32	1.73	---
	11-15	600.00	400.745	600		1.34	1.75	---
	15-16	420.00	60.436	300		0.80	1.04	---
	12-16	840.00	263.902	450		1.55	-4.52	---
						Невязка:	-0.003	
9	12-13	800.00	48.523	250	Сталеві нові електрзварні труби	0.91	-3.14	---
	12-16	840.00	263.902	450		1.55	4.52	---
	16-17	800.00	38.776	250		0.72	2.05	---
	13-17	800.00	121.528	350		1.17	-3.44	---
						Невязка:	-0.009	

продовження таблиці Г.13

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	47.328 24.353 43.846 198.881	250 200 250 450	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.88 0.70 0.82 1.17 Невязка:	1.65 1.58 -1.36 -1.87 -0.001	--- --- --- ---
11	15-16 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	60.436 198.881 50.751 168.662	300 450 250 400	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.80 1.17 0.95 1.27 Невязка:	-1.04 1.87 1.28 -2.12 -0.003	--- --- --- ---
12	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	38.776 168.662 66.379 85.805	250 400 300 350	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.72 1.27 0.87 0.83 Невязка:	-2.05 2.12 1.83 -1.90 -0.004	--- --- --- ---
13	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	43.846 36.199 22.899 28.583	250 250 200 200	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.82 0.68 0.66 0.83 Невязка:	1.36 1.17 1.75 -4.29 -0.006	--- --- --- ---
14	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	50.751 28.583 12.582 75.834	250 200 200 300	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.95 0.83 0.36 1.00 Невязка:	-1.28 4.29 0.64 -3.65 -0.005	--- --- --- ---
15	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	66.379 75.834 53.016 101.084	300 300 300 350	*Сталеві нові електрзварні труби*	0.87 1.00 0.70 0.98 Невязка:	-1.83 3.65 0.77 -2.60 -0.003	--- --- --- ---

Таблиця Г.14 – Результати гідравлічного розрахунку мережі ВМ2-2 зі сталевих ненових трубопроводів

№ кільця	№ ділянки	Довжина, м	Витрата, л/с	Діаметр, мм	Матеріал труб	Швидкість, м/с	h,м	Економ. фактор
1	2-1	500.00	41.112	250	Сталеві ненові електрзварні труби	0.77	-1.97	---
	2-6	600.00	313.764	500		1.50	3.42	---
	6-5	400.00	23.821	200		0.69	1.72	---
	1-5	760.00	23.412	200		0.68	-3.16	---
						Невязка:	0.001	
2	3-2	360.00	380.676	700	Сталеві ненові електрзварні труби	0.97	-0.59	---
	3-7	500.00	773.440	800		1.52	1.65	---
	7-6	600.00	101.131	350		0.98	2.36	---
	2-6	600.00	313.764	500		1.50	-3.42	---
						Невязка:	0.001	
3	3-4	400.00	123.284	350	Сталеві ненові електрзварні труби	1.19	2.28	---
	4-8	300.00	116.284	350		1.12	1.53	---
	7-8	560.00	100.010	350		0.97	-2.16	---
	3-7	500.00	773.440	800		1.52	-1.65	---
						Невязка:	0.001	
4	6-5	400.00	23.821	200	Сталеві ненові труби	0.69	-1.72	---
	6-11	400.00	352.774	600	Сталеві ненові електрзварні труби	1.18	1.13	---
	11-10	500.00	25.750	200		0.75	2.47	---
	5-10	320.00	28.332	200		0.83	-1.89	---
						Невязка:	0.001	
5	7-6	600.00	101.131	350	Сталеві ненові електрзварні труби	0.98	2.36	---
	6-11	400.00	352.774	600		1.18	1.13	---
	12-11	320.00	137.185	350		1.33	-2.25	---
	7-12	400.00	532.800	700		1.36	-1.25	---
						Невязка:	-0.002	
6	7-8	560.00	100.010	350	Сталеві ненові електрзварні труби	0.97	-2.16	---
	7-12	400.00	532.800	700		1.36	1.25	---
	12-13	800.00	47.857	250		0.90	4.18	---
	9-13	400.00	122.293	350		1.18	-2.24	---
	8-9	260.00	199.193	450		1.17	-1.03	---
						Невязка:	-0.004	
7	11-10	500.00	25.750	200	Сталеві ненові електрзварні труби	0.75	2.47	---
	10-14	600.00	20.682	200		0.60	1.99	---
	15-14	440.00	47.577	250		0.90	-2.27	---
	11-15	600.00	401.709	600		1.35	-2.19	---
						Невязка:	-0.002	
8	12-11	320.00	137.185	350	Сталеві ненові електрзварні труби	1.33	2.25	---
	11-15	600.00	401.709	600		1.35	2.19	---
	15-16	420.00	60.728	300		0.80	1.39	---
	12-16	840.00	264.458	450		1.55	-5.83	---
						Невязка:	-0.003	
9	12-13	800.00	47.857	250	Сталеві ненові електрзварні труби	0.90	-4.18	---
	12-16	840.00	264.458	450		1.55	5.83	---
	16-17	800.00	38.318	250		0.72	2.77	---
	13-17	800.00	121.550	350		1.17	-4.43	---
						Невязка:	-0.008	
10	15-14	440.00	47.577	250	Сталеві ненові електрзварні труби	0.90	2.27	---
	14-18	500.00	23.059	200		0.67	2.02	---
	19-18	420.00	44.465	250		0.84	-1.92	---
	15-19	600.00	199.305	450		1.17	-2.38	---
						Невязка:	-0.002	
11	15-16	420.00	60.728	300	Сталеві ненові електрзварні труби	0.80	-1.39	---
	15-19	600.00	199.305	450		1.17	2.38	---
	19-20	300.00	50.990	250		0.96	1.76	---
	16-20	500.00	169.969	400		1.27	-2.75	---
						Невязка:	-0.003	

продовження таблиці Г.14

12	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	38.318 169.969 67.303 85.368	250 400 300 350	*Сталеві ненові електрзварні труби*	0.72 1.27 0.89 0.82 **Невязка:**	-2.77 2.75 2.49 -2.47 -0.005	--- --- --- ---
13	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	44.465 35.524 22.224 28.149	250 250 200 200	*Сталеві ненові електрзварні труби*	0.84 0.67 0.65 0.82 **Невязка:**	1.92 1.57 2.34 -5.83 -0.005	--- --- --- ---
14	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	50.990 28.149 11.473 76.456	250 200 200 300	*Сталеві ненові електрзварні труби*	0.96 0.82 0.33 1.01 **Невязка:**	-1.76 5.83 0.80 -4.88 -0.006	--- --- --- ---
1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	67.303 76.456 52.529 101.571	300 300 300 350	*Сталеві ненові електрзварні труби*	0.89 1.01 0.69 0.98 **Невязка:**	-2.49 4.88 1.02 -3.41 -0.003	--- --- --- ---

ДОДАТОК Д. ВИЗНАЧЕННЯ П'ЄЗОМЕТРИЧНИХ ПОЗНАЧОК ПРИ АВАРІЯХ ДЛЯ МЕРЕЖІ ВМ2-1

Таблиця Д.1 – П'єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №1)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П'єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	132,41	1	-4,28	128,13	80,00	48,13	42,53	8,53	34,00
		2	-0,03	132,38	80,00	52,38	46,78	12,78	34,00
		3	0,00	132,41	75,00	57,41	51,81	17,81	34,00
		4	-2,97	129,44	71,00	58,44	52,84	18,84	34,00
		5	-12,07	120,34	80,00	40,34	34,74	0,74	34,00
		6	-10,76	121,65	79,00	42,65	37,05	3,05	34,00
		7	-2,53	129,88	77,50	52,38	46,78	12,78	34,00
		8	-5,00	127,41	75,00	52,41	46,81	12,81	34,00
		9	-6,37	126,04	70,00	56,04	50,44	16,44	34,00
		10 н.т.	-12,91	119,50	77,50	42,00	36,40	-5,60	42,00
		11	-10,92	121,49	77,50	43,99	38,39	-3,61	42,00
		12	-4,39	128,02	77,50	50,52	44,92	2,92	42,00
		13	-9,30	123,11	73,00	50,11	44,51	2,51	42,00
		14	-14,05	118,36	73,00	45,36	39,76	-2,24	42,00
		15	-11,42	120,99	74,00	46,99	41,39	-0,61	42,00
		16	-10,82	121,59	73,00	48,59	42,99	0,99	42,00
		17	-14,36	118,05	74,00	44,05	38,45	-3,55	42,00
		18	-15,12	117,29	70,00	47,29	41,69	-0,31	42,00
		19	-14,06	118,35	71,00	47,35	41,75	-0,25	42,00
		20	-14,92	117,49	71,50	45,99	40,39	-1,61	42,00
		21	-16,88	115,53	71,50	44,03	38,43	-3,57	42,00
		22	-16,54	115,87	66,00	49,87	44,27	2,27	42,00
		23	-17,69	114,72	66,00	48,72	43,12	1,12	42,00
		24	-18,55	113,86	67,00	46,86	41,26	-0,74	42,00
		25	-19,97	112,44	67,00	45,44	39,84	-2,16	42,00

Таблиця Д.2 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №2)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	Необхідний напір, Н необх., м
3	133,47	1	-4,02	129,45	80,00	49,45	42,79	8,79	34,00
		2	-0,19	133,28	80,00	53,28	46,62	12,62	34,00
		3	0,00	133,47	75,00	58,47	51,81	17,81	34,00
		4	-2,89	130,58	71,00	59,58	52,92	18,92	34,00
		5	-10,55	122,92	80,00	42,92	36,26	2,26	34,00
		6	-0,70	132,77	79,00	53,77	47,11	13,11	34,00
		7	-1,96	131,51	77,50	54,01	47,35	13,35	34,00
		8	-4,86	128,61	75,00	53,61	46,95	12,95	34,00
		9	-6,32	127,15	70,00	57,15	50,49	16,49	34,00
		10 н.т.	-13,97	119,50	77,50	42,00	35,34	-6,66	42,00
		11	-13,74	119,73	77,50	42,23	35,57	-6,43	42,00
		12	-4,29	129,18	77,50	51,68	45,02	3,02	42,00
		13	-9,56	123,91	73,00	50,91	44,25	2,25	42,00
		14	-15,98	117,49	73,00	44,49	37,83	-4,17	42,00
		15	-14,07	119,40	74,00	45,40	38,74	-3,26	42,00
		16	-12,10	121,37	73,00	48,37	41,71	-0,29	42,00
		17	-15,30	118,17	74,00	44,17	37,51	-4,49	42,00
		18	-17,26	116,21	70,00	46,21	39,55	-2,45	42,00
		19	-16,27	117,20	71,00	46,20	39,54	-2,46	42,00
		20	-16,57	116,90	71,50	45,40	38,74	-3,26	42,00
		21	-18,26	115,21	71,50	43,71	37,05	-4,95	42,00
		22	-18,61	114,86	66,00	48,86	42,20	0,20	42,00
		23	-19,65	113,82	66,00	47,82	41,16	-0,84	42,00
		24	-20,17	113,30	67,00	46,30	39,64	-2,36	42,00
		25	-21,49	111,98	67,00	44,98	38,32	-3,68	42,00

Таблиця Д.3 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №3)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	140,07	1	-3,70	136,37	80,00	56,37	43,11	9,11	34,00
		2	-0,39	139,68	80,00	59,68	46,42	12,42	34,00
		3	0,00	140,07	75,00	65,07	51,81	17,81	34,00
		4	-3,06	137,01	71,00	66,01	52,75	18,75	34,00
		5	-8,75	131,32	80,00	51,32	38,06	4,06	34,00
		6	-1,74	138,33	79,00	59,33	46,07	12,07	34,00
		7	-1,56	138,51	77,50	61,01	47,75	13,75	34,00
		8	-5,15	134,92	75,00	59,92	46,66	12,66	34,00
		9	-6,83	133,24	70,00	63,24	49,98	15,98	34,00
		10	-10,96	129,11	77,50	51,61	38,35	-3,65	42,00
		11	-2,08	137,99	77,50	60,49	47,23	5,23	42,00
		12	-2,94	137,13	77,50	59,63	46,37	4,37	42,00
		13	-10,85	129,22	73,00	56,22	42,96	0,96	42,00
		14	-23,56	116,51	73,00	43,51	30,25	-11,75	42,00
		15 н.т.	-24,07	116,00	74,00	42,00	28,74	-13,26	42,00
		16	-16,05	124,02	73,00	51,02	37,76	-4,24	42,00
		17	-18,96	121,11	74,00	47,11	33,85	-8,15	42,00
		18	-25,44	114,63	70,00	44,63	31,37	-10,63	42,00
		19	-24,73	115,34	71,00	44,34	31,08	-10,92	42,00
		20	-22,85	117,22	71,50	45,72	32,46	-9,54	42,00
		21	-23,71	116,36	71,50	44,86	31,60	-10,40	42,00
		22	-26,39	113,68	66,00	47,68	34,42	-7,58	42,00
		23	-26,94	113,13	66,00	47,13	33,87	-8,13	42,00
		24	-26,58	113,49	67,00	46,49	33,23	-8,77	42,00
		25	-27,57	112,50	67,00	45,50	32,24	-9,76	42,00

Таблиця Д.4 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №4)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	135,85	1	-3,08	133,77	80,00	53,77	43,73	9,73	34,00
		2	-0,51	136,34	80,00	56,34	46,30	12,30	34,00
		3	0,00	136,85	75,00	61,85	51,81	17,81	34,00
		4	-2,69	134,16	71,00	63,16	53,12	19,12	34,00
		5	-6,18	130,67	80,00	50,67	40,63	6,63	34,00
		6	-2,47	134,38	79,00	55,38	45,34	11,34	34,00
		7	-1,41	135,44	77,50	57,94	47,90	13,90	34,00
		8	-4,51	132,34	75,00	57,34	47,30	13,30	34,00
		9	-5,95	130,90	70,00	60,90	50,86	16,86	34,00
		10	-7,04	129,81	77,50	52,31	42,27	0,27	42,00
		11	-3,20	133,65	77,50	56,15	46,11	4,11	42,00
		12	-2,52	134,33	77,50	56,83	46,79	4,79	42,00
		13	-9,14	127,71	73,00	54,71	44,67	2,67	42,00
		14	-9,96	126,89	73,00	53,89	43,85	1,85	42,00
		15	-3,68	133,17	74,00	59,17	49,13	7,13	42,00
		16	-8,33	128,52	73,00	55,52	45,48	3,48	42,00
		17	-15,19	121,66	74,00	47,66	37,62	-4,38	42,00
		18	-23,87	112,98	70,00	42,98	32,94	-9,06	42,00
		19 н.т.	-23,85	113,00	71,00	42,00	31,96	-10,04	42,00
		20	-18,21	118,64	71,50	47,14	37,10	-4,90	42,00
		21	-19,46	117,39	71,50	45,89	35,85	-6,15	42,00
		22	-24,63	112,22	66,00	46,22	36,18	-5,82	42,00
		23	-24,96	111,89	66,00	45,89	35,85	-6,15	42,00
		24	-22,53	114,32	67,00	47,32	37,28	-4,72	42,00
		25	-23,45	113,40	67,00	46,40	36,36	-5,64	42,00

Таблиця Д.5 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №5)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	127,09	1	-3,45	123,64	80,00	43,64	43,36	9,36	34,00
		2	-0,76	126,33	80,00	46,33	46,05	12,05	34,00
		3	0,00	127,09	75,00	52,09	51,81	17,81	34,00
		4	-2,21	124,88	71,00	53,88	53,60	19,60	34,00
		5	-6,86	120,23	80,00	40,23	39,95	5,95	34,00
		6	-3,89	123,20	79,00	44,20	43,92	9,92	34,00
		7	-1,14	125,95	77,50	48,45	48,17	14,17	34,00
		8	-3,70	123,39	75,00	48,39	48,11	14,11	34,00
		9	-4,87	122,22	70,00	52,22	51,94	17,94	34,00
		10	-7,59	119,50	77,50	42,00	41,72	-0,28	42,00
		11	-5,30	121,79	77,50	44,29	44,01	2,01	42,00
		12	-1,87	125,22	77,50	47,72	47,44	5,44	42,00
		13	-7,14	119,95	73,00	46,95	46,67	4,67	42,00
		14	-8,79	118,30	73,00	45,30	45,02	3,02	42,00
		15	-6,09	121,00	74,00	47,00	46,72	4,72	42,00
		16	-6,47	120,62	73,00	47,62	47,34	5,34	42,00
		17	-11,05	116,04	74,00	42,04	41,76	-0,24	42,00
		18	-10,09	117,00	70,00	47,00	46,72	4,72	42,00
		19	-9,04	118,05	71,00	47,05	46,77	4,77	42,00
		20	-10,50	116,59	71,50	45,09	44,81	2,81	42,00
		21	-12,95	114,14	71,50	42,64	42,36	0,36	42,00
		22	-11,62	115,47	66,00	49,47	49,19	7,19	42,00
		23	-12,91	114,18	66,00	48,18	47,90	5,90	42,00
		24	-14,23	112,86	67,00	45,86	45,58	3,58	42,00
		25	-15,81	111,28	67,00	44,28	44,00	2,00	42,00

Таблиця Д.6 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №6)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	143,35	1	-7,82	135,53	80,00	55,53	38,99	4,99	34,00
		2	-2,78	140,57	80,00	60,57	44,03	10,03	34,00
		3	0,00	143,35	75,00	68,35	51,81	17,81	34,00
		4	-11,52	131,83	71,00	60,83	44,29	10,29	34,00
		5	-18,03	125,32	80,00	45,32	28,78	-5,22	34,00
		6	-15,30	128,05	79,00	49,05	32,51	-1,49	34,00
		7	-20,86	122,49	77,50	44,99	28,45	-5,55	34,00
		8	-19,78	123,57	75,00	48,57	32,03	-1,97	34,00
		9	-21,05	122,30	70,00	52,30	35,76	1,76	34,00
		10	-19,78	123,57	77,50	46,07	29,53	-12,47	42,00
		11	-18,26	125,09	77,50	47,59	31,05	-10,95	42,00
		12	-21,00	122,35	77,50	44,85	28,31	-13,69	42,00
		13	-23,66	119,69	73,00	46,69	30,15	-11,85	42,00
		14	-21,87	121,48	73,00	48,48	31,94	-10,06	42,00
		15	-19,48	123,87	74,00	49,87	33,33	-8,67	42,00
		16	-23,24	120,11	73,00	47,11	30,57	-11,43	42,00
		17 н.т.	-27,35	116,00	74,00	42,00	25,46	-16,54	42,00
		18	-24,12	119,23	70,00	49,23	32,69	-9,31	42,00
		19	-23,13	120,22	71,00	49,22	32,68	-9,32	42,00
		20	-26,39	116,96	71,50	45,46	28,92	-13,08	42,00
		21	-28,99	114,36	71,50	42,86	26,32	-15,68	42,00
		22	-25,87	117,48	66,00	51,48	34,94	-7,06	42,00
		23	-27,47	115,88	66,00	49,88	33,34	-8,66	42,00
		24	-30,00	113,35	67,00	46,35	29,81	-12,19	42,00
		25	-31,68	111,67	67,00	44,67	28,13	-13,87	42,00

Таблиця Д.7 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №7)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	137,23	1	-5,62	131,61	80,00	51,61	41,19	7,19	34,00
		2	-1,64	135,59	80,00	55,59	45,17	11,17	34,00
		3	0,00	137,23	75,00	62,23	51,81	17,81	34,00
		4	-3,60	133,63	71,00	62,63	52,21	18,21	34,00
		5	-12,60	124,63	80,00	44,63	34,21	0,21	34,00
		6	-8,80	128,43	79,00	49,43	39,01	5,01	34,00
		7	-0,42	136,81	77,50	59,31	48,89	14,89	34,00
		8	-6,09	131,14	75,00	56,14	45,72	11,72	34,00
		9	-8,44	128,79	70,00	58,79	48,37	14,37	34,00
		10	-14,21	123,02	77,50	45,52	35,10	-6,90	42,00
		11	-12,50	124,73	77,50	47,23	36,81	-5,19	42,00
		12	-17,73	119,50	77,50	42,00	31,58	-10,42	42,00
		13	-14,94	122,29	73,00	49,29	38,87	-3,13	42,00
		14	-16,29	120,94	73,00	47,94	37,52	-4,48	42,00
		15	-13,85	123,38	74,00	49,38	38,96	-3,04	42,00
		16	-19,00	118,23	73,00	45,23	34,81	-7,19	42,00
		17	-20,75	116,48	74,00	42,48	32,06	-9,94	42,00
		18	-18,65	118,58	70,00	48,58	38,16	-3,84	42,00
		19	-17,67	119,56	71,00	48,56	38,14	-3,86	42,00
		20	-21,43	115,80	71,50	44,30	33,88	-8,12	42,00
		21	-23,27	113,96	71,50	42,46	32,04	-9,96	42,00
		22	-20,42	116,81	66,00	50,81	40,39	-1,61	42,00
		23	-22,06	115,17	66,00	49,17	38,75	-3,25	42,00
		24	-24,70	112,53	67,00	45,53	35,11	-6,89	42,00
		25	-26,21	111,02	67,00	44,02	33,60	-8,40	42,00

Таблиця Д.8 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №8)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	135,88	1	-3,86	132,02	80,00	52,02	42,95	8,95	34,00
		2	-0,89	134,99	80,00	54,99	45,92	11,92	34,00
		3	0,00	135,88	75,00	60,88	51,81	17,81	34,00
		4	-2,91	132,97	71,00	61,97	52,90	18,90	34,00
		5	-7,99	127,89	80,00	47,89	38,82	4,82	34,00
		6	-4,54	131,34	79,00	52,34	43,27	9,27	34,00
		7	-0,98	134,90	77,50	57,40	48,33	14,33	34,00
		8	-4,90	130,98	75,00	55,98	46,91	12,91	34,00
		9	-6,61	129,27	70,00	59,27	50,20	16,20	34,00
		10	-8,97	126,91	77,50	49,41	40,34	-1,66	42,00
		11	-6,24	129,64	77,50	52,14	43,07	1,07	42,00
		12	-1,44	134,44	77,50	56,94	47,87	5,87	42,00
		13	-10,74	125,14	73,00	52,14	43,07	1,07	42,00
		14	-11,08	124,80	73,00	51,80	42,73	0,73	42,00
		15	-8,22	127,66	74,00	53,66	44,59	2,59	42,00
		16	-19,77	116,11	73,00	43,11	34,04	-7,96	42,00
		17 н.т.	-19,51	116,37	74,00	42,37	33,30	-8,70	42,00
		18	-14,30	121,58	70,00	51,58	42,51	0,51	42,00
		19	-13,31	122,57	71,00	51,57	42,50	0,50	42,00
		20	-20,91	114,97	71,50	43,47	34,40	-7,60	42,00
		21	-22,38	113,50	71,50	42,00	32,93	-9,07	42,00
		22	-16,42	119,46	66,00	53,46	44,39	2,39	42,00
		23	-18,57	117,31	66,00	51,31	42,24	0,24	42,00
		24	-23,75	112,13	67,00	45,13	36,06	-5,94	42,00
		25	-25,29	110,59	67,00	43,59	34,52	-7,48	42,00

Таблиця Д.9 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №9)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	
3	137,34	1	-3,20	134,14	80,00	54,14	43,61	9,61	34,00
		2	-0,63	136,71	80,00	56,71	46,18	12,18	34,00
		3	0,00	137,34	75,00	62,34	51,81	17,81	34,00
		4	-2,80	134,54	71,00	63,54	53,01	19,01	34,00
		5	-6,31	131,03	80,00	51,03	40,50	6,50	34,00
		6	-3,13	134,21	79,00	55,21	44,68	10,68	34,00
		7	-1,26	136,08	77,50	58,58	48,05	14,05	34,00
		8	-4,70	132,64	75,00	57,64	47,11	13,11	34,00
		9	-6,25	131,09	70,00	61,09	50,56	16,56	34,00
		10	-7,03	130,31	77,50	52,81	42,28	0,28	42,00
		11	-4,17	133,17	77,50	55,67	45,14	3,14	42,00
		12	-2,10	135,24	77,50	57,74	47,21	5,21	42,00
		13	-9,84	127,50	73,00	54,50	43,97	1,97	42,00
		14	-8,74	128,60	73,00	55,60	45,07	3,07	42,00
		15	-5,15	132,19	74,00	58,19	47,66	5,66	42,00
		16	-4,52	132,82	73,00	59,82	49,29	7,29	42,00
		17	-17,04	120,30	74,00	46,30	35,77	-6,23	42,00
		18	-12,62	124,72	70,00	54,72	44,19	2,19	42,00
		19	-11,59	125,75	71,00	54,75	44,22	2,22	42,00
		20	-23,81	113,53	71,50	42,03	31,50	-10,50	42,00
		21 н.т.	-23,84	113,50	71,50	42,00	31,47	-10,53	42,00
		22	-15,08	122,26	66,00	56,26	45,73	3,73	42,00
		23	-17,73	119,61	66,00	53,61	43,08	1,08	42,00
		24	-25,86	111,48	67,00	44,48	33,95	-8,05	42,00
		25	-27,16	110,18	67,00	43,18	32,65	-9,35	42,00

Таблиця Д.10 – П’єзометри та вільні тиски у вузлах мережі ВМ2 (аварійний випадок №10)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							
Номер вузла	П’єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П’єзом. позначка, м (гідравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвіл.ф.	Різниця Нвіл.ф. - Н необх., м	Необхідний напір, Н необх., м
3	127,30	1	-2,98	124,32	80,00	44,32	43,83	9,83	34,00
		2	-0,57	126,73	80,00	46,73	46,24	12,24	34,00
		3	0,00	127,30	75,00	52,30	51,81	17,81	34,00
		4	-2,31	124,99	71,00	53,99	53,50	19,50	34,00
		5	-5,69	121,61	80,00	41,61	41,12	7,12	34,00
		6	-2,82	124,48	79,00	45,48	44,99	10,99	34,00
		7	-1,36	125,94	77,50	48,44	47,95	13,95	34,00
		8	-3,87	123,43	75,00	48,43	47,94	13,94	34,00
		9	-5,05	122,25	70,00	52,25	51,76	17,76	34,00
		10	-6,27	121,03	77,50	43,53	43,04	1,04	42,00
		11	-3,72	123,58	77,50	46,08	45,59	3,59	42,00
		12	-2,42	124,88	77,50	47,38	46,89	4,89	42,00
		13	-7,38	119,92	73,00	46,92	46,43	4,43	42,00
		14	-7,43	119,87	73,00	46,87	46,38	4,38	42,00
		15	-4,47	122,83	74,00	48,83	48,34	6,34	42,00
		16	-7,25	120,05	73,00	47,05	46,56	4,56	42,00
		17 н.т.	-11,30	116,00	74,00	42,00	41,51	-0,49	42,00
		18	-9,01	118,29	70,00	48,29	47,80	5,80	42,00
		19	-7,95	119,35	71,00	48,35	47,86	5,86	42,00
		20	-10,61	116,69	71,50	45,19	44,70	2,70	42,00
		21	-13,10	114,20	71,50	42,70	42,21	0,21	42,00
		22	-10,68	116,62	66,00	50,62	50,13	8,13	42,00
		23	-12,15	115,15	66,00	49,15	48,66	6,66	42,00
		24	-14,23	113,07	67,00	46,07	45,58	3,58	42,00
		25	-15,87	111,43	67,00	44,43	43,94	1,94	42,00