МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

1 відступ (інтервал 1,5)

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

4 відступи (інтервал 1,5)

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

магістра

на тему: **«ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ КІЛЬКОСТІ РЕГУЛЮВАЛЬНИХ МІСТКОСТЕЙ»**

3 відступи (інтервал 1,5)

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

1 відступ (інтервал 1,0)

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

1 відступ (інтервал 1,0)

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

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«03» травня 20 23року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ

Бурлаченко Андрію Андрійовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням кількості регулювальних місткостей
2. Строк подання роботи: *05.12.2023*

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

***4**. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1.Загальна частина. Застосування регулювальних місткостей на мережах транспортування води. 2.Спеціальна частина. Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням кількості регулювальних місткостей. 2.1 Методика дослідження. 2.2 Формування вихідних даних. 2.3 Дослідження впливу кількості та розташування регулювальних місткостей на гідравлічні режими роботи мережі.2.4 Дослідження гідравлічних режимів роботи мережі при моделюванні аварійних ділянок. 2.5 Визначення напору насосів та характеристик водоводів.3. Охорона праці.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
1.Генплан населеного пункту. Підготовка мережі для дослідження. 2. Вихідна схема та п'єзометрична карта для варіанта В1 з баштою на початку водопровідної мережі. 3. Вихідна схема та п'єзометрична карта для варіанта В2 мережі з контррезервуарами. 4. Вихідна схема та п'єзометрична карта для варіанта В3 мережі з двома баштами в середині 5. П'єзометричні лінії для варіанта В1 до та після моделювання аварійних ситуацій. 6. П'єзометричні лінії для варіанта В2 до та після моделювання аварійних ситуацій. 7. П'єзометричні лінії для варіанта В3 до та після моделювання аварійних ситуацій. 8. Результати дослідження.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

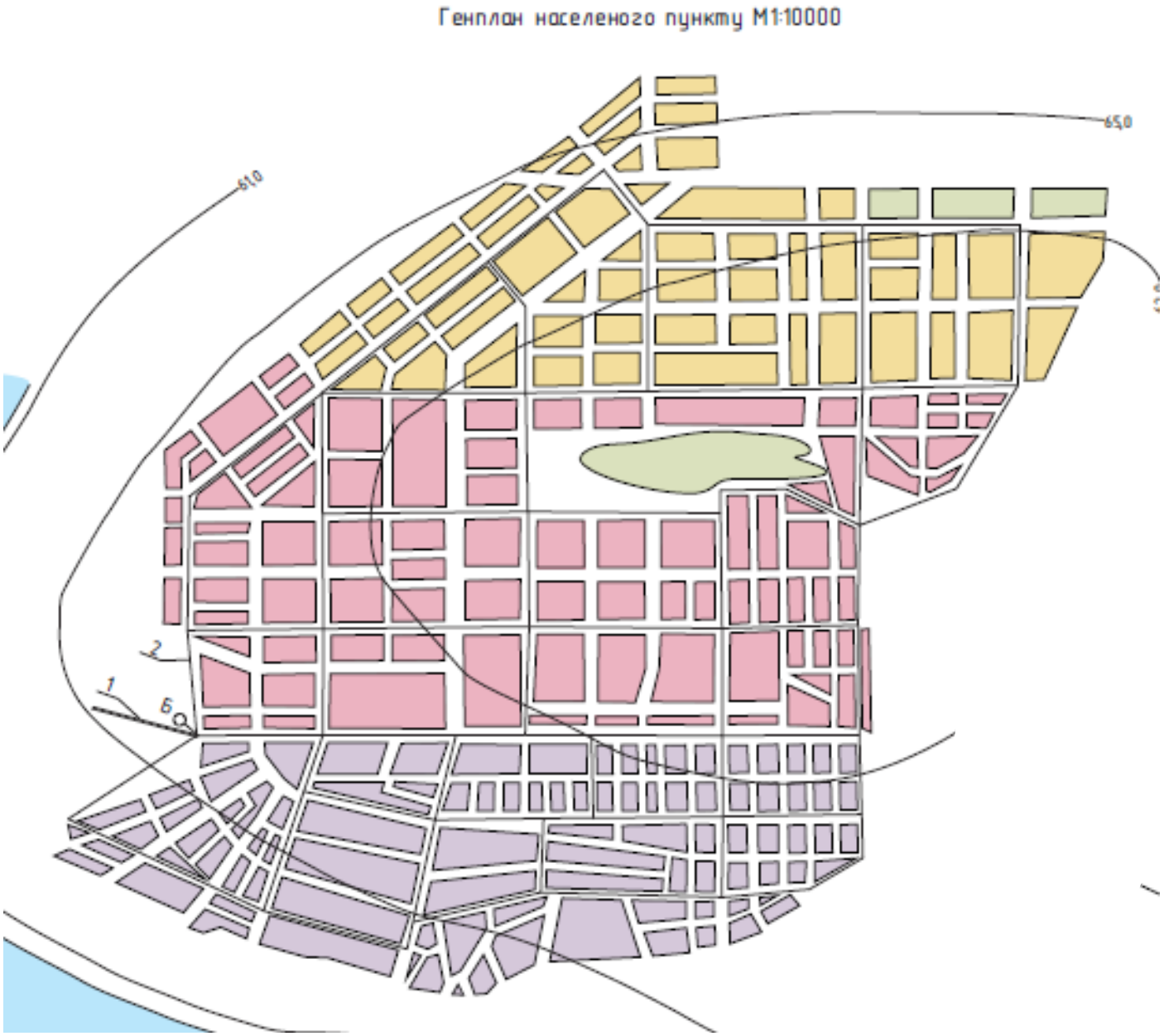
КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Примітка
№	**Вид роботи**		
1	1.Загальна частина. Застосування регулювальних місткостей на мережах транспортування води.	15.10.23	
2	2.1 Методика дослідження. 2.2 Формування вихідних даних. Лист1.	5.11.23	
3	2.3 Дослідження впливу кількості та розташування регулювальних місткостей на гідравлічні режими роботи мережі. Лист 2.	10.11.23	
4	2.4 Дослідження гідравлічних режимів роботи мережі при моделюванні аварійних ділянок. Листи 3,4.	15.11.23	
5	2.5 Визначення напору насосів та характеристик водоводів.Листи 5, 6.	20.11.23	
6	4. Охорона праці. Листи 7,8.	26.11.23	
7	Презентація, підготовка доповіді. Попередній захист	11.12.23	

Студент _____ А.А. Бурлаченко
(підпис) (ініціали та прізвище)

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

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ І.В. Гребенюк
(підпис) (ініціали та прізвище)



Площі житлових районів (F):

F_1 = 93,28 га, F_2 = 147,53 га, F_3 = 91,89 га;

Густота населення 1 - 110чол/га; 2- 190 чол/га; 3 чол/га 230 чол/га.

АНОТАЦІЯ

Кваліфікаційна робота магістра «Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням кількості регулювальних місткостей»: с., рис., табл., джерел, додатків.

Ключові слова: СИСТЕМА ВОДОПОСТАЧАННЯ; ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА; ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК; ВИТРАТА; НАПІР; П'ЄЗОМЕТРИЧНА КАРТА, АВАРІЙНА ДІЛЯНКА.

Метою роботи є дослідження впливу розміщення, кількості водонапірних башт та конфігурації водопровідної мережі на її структурну надійність.

Об'єкт досліджень – водопровідна мережа населеного пункту продуктивністю 24105 $м^3$/добу.

Предмет досліджень – гідравлічні показники роботи водопровідної мережі без аварійних ділянок та при моделюванні аварійних ситуацій.

В роботі вирішуються питання проектування інженерних систем шляхом порівняння та економічної оцінки можливих варіантів, зокрема отримання статистичних даних про зміну напору у вузлах водопровідної мережі при зміні кількості та розміщення регулюючих ємностей.

При зміні опору магістралей у вузлах водопровідної мережі утворюється зона недостатнього напору, місце розташування якої для всіх варіантів дослідження залишається постійним. Площі зони недостатнього напору для різних варіантів розташування водонапірних башт мало відрізняються між собою.

Результати дослідження можуть бути основою для подальшого уточнення техніко-економічних показників систем подачі та розподілу води.

ABSTRACT

Master's qualification work «Reconstruction of the city drainage system»: p., fig., table, sources, appendices.

Keywords: WATER DISTRIBUTION SYSTEM; BALANCE SHEET; TREATMENT PLANT; AERATION SYSTEM; ACTIVE SLUDGE; RECONSTRUCTION.

The purpose of the work is to study the improvement of the water drainage system through the reconstruction of the treatment plant and its main elements, namely the main facilities of biological treatment - aeration tanks.

The object of research is a sewage treatment plant with a capacity of 50,000 m3/day.

The subject of research is the structural and technological parameters of traditional and improved construction sewage treatment plants.

The proposed reconstruction of the aeration tanks includes the organization of other technological conditions with sludge recirculation and the replacement of traditional aerators with modern aeration systems. The technological scheme used for the reconstruction provides for the preservation of the current productivity of the buildings.

ЗМІСТ

	Завдання на кваліфікаційну роботу	
	АНОТАЦІЯ	
	ABSTRACT	
	ВСТУП	8
1	РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ ЄМНОСТЕЙ НА МЕРЕЖАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ	10
1.1	Регулюючі ємності на водопровідних мережах	10
1.1.1	Водонапірні башти і колони	11
1.1.2	Запасно-регулювальні резервуари	16
1.1.3	Застосування регулюючих ємностей в схемах живлення водопровідних мереж	17
1.2	Вплив окремих елементів на надійність системи водопостачання	21
1.3	Досвід організації управління водним господарством в європейських країнах	26
1.4	Мета і задачі дослідження	31
2	РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ КІЛЬКОСТІ РЕГУЛЮЮЧИХ ЄМНОСТЕЙ	34
2.1	Методика дослідження	34
2.1.1	Моделювання умов живлення водопровідної мережі	34
2.1.2	Моделювання аварійних ситуацій	38
2.2	Формування вихідних даних	39
2.2.1	Визначення режиму споживання води	39
2.2.2	Режим роботи насосів	43
2.2.3	Визначення об’єму регулюючих ємностей	44
2.2.4	Розрахунок шляхових та вузлових витрат	46
2.3	Дослідження впливу кількості та розташування регулюючих ємностей на гідравлічні режими роботи мережі	49
2.3.1	Гідравлічна ув’язка мережі	50
2.3.2	Розрахунок п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі	50
2.3.3	Визначення висоти стовбурів водонапірних башт для різних	

	варіантів дослідження	52
2.4	Дослідження гідравлічних режимів роботи мережі при моделюванні аварійних ділянок	54
2.5	Визначення напору насосів та характеристик водоводів	55
3	РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ	60
3.1	Особливості експлуатації та обслуговування водопровідних мереж і водонапірних башт	60
3.2	Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих факторів	61
3.3	Інженерна розробка захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на водопровідних мережах	63
3.4	Технічні рішення з виробничої санітарії	66
3.4.1	Об’ємно-планувальні рішення споруд на мережах	66
3.4.2	Опалення та вентиляція	67
3.4.3	Освітлення	68
3.5	Техніка безпеки при роботі в траншеях	68
3.6	Індивідуальні засоби захисту	70
4.4.5	Виробничий шум, виробнича вібрація	69
	ВИСНОВКИ	71
	СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ	72
	ДОДАТКИ	76

ВСТУП

Актуальність роботи. Виключна складність задач визначення найвигідніших рішень під час проектування систем подачі та розподілу води, розмаїття окремих факторів та обставин, що впливають на техніко-економічні показники системи, визначають специфічні особливості підходу до методів практичного рішення цих задач. В більшості випадків найвигідніше рішення систем може бути знайдене в результаті поєднання методів варіантного проектування та техніко-економічних розрахунків окремих можливих систем при різних режимах їх роботи.

Ряд основних питань техніко-економічного розрахунку систем подачі та розподілу води може бути вирішений тільки шляхом послідовного наближення. В інженерному проектуванні питання гідравлічних розрахунків та знаходження оптимальних рішень з підвищення надійності водопровідної мережі зокрема тісно переплітаються. Рішення цієї комплексної задачі обумовлюються специфічними особливостями системи.

Для діючої водопровідної мережі заходи по підвищенню її надійності зводяться до аналізу даних спостережень для виявлення найбільш слабких елементів системи з наступною їх заміною більш надійними.

Метою роботи є дослідження впливу конфігурації водопровідної мережі на її структурну надійність. Структура більшості міських мереж є кільцевою та передбачає живлення конкретного споживача водою за декількома напрямками. Завдяки цьому виникає резервування деяких шляхів доставки води споживачу, що підвищує надійність функціонування водопровідної мережі в цілому, оскільки дає можливість мінімізувати вплив виходу з ладу якоїсь ділянки.

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

- виконати аналіз літературних даних про застосування регулюючих ємностей в схемах живлення водопровідних мереж як елементів надійності подачі, транспортування та розподілу питної води серед споживачів;

- визначити, за якими методами математичної статистики можуть бути отримані основні чисельні імовірнісні оцінки розрахункових та пікових навантажень мережі водопостачання міста;

- виконати гідравлічні розрахунки вихідної водопровідної мережі населеного пункту для трьох варіантів розташування водонапірних башт;

- виконати моделювання кільцевої водопровідної мережі для випадку виникнення аварійних ситуацій та в зв'язку з цим змінення конфігурації мережі (зменшення кількості кілець та ділянок) без зміни водовідбору;

- для графічного відображення гідравлічних результатів побудувати п'єзометричні карти та лінії для всіх варіантів дослідження;

- визначити розрахункові витрати електроенергії на подачу води насосами в мережу для різних варіантів використання водонапірних башт;

- на основі аналізу гідравлічних розрахунків встановити оптимальну кількість та місце розташування башт.

Об'єкт дослідження – водопровідна мережа міста.

Предмет дослідження – гідравлічні показники роботи водопровідної мережі без аварійних ділянок та при моделюванні аварійних ситуацій.

Методи досліджень – метод математичного моделювання, метод обробки статистичних даних, метод гідравлічного розрахунку.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволяють розробити заходи зі зменшення впливу аварійних ситуацій на надійність роботи окремих елементів водопостачання при оптимальному поєднанні їх в цілісну систему.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» (17 - 22 квітня 2023 р.), III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участі молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України» (17 - 20 жовтня 2023 р., м. Запоріжжя).

РОЗДІЛ 1. ЗАСТОСУВАННЯ РЕГУЛЮЮЧИХ ЄМНОСТЕЙ НА МЕРЕЖАХ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ

1.1 Регулюючі ємності на водопровідних мережах

Ємності, що використовуються в системах водопостачання, класифіковані наступним чином:

- за призначенням (за їх функціональною ознакою): регулюючі, запасні, запасно-регулюючі, тобто такі, що поєднують функції акумулювання та зберігання води в одній споруді;

- за способом подачі води в мережу з ємностей: напірні, які необхідний напір забезпечують при безпосередній подачі води у водопровідну мережу; безнапірні, з яких вода забирається насосами.

Залежно від конструкції напірні ємності поділяються на наступні типи:

- водонапірні башти, тобто напір забезпечується встановленням резервуару на підтримуючий конструкції потрібної висоти;

- напірні резервуари, тобто напір забезпечується встановленням резервуару на природних височинах з потрібними позначками;

- водонапірні колони, які займають проміжне положення між наземними резервуарами та баштами;

- пневматичні водонапірні установки, в яких напір формується від тиску стислого повітря на поверхню води в герметичних резервуарах.

Регулюючі місткості дають можливість забезпечувати більш-менш рівномірну роботу насосних станцій, так як відміняється необхідність подачі ними пікових витрат води, а також зменшувати діаметри і, як наслідок, вартість транзитних магістралей, водопроводів і водопровідної мережі в цілому.

Резервуари є одними з основних споруд у системах водопостачання, що гарантовано зберігають запаси води і забезпечують її подачу споживачеві в будь-який час доби в необхідній кількості.

1.1.1 Водонапірні башти і колони

Водонапірні башти використовують для запасів води, потрібних для протипожежних і регулювальних заходів, а також для створення необхідних напорів у споживачів. Складові елементи башти представлені на рис.1.1.

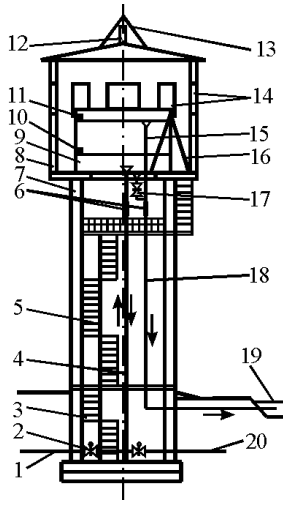


Рисунок 1.1 – Схема водонапірної башти

1 – трубопровід подачі води в башту; 2 – засувки з електроприводом;
3 – фундамент і підвальні приміщення; 4 – подавально-відвідний трубопровід; 5, 16 – драбини; 6 – сальникові компенсатори; 7 – ствол;
8 – шатро; 9 – бак; 10 – датчик мінімального рівня води; 11 – датчик максимального рівня води; 12 – вентиляційна труба; 13 – блискавковідвід;
14 – вікна; 15 – переливна труба; 17 – грязьова труба із засувкою ручного приводу; 18 – скидна труба; 19 – канава чи дощовий колодязь;
20 – трубопровід подавання води споживачам.

Основними елементами водонапірної башти є резервуар або бак (рис.1.1 поз.9) та підтримуюча конструкція (рис.1.1 поз.7). Ємність бака W і висота підтримуючої конструкції H, що вимірюється від поверхні землі до низу бака визначаються в процесі проведення основних розрахунків системи та приймаються як задані при проектуванні башти. При будівництві водонапірних башт в широких межах можуть змінюватися розміри W і H.

Ємність бака коливається від декількох десятків кубічних метрів у малих водопроводах до декількох тисяч кубічних метрів у великих міських і промислових водопроводах. Висота підтримуючої конструкції звичайно знаходиться в межах 15…30 м і у виняткових випадках перевищує 30 м. Баки у більшості випадків виконують круглої форми в плані. Співвідношення висоти та діаметра бака залежить від технологічних та архітектурно-будівельних рішень. Небажано велика висота бака впливає на збільшення висоти підйому води, а коливання напорів в системі стають значними. В деяких випадках, наприклад, на промислових підприємствах при наявності двох або декількох мереж різного напору, обладнують башти з двома або більше баками, які розташовані на різній висоті. Іноді бак водонапірної башти огороджують шатром (рис.1.1 поз.8) для запобігання замерзання води та частково від засмічення. Якщо забезпечується достатній обмін води в баці, то навіть у відносно суворих кліматичних умовах обладнання шатра не потрібно [1].

Для подавання і забирання води, а також для підтримування її необхідних рівнів башти і колони обладнані системами трубопроводів, запірно-регулювальною і запобіжною арматурою, а також елементами автоматики. Обладнання труб, які подають та відводять воду, можливо за схемами рис.1.2.

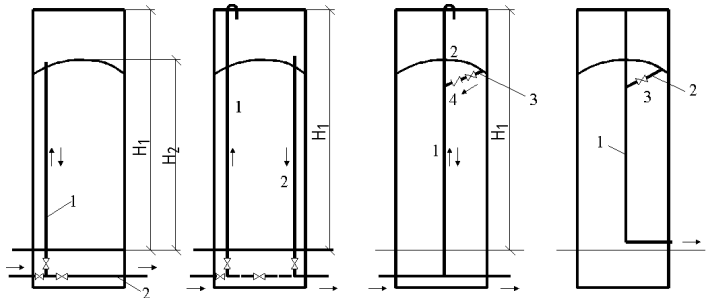


Рисунок 1.2 – Схема обладнання трубопроводів водонапірної башти

За схемою А встановлюється один загальний подавально-відвідний трубопровід, розрахований на подачу (в бак або з баку) води в кількості, рівній різниці між кількістю води, що подається насосами та води, що

витрачається споживачами. Кінець цього трубопроводу розташований внизу бака на висоті, яка запобігає всмоктуванню в трубу мулу, що може періодично накопичуватися в самих низьких точках бака. Ця схема застосовується при розташуванні башти в будь-якій точці мережі. Коли башта працює як контррезервуар, труба 2 відсутня. При такій схемі виходить найменша вартість труб для башти, та досягається деяке скорочення витрати енергії на підйом води, так як зниження рівня води в баці (з висоти H_1 до висоти H_2) зумовлює відповідне зниження робочого напору насосів.

За схемою В башта обладнується подавальним 1 та відвідним 2 трубопроводами, між якими обладнане в підвалі аварійне переключення. Така схема застосовується тільки при розташуванні башти на початку мережі. В цьому випадку вся вода, що подається насосами, проходить через бак, а насоси завжди працюють з напором, який відповідає найвищому положенню рівня води в баці H_1, що викликає збільшення напору насосів і витрати енергії на подачу води. За цією схемою здійснено обладнання раніше збудованих башт, але для більш сучасних башт вона не рекомендована.

На схемі С зображено деяке компромісне рішення, яке передбачає обладнання єдиного подавально-відвідного трубопроводу 1 з розділенням його у баці на подавальний 2 та відвідний 3. На трубопроводі 3 встановлений зворотній клапан 4, який перешкоджає надходженню по ньому води в бак. Ця схема дозволяє здійснити постійне перемішування води в баці, яке сприяє збереженню її свіжості та перешкоджає її замерзанню взимку. За цією схемою насоси завжди повинні мати напір, що відповідає найвищому рівню води в баці башти. Різновидом цієї схеми є схема, при якій подавальний трубопровід 2 не доводиться до верху бака. Це дає можливість дещо скоротити перевитрату енергії на подачу води, що має місце при схемі С, та здійснити часткове перемішування води в баці.

Крім основних подавальних ті відвідних трубопроводів башта відповідно схеми D повинна бути обладнана переливною 1 і скидною 2 трубами. Переливну трубу доводять до найбільшого допустимого рівня води

в баці, чим забезпечується автоматичний відвід води з бака при його переповненні. Для запобігання переповнення бака при невеликих діаметрах подавального трубопроводу на ньому встановлюють поплавкові клапани. Вода, що відводиться, потрапляє у водоскид. Діаметр переливної труби розраховується на відвід всієї води, що подається насосами. До переливної труби приєднується скидна труба 2, що йде від найнижчої точки бака.

Основним елементом водонапірної колони є вертикальний стальний циліндричний резервуар. На відміну від роботи башт при застосуванні водонапірних колон можливе значне зниження напорів для запасів води, необхідних для протипожежних чи аварійних заходів. Тому найчастіше водонапірні колони застосовують у системах виробничого водопостачання. Схема водонапірної колони наведена на рис. 1.3.

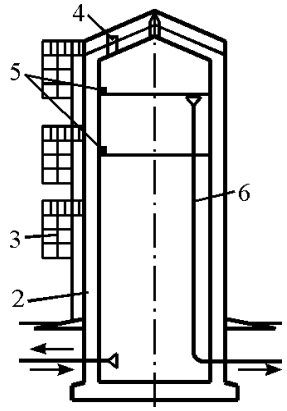


Рисунок 1.3 – Схема водонапірної колони

1 – подавально-відвідний трубопровід; 2 – стінки колони; 3 – драбина;
4 – лаз; 5 – датчики рівнів; 6 – переливний трубопровід

Будівництво водонапірних веж можна також розглядати в історичному та архітектурному контексті. Так, в минулому башти в залежності від призначення поділялися на наступні типи:

- комунальні, які відносились до міських водопровідних мереж, що постачають воду переважно в квартири, а також до цієї категорії належать сільські та колишні палацові вежі;

- залізничні, з яких заправляли водою паровози за часів парової залізниці, а також забезпечували водою технічні та соціальні об'єкти залізничних станцій;

- фабричні або заводські, з яких забезпечували розподіл води на промислових підприємствах, фабриках, фермах, а також у лікарняних комплексах.

Водонапірні башти цікаві не лише своїм утилітарним характером, а й зовнішнім виглядом. Незважаючи на однакову функцію і принцип дії форма цих будівель дуже різноманітна. Старі вежі часто дуже вражаючі, багато прикрашені та цікаво оформлені. Особливо це стосується міських веж, які зазвичай стояли в центральній або найвищій точці міста і мали бути гордістю мешканців. Як приклад заводська водонапірна башта Zakłady Mięsne в Клодзко (Польща) [2]. Побудована у 1904 – 1906 роках, коли завод почав працювати, вежа є досі діючою з ще активним годинником.

В Україні також є багато прикладів про те, як старовинні водонапірні вежі є дуже цікавими самобутніми елементами навколишньої сучасної архітектури. Так, у Житомирі у 1898 році звели на одному із найвищих пагорбів водонапірну башту, яка стала основою першого централізованого міського водогону. Водогін тоді простягнувся на 2,3 км. У надбудові на висоті 20 м встановили два баки для води місткістю по 100 $м^3$ кожен, а загальна висота башти становила 31 м. До 1965 року башта виконувала свої функції як акумулятор води і регулятор тиску її подачі у водопровід.

На жаль, більшість старих водонапірних веж перестали виконувати свою початкову функцію. Через відсутність коштів на реконструкцію, а також відсутність ідей щодо їх нового використання ці вежі часто руйнуються. Варто звернути на них увагу та закріпити їхню цінність, надавши їм статус пам’яток техніки. Також варто розглянути можливість їх реконструкції та використання для інших цілей, наприклад, галерей, ресторанів, оглядових майданчиків, цікавих туристичних об’єктів [3].

1.1.2 Запасно-регулювальні резервуари

З незапам’ятних часів для накопичення і зберігання запасів питної води використовувалися резервуари. На території Чеської Республіки зберігся до наших днів побудований в архітектурному стилі пізньої готики в 1495 р. невеличкий за габаритами резервуар-накопичувач [4].

Сучасні резервуари мають великі габарити і виконують інші функції, ніж резервуари-накопичувачі. Резервуари для системи водопостачання розрізняються за такими ознаками: призначенням; висоті розташування (напірні і безнапірні); ступеню заглиблення (підземні, наземні); формою в плані (круглі або прямокутні); матеріалу (залізобетонні, сталеві, бетонні).

За призначенням резервуари поділяються на регулювальні, протипожежні та запасні резервуари, які працюють як баки пневматичних установок або водонапірні башти. Вони відповідають за більш рівномірний режим роботи насосних станцій, тому що не потрібно подавати насосами пікові витрати води. Протипожежні резервуари влаштовують на промислових об’єктах і у системах сільськогосподарського водопостачання, в них зберігається необхідний запас води для протипожежних заходів.

Напірні резервуари споруджуються у місцях з високими геодезичними відмітками, вони можуть виконувати ті функції, що й водонапірні башти. Вартість такого резервуара значно менше вартості вежі при однаковій ємності. Напірні резервуари, які високо розташовані, служать не тільки в якості регулюючих місткостей, а й використовуються одночасно для зберігання пожежних або аварійних запасів води.

На відміну від напірних резервуарів безнапірні влаштовують в основному на очисних станціях підготовки питної води недалеко від насосних станцій, такі ємності називаються резервуарами чистої води (РЧВ). З них очищена та знезаражена вода забирається насосами та подається споживачам водоводами у водопровідну мережу. РЧВ знаходяться на межі двох зон системи, тобто між рівномірною подачею насосами І підйому і

нерівномірною або ступінчастою подачею насосами II підйому. Великі резервуари з монолітного залізобетону мають об'єм 50…2000 м^3 при висоті 3,5 – 4,5 м, а резервуари зі збірного залізобетону споруджують об'ємом 50…3000 м^3 для круглих і 50…20000 м^3 для прямокутних резервуарів. В умовах помірного клімату вони заглиблюються на половину висоти циліндричної частини і обсипаються землею з метою теплоізоляції верхньої частини і перекриття [1]. В РЧВ на станціях водопідготовки додатково враховуються об'єми води для власних потреб (промивання фільтрів, приготування реагентів тощо), а також об'єми для забезпечення необхідного часу контакту води з реагентами. Такі резервуари будують зі збірних залізобетонних елементів та обладнують трубопроводами для води.

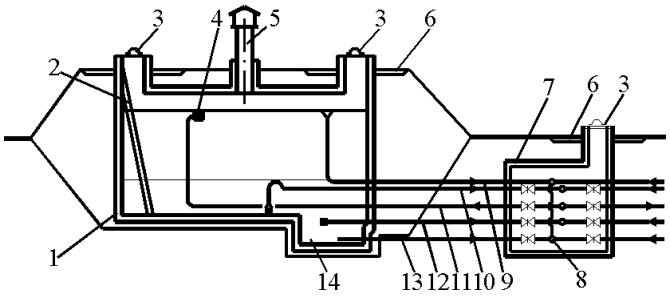


Рисунок 1.4 – Схема запасно-регулювального резервуару

1 – резервуар; 2 – драбина; 3 – люк-лаз; 4 – поплавковий клапан; 5 – вентиляційна труба; 6 – вимощення; 7 – камера переключення; 8 – скидна труба; 9 – переливна труба; 10 – трубопровід забирання води на господарсько-питні потреби; 11 – подавальна труба; 12 – трубопровід забирання води на протипожежні потреби; 13 – грязьовий трубопровід

1.1.3 Застосування регулюючих ємностей в схемах живлення водопровідних мереж

Найскладнішою й найдорожчою частиною сучасних систем водопостачання є системи подачі та розподілу води (СПРВ), які складаються із значної кількості водопровідних споруд, що знаходяться в гідравлічній

взаємодії. Ці споруди повинні відповідати вимогам надійного забезпечення всіх водоспоживачів розрахунковими витратами води з необхідним напором та найменшими витратами на будівництво і експлуатацію. Проектуючи такі системи, не тільки визначають оптимальний склад водопровідних споруд, але й вибирають найвигідніші режими їхньої сумісної роботи за різних режимів водоспоживання. Режим роботи водопровідних споруд СПВР залежить від складу цих споруд, схеми розташування їх, а також режиму водоспоживання. Схема живлення водопровідних споруд визначається кількістю і взаємним розміщенням насосних станцій і напірно-регулювальних споруд, в якості яких найчастіше застосовують водонапірні башти, котрі встановлюють у найвищому місці населеного пункту для того, щоб висота їх, а отже, і вартість були найменшими [5].

Залежно від розміщення насосної станції, водопровідної мережі та башти можуть бути такі живлення водопровідних мереж: однобічне через башту (з прохідною баштою); двобічне (з контррезервуаром); комбіноване.

За першою схемою (рис.1.5) насосна станція подає воду у башту, а з неї вона надходить у водопровідну мережу і далі до споживачів. В години, коли води споживається в мережі менше, ніж її подають насоси (наприклад, уночі), лишки води надходять у башту і акумулюються в її баці, а в години, коли насоси подають води менше, ніж її споживається в мережі (вдень), недостача води надходить у мережу з башти.

За другою схемою (рис.1.6) башту розміщують в протилежному від насосної станції кінці водопровідної мережі і в години найбільшого водоспоживання воду подають у мережу з двох боків – від насосної станції і башти (п’єзометрична лінія 7 на рис.1.6), а в період мінімального вона проходить транзитом через усю мережу і наповнює бак водонапірної башти. При максимальному водоспоживанні напори в мережі спадають, напір насосів зменшується і подача води насосами збільшується проти попередньої, а в період максимального транзиту води в башту все буде навпаки (п’єзометрична лінія 8 на рис.1.6).

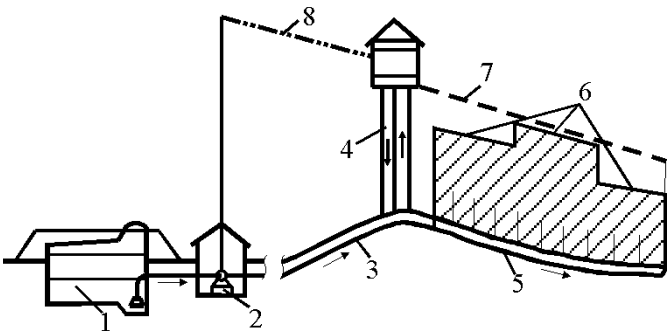


Рисунок 1.5 – Схема однобічного живлення водопровідної мережі

1 –резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція другого підйому;
3 – водовід; 4 – водонапірна башта; 5 – водопровідна мережа; 6 – лінія потрібних напорів у мережі; 7 – п'єзометрична лінія в мережі при максимальному господарському водоспоживанні; 8 – п'єзометрична лінія у водоводі при найвищому рівні води в башті.

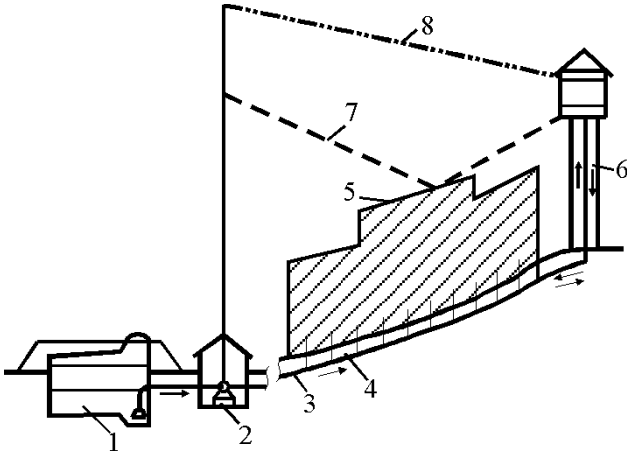


Рисунок 1.6 – Схема двобічного живлення мережі з контррезервуаром

1 – підземний регулювальний резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція другого підйому; 3 – водовід; 4 – водопровідна мережа; 5 – лінія потрібних напорів у мережі; 6 – водонапірна башта; 7 – п'єзометрична лінія в системі при максимальному господарському водоспоживанні;
8 – п'єзометрична лінія в системі при максимальному транзиті води в башту.

На рівнинній місцевості башту встановлюють якомога ближче до водоспоживачів з найбільшими витратами води і більшими вільними напорами у мережі, а у разі однакових вільних напорів її можна встановити приблизно в центрі території, яку вона обслуговує в період найбільшого водоспоживання.

За третьою схемою (рис.1.7) одна частина мережі живиться від насосів і башти, а друга – лише від башти.

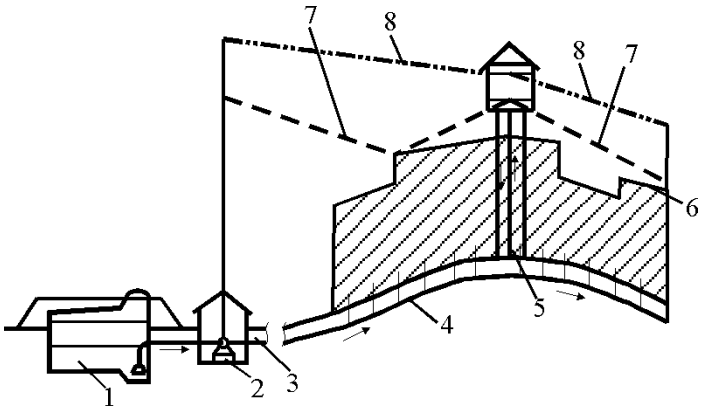


Рисунок 1.7 – Схема комбінованого живлення водопровідної мережі

1 –резервуар чистої води (РЧВ); 2 – насосна станція другого підйому;
3 – водовід; 4 – водопровідна мережа; 5 – водонапірна башта; 6 – лінія потрібних напорів у мережі; 7 – п’єзометрична лінія в системі при максимальному господарському водоспоживанні; 8 – п’єзометрична лінія при мінімальному водоспоживанні і максимальному рівні води в башті

Крім розглянутих, можуть застосовуватись складніші схеми живлення, наприклад, від кількох джерел. Мережі можуть бути також без башти або з пневматичними водонапірними установками замість башти.

Таким чином, вибір схеми живлення водопровідної мережі залежить від рельєфу місцевості, необхідних вільних напорів і водоспоживання в різних точках мережі, видів водоспоживачів, їх розміщення на плані і вимог, які ставляться до надійності водопостачання, а також від типу джерела водопостачання і його розміщення.

1.2 Вплив окремих елементів на надійність системи водопостачання

Надійність систем водопостачання визначається як складна властивість системи зберігати значення всіх параметрів протягом тривалого часу у встановлених межах. Параметри характеризують здатність системи функціонувати в заданих режимах і умовах застосування, зберігання, ремонтів, транспортування і технічного обслуговування. Основні поняття надійності:

– працездатний стан – стан, при якому значення всіх параметрів відповідають вимогам нормативно-технічної документації;

– непрацездатний стан – стан, при якому значення хоча б одного параметра не відповідає вимогам документації;

– граничний стан – стан, при якому подальше застосування за призначенням або відновлення його працездатного стану неможливе;

– пошкодження – порушення справного стану при зберіганні працездатного стану;

– відмова – порушення працездатного стану.

Досягти абсолютно надійного функціонування системи водопостачання досить важко, тому що така система є структурно складною та територіально розосередженою, знаходиться в процесі експлуатації під впливом багатьох несприятливих факторів, переважна більшість з яких носить випадковий, практично неконтрольований характер. Тому точно передбачити, а тим більш повністю виключити їх негативний вплив неможливо. Тим не менш, облік при проектуванні та застосування на діючих системах водопостачання певних організаційно-технічних заходів здатні суттєво підвищити їх надійність. Виявити можливий характер таких заходів, а також обґрунтувати їх економічну ефективність може математичне моделювання процесів, які визначають надійність водопровідних систем. Математична модель

створюється для рішення конкретної задачі та для отримання результатів розрахунків з достатньою для інженерної практики точністю [6].

На практиці достатньо часто виникають ситуації, коли з якихось причин деяка ділянка водопровідної мережі виходить з ладу. З точки зору технології такий режим роботи не є нормальним, однак система в цілому не втрачає працездатності. В іншому випадку, коли виходить з ладу один з насосів на насосній станції, то його функції зразу ж приймає на себе резервний. Наведені приклади характерні тим, що несприятливі технологічні ситуації та аварії на окремих елементах мережі не призводять до втрати здатності виконувати мережею своєї функції – постачання води споживачам.

Загальна пропускна здатність системи водопостачання і зокрема водопровідної мережі та регулюючих ємностей залежить від пропускної здатності окремих споруд та від особливостей конфігурації мережі. В результаті аварії якої-небудь споруди (ділянки) її пропускна здатність зменшується (можливо, до нуля при повному виходу споруди з ладу), що призводить до зменшення пропускної здатності мережі в цілому. Якщо при цьому резерви пропускної здатності системи виявляються вичерпаними, відбувається недодача води споживачам, тобто система втрачає здатність виконувати свої функції.

Надійність системи водопостачання визначається структурною, конструктивною та технологічною складовою, на кожну з яких можна впливати для підвищення її рівня.

Структурна надійність визначається конфігурацією водопровідної мережі. Більшість міських мереж є кільцевими. Така структура передбачає живлення конкретного споживача водою за декількома напрямками. Завдяки цьому виникає резервування деяких шляхів доставки води споживачу, що підвищує надійність функціонування водопровідної мережі в цілому, оскільки дає можливість не помітити вихід з ладу якоїсь ділянки.

Конструктивна надійність залежить від міцності елементів мережі та їх здатності протистояти механічним впливам та пошкодженням від корозії.

Технологічна надійність визначається якістю експлуатації мережі. Порушення цієї складової відбувається найчастіше в результаті помилок обслуговуючого персоналу в процесі експлуатації системи.

Для діючої водопровідної мережі заходи по підвищенню її надійності зводяться до аналізу даних спостережень для виявлення найбільш слабких елементів системи з наступною їх заміною більш надійними.

Підвищення надійності системи досягається двома шляхами:

- підвищення надійності і якості елементів, з яких складається система (наприклад, використання більш якісних труб, матеріалів, устаткування, покращення якості будівельно-монтажних робіт, підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу тощо) – цей шлях найбільш оптимальний;

- резервуванням (дублюванням) елементів системи, що дозволяє отримати систему більш надійну, ніж надійність її складових елементів.

Використання напірно-регулювальних споруд (резервуарів чистої води, водонапірних башт, колон і водоповітряних напірних баків) важливо для забезпечення надійності водопостачання, для забезпечення сумісної роботи споруд із різної продуктивністю й призначенням, для регулювання подачі води в систему, а також для зниження будівельних та експлуатаційних затрат тощо. У системах комунального водопостачання резерв води у відповідних ємностях передбачається для забезпечення рівномірної роботи споруд, періодичної промивки споруд станції очищення води, подачі додаткових кількостей води в мережу міста й для потреб пожежогасіння. У системах виробничого водопостачання використовуються різні запасні ємності відповідно до специфічних потреб технологічних процесів, а також резервні ємності для забезпечення нормальних функцій системи водопостачання в аварійних ситуаціях. Можливість, доцільність і економічність такого використання ємності для підвищення надійності залежать від асортименту, розташування і поєднання окремих споруд.

На надійність водопостачання впливають також правильні розміри водопровідних споруд, які повинні бути достатніми для забезпечення

розрахункових витрат води з мережі і необхідних вільних напорів у всіх точках мережі, в тому числі і в так званих критичних точках. При великих об’ємах баків водонапірних башт можна встановлювати декілька башт, концентруючи споруди на одному майданчику або ж розташованими по території населеного пункту чи підприємства. Однак недоліком резервування для водонапірних башт є той факт, що недоторканий протипожежний запас води разом із регулювальним рівномірно розподіляється між усіма баштами. А це означає, що в разі можливого відключення однієї башти на ремонт (наприклад, у разі аварії або профілактичного ремонту) деяка частина пожежного об’єму не може бути використана для пожежогасіння, що значно зменшує надійність всієї системи водопостачання. Тільки в разі значної кількості башт можна досягти суттєвого зменшення втрати протипожежного запасу води, а це економічно, а іноді й технічно недоцільно.

Важливе значення для забезпечення надійності роботи резервуарів мають глибини, які займають розрахункові об’єми РЧВ, що дозволяє запобігти раптовому переповненню споруди та руйнації огороджувальних конструкцій. Максимальний рівень води в резервуарі, як правило, перевищує позначку землі на 0,5…1,0 м, що забезпечує можливу фільтрацію води з резервуара в прилеглий грунт, а не навпаки та сприяє збереженню високої якості води в споруді. Резервуари виконують заглибленими або напівзаглибленими в грунт, рідше наземними. Це дозволяє запобігати прогріванню води влітку та промерзанню взимку. В одному вузлі потрібна наявність двох або більше резервуарів одного призначення. В усіх резервуарах відповідні рівні регульованих, пожежних, аварійних та інших об’ємів води встановлюються на однакових відмітках. При відключенні одного резервуара в інших зберігається 50% або більше аварійного і пожежного запасів води.

Незвичне для нашої країни використання резервуарів дослідили вчені з Нідерландів, які присвятили наукову роботу вивченню питання використання так званих резервуарів балансування попиту для оптимізації та оцінки

надійності, а також їх вплив на загальну вартість водопровідних мереж. Для моделювання використовувався розроблений програмний продукт під назвою NORAT (Інструмент оптимізації та оцінки надійності мереж), який визначає необхідний об'єм балансування, оптимізує діаметри труб і висоти резервуарів і, нарешті, розраховує загальну вартість водопостачання. NORAT також додатково оцінює гідравлічну надійність мережі. Продукт було випробувано на синтетичній водопровідній мережі шляхом застосування різних комбінацій топографії, схем водопостачання, розташування джерел води та резервуарів. В результаті встановлено, що резервуар балансування може бути значним буфером під час різних катаклізмів, а у періоди дефіциту води обсяг резервуара може компенсувати дефіцит принаймні на обмежений період часу, відстрочивши негативні наслідки стихії. Таким чином, представлені результати чітко демонструють вплив балансувальних резервуарів на надійність мережі. NORAT також виявився досить надійним інструментом підтримки прийняття рішень, що забезпечує повну оцінку та допомагає зробити висновок про найкращий компроміс між надійністю та загальною вартістю [7].

Системи водопостачання в нашій країні масово почали будуватися у 80 – 90-ті роки минулого сторіччя. Водопровідні розподільчі мережі в основному прокладалися з чавунних та сталевих труб. Термін експлуатації більшості з них вийшов, тому спостерігається високий рівень аварійності зношених мереж в останнє десятиріччя. Перепади тиску в системах водопостачання та неналежна якість будівельних робіт при прокладанні трубопроводів суттєво впливають на виникнення аварій, для ліквідації наслідків яких виникає потреба в додаткових фінансових та матеріально-технічних експлуатаційних витратах. На основі аналізу статистичних даних щодо пошкоджень трубопроводів, які призвели до виникнення аварій, можна оцінити надійність діючої водорозподільної мережі. Результати таких досліджень, відображених в роботах [8, 9], надають можливість забезпечити умови безперебійного водопостачання шляхом коригування планових

ремонтів і заміни труб з метою запобігання виникнення аварій. Завчасно підготовлені ремонтні ресурси з урахуванням середніх значень кількості пошкоджень для певних діаметрів трубопроводів зменшують термін на ліквідацію їх наслідків та дозволяють експлуатаційній організації вчасно реагувати на аварійні ситуації.

Обґрунтована довіра до працюючої системи й чисельна оцінка її надійності базується виключно на даних досвіду фактичної роботи подібних же систем або їх складових елементів. Порушення роботи системи, що перешкоджають нормальному виконанню її функцій, обумовлюються різними випадковими подіями. Єдиним шляхом оцінки можливості появи таких подій, закономірностей їх виникнення й повторення є збір, вивчення й обробка статистичних відомостей про роботу діючих систем.

1.3 Досвід організації управління водним господарством в європейських країнах

Україна знаходиться на останньому місці в Європі за запасами питної води та кількістю джерел водопостачання. Питомі норми водоспоживання перевищують в нашій країні аналогічні показники розвинутих країн у 2 – 3 рази. Втрати води, які в системах водопостачання сягають 30 – 40 %, а в деяких регіонах перевищують 50 % є основною причиною високих показників питомого водоспоживання в Україні [10].

Прискорення інтеграції житлово-комунального господарства у загальну систему ринкових перетворень відповідає сучасному етапу розвитку економіки країни. В минулому сторіччі в багатьох країнах світу відбулися суттєві інституціональні зміни в тих сферах, які раніше функціонували в рамках державного управління. У сфері послуг водопостачання існують 4 світові базові моделі підприємств. Перша модель – це комунальні підприємства, які надають послуги з централізованого водопостачання. Така форма зустрічається лише серед невеликих комун в Європейському Союзі. В

Україні, навпаки, для надання послуг у сфері водопостачання комунальні підприємства є найбільш поширеною організаційно-правовою формою. Це є найбільш звичною моделлю для українських громадян, а низький рівень інвестицій є іншою причиною популярності комунальних підприємств. Друга модель – делеговане управління, або голландська модель, яка характерна для Нідерландів, Німеччини, Греції, Бельгії. В основі цієї моделі організація юридично незалежних підприємств водного господарства у формі акціонерних товариств. Контрольний пакет акцій таких товариств є власністю муніципалітету. Третя модель – приватне делеговане управління, яке передбачає, що функція організації експлуатації та надання послуг передається від комунальних підприємств до компанії з приватним капіталом. Четверта модель – приватна форма власності. Вона характерна для деяких штатів США та Великої Британії. В Україні така форма власності повністю відсутня, тому що є законодавче обмеження щодо приватизації устаткування інженерних мереж та споруд, яке пов’язане з постачанням води споживачам [11].

У Великій Британії всі компанії водопостачання є самостійними господарюючими суб’єктами, але в рамках системи державного ліцензування забезпечується загальний державний контроль за діяльністю цих приватних компаній. Ліцензія на здійснення діяльності продовжується за умови досягнення прийнятних показників ефективності, відкликати ліцензію уряд може в разі незадовільних показників діяльності компанії. В такому випадку підприємства більше не отримують фінансування з місцевих або державного бюджетів. Через тарифи на послуги забезпечується фінансування експлуатаційних витрат і капіталовкладень. Підвищення якості наданих споживачам послуг, їх ефективність та зниження витрат підтверджують успіх приватизації підприємств водопостачання у Великій Британії, це є загальною тенденцією для всієї галузі [12].

На базі кращих практик ефективного та екологічного водокористування окремих країн сформувалася європейська водна політика,

яка в свою чергу узагальнила і сформувала спільні цілі досягнення у сфері водокористування у майбутньому екологічної безпеки ЄС. Україна здійснює перехід до інтегрованого управління водними ресурсами за басейновим принципом, тому європейський досвід такого управління є особливо цінним. Окремі дослідження дозволяють виявити можливості та способи адаптації європейської практики у сфері екологічної безпеки водокористування у вітчизняну водну політику, а також досягти ефективного переходу на стандарти європейської водної політики [13].

Використання економічних методів допомагає реалізувати на практиці досягнення ефективної екологічної безпеки та екологічних стандартів у сфері водокористування. Таким чином збудована політика водокористування забезпечує європейським країнам належний рівень водоспоживання та реагування на надзвичайні ситуації, підвищує якість питної води та стану водних об'єктів, підтримує стратегічні водні запаси у кількісному та якісному вимірах на належному рівні.

В Іспанії існує регулювання використання загальнодоступної води на законодавчому рівні [14]. Законами також врегульовані питання, які стосуються:

- прямої заборони накопичення твердих відходів, що завдають шкоди навколишнім водним ресурсам і довкіллю, поблизу басейну річки та заборони будь-якої діяльності на водних ресурсах або поблизу них, яка може їх погіршити;

- заборони будь-якого прямого або непрямого скиду води або будь-якої іншої речовини або продукту, який може забруднити воду, при цьому у дозволах встановлюються обмеження щодо якості та кількості викидів, а також розмір податку, який має сплатити власник дозволу;

- податку за користування громадською водою, який стосується використання суспільної інфраструктури для водопостачання та складається з єдиної ставки, пропорційної рівню використання інфраструктури.

Система платного водокористування передбачає оплату забору і використання водних ресурсів. З цих платежів фінансуються заходи з охорони та відтворення водних ресурсів, підтримка водних об'єктів у належному стані. Від кількості поданої води відповідно до заявок водокористувачів та від обсягу використаної води залежить розмір плати за міське комунальне водопостачання, розмір тарифу за водопостачання для населення залежить від технічної складності подачі води та від району Іспанії. Завдяки дефіциту водних ресурсів у деяких регіонах Іспанії місцеві муніципалітети встановлюють ліміти на водопостачання. У разі перевищення встановленого ліміту на водоспоживання тарифи значно зростають, хоча для населення в багатьох регіонах країни тарифи на послуги водопостачання є невисокими, а населення відповідально відноситься до раціонального водокористування.

Водні агентства Франції [15] не тільки захищають водні об'єкти та інтереси водокористувачів, а й визначають розмір і порядок оплати за воду. Платне водокористування проходить за двома видами податкових платежів: плата за водоспоживання і плата за порушення якості водних ресурсів. За розмір платежів відповідає адміністративна рада водного агентства, а надходження сприяють поліпшенню стану водних ресурсів. Муніципалітети відповідають за водопостачання, а за якість наданих послуг, тарифи та дотримання державних нормативів відповідає мер міста. Приватними компаніями експлуатуються приблизно 70% французьких систем водопостачання, в контракті з ними передбачено застосування мером у разі порушення компанією вимог до якості води штрафних санкцій.

Законодавство Португалії передбачає додатковий набір заходів щодо покращення та постійного захисту водних ресурсів, які здійснюються басейновими адміністраціями у співпраці з приватними землевласниками та муніципалітетами [16]. За надання ліцензій на діяльність з видобутку води та використання водних ресурсів загальнодоступного користування несуть відповідальність адміністрації басейну річок.

Німеччина на даний час є однією з найпрогресивніших країн в Європі і в усьому світі в управлінні водними ресурсами та галузі водної техніки. Населені пункти самостійно вибирають необхідні технічні та організаційні рішення, тому що водопостачання в Німеччині є завданням саме населених пунктів. В державі високо розвинута промисловість, тому вимоги до надійності водопостачання безумовно також високі. Відповідальністю федеральних земель є закони про воду, а федеральна структура визначає рамки законодавства. Вимоги Європейського Союзу при цьому також виконуються. Приблизно 6700 підприємств у Німеччині займаються водопостачанням, державі належить більша частина комунальних підприємств. Приватну форму власності має третина діючих водопостачальних підприємств, більше половини населення країни саме вони забезпечують водою. У Німеччині платежі за використання водних ресурсів становлять фінансову основу водокористування. На основі даних підприємств-водокористувачів про їхні потреби у воді на плановий рік визначається розмір щорічної плати. Річний внесок кожного споживача встановлюють з урахуванням витрати на всі види робіт і заявок водокористувачів [17].

Німеччина перейшла до адресного субсидіювання, а вивільнені від надання соціальної допомоги населенню кошти були направлені на впровадження інноваційних технологій, модернізацію обладнання і водопровідних мереж в якості інвестицій. Відбулося значне зростання вартості надаваних послуг, але натомість споживачі отримують високу якість питної води та надійне цілодобове водопостачання. Високі тарифи на водопостачання стимулюють населення до раціонального використання водних ресурсів, що пов’язано зі застосуванням сучасної техніки, багаторазовим і повторним використанням води у виробничих процесах і бережливим ставленням до води споживачів.

Таким чином, можна зазначити, що схеми, за якими визначається вартість споживання води, суттєво відрізняються у кожній країні.

Удосконалюючи політику водокористування в Україні, варто запозичити досвід диференційованого підходу до формування законодавства у загальному та спеціальному водокористуванні. У питаннях постачання води вартий уваги досвід Великої Британії, Німеччини та Франції, де місцеві органи влади укладають контракти з водопостачальними компаніями (зазвичай приватними), які передбачають якісні та кількісні показники води та анулювання ліцензій та дозволів або штрафні санкції у разі порушення умов угоди. Необхідно переходити безперечно до більш сучасної моделі функціонування підприємств водопровідно-каналізаційного господарства (ВКГ) і в Україні, проводити інноваційну політику, залучати інвестиції. Для цього потрібно покладатися на світовий досвід, а не лише на власний. Завдяки цьому вдосконалення діяльності підприємств ВКГ буде проходити найбільш ефективно [18].

1.4 Мета і задачі дослідження

Основне завдання техніко-економічного розрахунку систем подачі та розподілу води – це визначення діаметрів трубопроводів, при яких подача заданої кількості води до місць її відбору споживачами здійснюється з найменшою витратою коштів на експлуатацію та будівництво системи.

Проблеми проектування інженерних систем, що задовольняють поставленим вимогам, охоплюють цілий комплекс питань. На економічні показники системи суттєво впливає вибір найвигіднішої схеми подачі води, найбільш раціональної конфігурації мережі, кількості водоживлювачів, найвигіднішого розподілу між ними загальної кількості води, режиму їх роботи, місць розташування, кількості і розмірів акумулюючих ємностей тощо. Рішення всіх вказаних питань не може бути отримано одночасно і з допомогою прямого розрахунку, низка питань може бути вирішена тільки шляхом порівняння та економічної оцінки можливих варіантів.

Вартість енергії, яка витрачається на підйом води, становить основну

частину експлуатаційних витрат в розглянутих системах. Кількість поданої води та напір, під яким вода повинна подаватися в систему, визначає величину витрат, пов’язаних з споживанням енергії. Напір визначається сумарною величиною втрат напору та перевищенням заданої п’єзометричної позначки диктуючої точки системи (мережі) над позначкою рівня води в резервуарі насосної станції. Втрати напору залежать від величини гідравлічних опорів, які визначаються довжиною та діаметром труб ліній і витратами води в них [19].

Міські системи водопостачання відносяться до класу відновлюваних систем тривалої дії життєзабезпечення міст і являють собою складні розгалужені трубопровідні системи з глибокими внутрішніми зв'язками, що функціонують під впливом багатьох випадкових факторів.

Режим відбору води, тобто сумарна витрата води споживачами із системи міського водопроводу залежить від різноманітних подій і постійно змінюється. Встановлення будь-яких чисельно виражених причинних зв’язків між цими подіями і кількістю води, що відбирається в окремі моменти часу, не представляється можливим. Величини сумарних обсягів витрати води містом в окремі періоди часу і, зокрема, в окремі години доби можуть розглядатися як випадкові величини. Процес функціонування такої системи масового обслуговування слід розглядати як випадковий процес.

Вивчення і відповідний аналіз фактичної роботи діючих систем дозволяє отримати деякі чисельно виражені характеристики зміни в часі годинних обсягів водоспоживання для міст, різних за чисельністю населення.

Обробка результатів проведених вимірів витрат, що змінюються в часі в діючих системах водопостачання, проводиться за методами математичної статистики, які дозволяють отримати всі основні імовірнісні чисельні характеристики досліджуваних величин. У тому числі можуть бути отримані і чисельні ймовірнісні оцінки розрахункових та пікових навантажень мереж.

Мережі водопостачання проектуються та споруджуються на заданий обсяг та заданий режим водоспоживання; останнє необхідне для визначення

розрахункових пікових навантажень мережі. Для оцінки можливості відмови системи проводиться порівняння запланованої пропускної можливості мережі з тими випадковими піковими навантаженнями, які можуть виникнути в процесі експлуатації.

Системи подачі та розподілу води є гідравлічними системами, і характер їх роботи визначається законами гідродинаміки. Взаємний зв'язок у роботі всіх елементів і споруд виражається системою рівнянь, що пов'язують дві категорії змінних – витрат і напорів. До перших відносяться витрати, що подаються від регулюючих ємностей по лініях мереж, а також відбираються споживачами в окремих точках системи. До другої категорії змінних відносяться напори, наявні або створювані в окремих вузлах мережі, а також ті, що втрачаються на подолання гідравлічних опорів (втрати напору) на шляху транспортування води. На якість функціонування систем подачі та розподілу води (СПРВ) впливають обидві категорії зазначених змінних. Порушення нормального процесу водозабезпечення споживачів можуть виникати внаслідок неприпустимих змін як витрат, так і напорів.

Досвід експлуатації міських СПРВ показує, що вони функціонують в умовах структурних та режимних змін, зумовлених аварійним відключенням елементів, приєднанням нових ділянок, споживачів, резервних ліній тощо. Змінність структури СПВР посилюється їх надзвичайною розгалуженістю, що викликає необхідність обробки та зберігання гігантських інформаційних масивів [20].

У зв’язку з вищевикладеним мета даної магістерської роботи – отримання статистичних даних про зміну напору у вузлах водопровідної мережі при зміні кількості та розміщення регулюючих ємностей.

Задачі дослідження – аналіз впливу кількості та розташування регулюючих ємностей на гідравлічні режими роботи мережі на основі отриманих результатів розрахунків при моделюванні поведінки в запропонованих умовах існуючої мережі окремого населеного пункту.

РОЗДІЛ 2. ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ КІЛЬКОСТІ РЕГУЛЮЮЧИХ ЄМНОСТЕЙ

2.1 Методика дослідження

2.1.1 Моделювання умов живлення водопровідної мережі

Система водопостачання населеного пункту є комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природного джерела, її очистки, зберігання, транспортування, розподілу і подавання водоспоживачам.

Дослідженню підлягає водопровідна мережа з І категорією надійності подачі води. Двома водоводами від резервуарів чистої води, які знаходяться на території очисної станції, очищена вода подається насосами другого підйому в магістральну мережу міста.

Враховуючи, що територія населеного пункту невелика, рельєф місцевості спокійний і потрібні напори для різних водоспоживачів і районів відрізняються незначно, прийнята однозонна схема водопостачання.

Генплан населеного пункту з розподіленням житлової забудови по районах відповідно поверховості будинків представлений в графічній частині роботи (лист 1). Враховуючи розміщення водонапірної башти, прийнята в першому варіанті дослідження розрахункова схема водопостачання з баштою на початку мережі. За цією схемою в години, коли насоси подають води більше, ніж її споживається в мережі (наприклад, уночі), лишки води надходять у башту і акумулюються в її баці, а в години, коли насоси подають води менше, ніж її споживається в мережі (вдень), недостача води надходить у мережу з башти. Для забезпечення більшої надійності розподілу води серед споживачів прийнята кільцева водопровідна мережа, яка рівномірно охоплює всю територію населеного пункту.

Розрахункова магістральна водопровідна мережа населеного пункту складається з 68 ділянок, які утворюють 24 кільця. Точкою підключення водоводів насосної станції та водоводів від башти в даній схемі розрахунку мережі є вузол 1. Довжина ділянок встановлена за планом населеного пункту (лист 1) та наведена в табл.2.1.

Номер ділянки	Кінцеві вузли	Довжина, м	Номер ділянки	Кінцеві вузли	Довжина, м	Номер ділянки	Кінцеві вузли	Довжина, м	Номер ділянки	Кінцеві вузли	Довжина, м
1	1-2	350	18	4-15	400	35	24-25	450	52	32-33	440
2	2-3	440	19	11-16	400	36	22-26	350	53	33-34	360
3	3-4	570	20	13-20	450	37	23-28	360	54	34-35	170
4	4-5	700	21	14-21	400	38	24-30	350	55	35-36	430
5	5-6	490	22	15-16	680	39	25-31	360	56	36-37	460
6	6-7	240	23	16-17	640	40	1-26	420	57	32-39	410
7	7-8	710	24	17-18	100	41	26-27	440	58	33-41	340
8	8-9	530	25	18-19	220	42	27-28	230	59	34-42	240
9	5-10	200	26	19-20	280	43	28-29	220	60	36-43	270
10	10-11	280	27	20-21	340	44	29-30	430	61	37-45	150
11	7-12	550	28	15-22	380	45	30-31	450	62	38-39	710
12	8-13	540	29	16-23	380	46	1-38	500	63	39-40	490
13	9-14	530	30	17-24	380	47	26-32	190	64	40-41	100
14	4-11	670	31	20-25	330	48	27-33	290	65	41-42	430
15	11-12	400	32	2-22	450	49	29-35	280	66	42-43	600
16	12-13	710	33	22-23	680	50	30-36	280	67	43-44	290
17	13-14	510	34	23-24	640	51	31-37	280	68	44-45	210

Розрахунковою схемою даної водопровідної мережі є випадок, коли водорозбір з неї здійснюється в невеликій кількості точок і всі витрати води окремими водоспоживачами, що називаються зосередженими, відомі. Загальна подача води в такій мережі (Q) дорівнює сумі зосереджених витрат (ΣQ_i) [8]. Так як дійсний відбір води з мережі відбувається у величезній кількості точок з невідомою величиною, яка безперервно змінюється, то при розрахунку використовується спрощена схема, в якій умовно прийнято, що

вода витрачається рівномірно по довжині ділянок мережі (тобто кількість води, що віддається кожною ділянкою, пропорційна її довжині).

Гідравлічний розрахунок мережі проводиться з метою визначення: дійсного розподілу потоків води по ділянках; напорів у різних її точках; подачі та напорів водоживильників при вже заданих величинах вузлових відборів, діаметрах і довжинах труб по ділянкам, геодезичних позначок вузлів мережі.

Для находження невідомих витрат води по ділянках, напорів у всіх вузлах мережі, напірно-витратних характеристик водоживильників використовуються наступні рівняння:

- рівняння першого закону Кирхгофа, яке пов'язує тільки витрати води (рівняння балансу витрат):

$$\sum q_{i-k} - Q_{вузл} = 0, \qquad (2.1)$$

де $\sum q_{i-k}$ – алгебраїчна сума витрат води на ділянках, що примикають до розглянутого вузла, л/с;

$Q_{вузл.}$ – відбір води з розглянутого вузла, л/с;

- рівняння другого закону Кирхгофа, яке пов'язує втрати напору в кільцях (рівняння балансу втрат напору):

$$\sum h_{i-k} = 0, \qquad (2.2)$$

де h_{i-k} – втрати напору в лініях, що утворюють кільце, м;

- рівняння, яке пов'язує попарно водоживильників і нефіксовані відбори через втрати напору в лініях, що їх з'єднують:

$$f(Q)_j - f(Q)_k = \Sigma h_{i-k} \qquad (2.3)$$

Рішення рівняння (2.1) визначається при початковому потокорозподілі, тобто в будь-якому вузлі мережі витрата води, що приходить до вузла, дорівнює сумі витрат, що виходять з вузла, включаючи витрату даного вузла.

Гідравлічний розрахунок мережі проводиться для таких варіантів:

1) мережа з вежею на початку (В1):

- для години максимального водорозбору без аварійних ділянок (В1.1);

- для години пожежогасіння без аварійних ділянок (В1.2);

- для години максимального водорозбору з моделюванням аварійних ділянок (В1.3);

- для години пожежогасіння з моделюванням аварійних ділянок (В1.4);

2) мережа з контррезервуаром (В2):

- для години максимального водорозбору без аварійних ділянок (В2.1);

- для години максимального транзиту без аварійних ділянок (В2.2);

- для години максимального водорозбору з моделюванням аварійних ділянок (В2.3);

- для години максимального транзиту в башту з моделюванням аварійних ділянок (В2.4);

3) з баштами (вежами) в середині мережі (В3):

- для години максимального водорозбору без аварійних ділянок (В3.1);

- для години максимального транзиту без аварійних ділянок (В3.2);

- для години максимального водорозбору з моделюванням аварійних ділянок (В3.3);

- для години максимального транзиту в башти з моделюванням аварійних ділянок (В3.4).

Початковий потокорозподіл виконується виходячи з умови взаємозамінності ліній мережі при аваріях на деяких з них. На схемі мережі після нанесення всіх вузлових витрат стрілками вказується напрямок потоку на кожній ділянці для подачі води до всіх точок відбору по найкоротшій відстані. Для гідравлічного розрахунку застосовується кодування потоків на кожній ділянці, яке відповідає вибраному напрямку руху води та нумерації кілець, що прилягають до вибраної ділянки. Наприклад: ділянка № 40 мережі між вузлами 1 та 26 проходить на межі між кільцями за номерами 1 та 24 (лист 1 в графічній частині роботи). Прийнятий напрямок руху води по

ділянці – від вузла 1 до вузла 26, код потоку має вигляд 1 – 24(40).

При розподілі витрати по лініях враховуються наступні обставини, що дозволяють забезпечити достатньо надійну роботу мережі:

- по ділянках мережі, що лежать на більш довгому шляху від точки живлення до розглянутого вузла, призначається менша витрата, ніж по ділянках, що лежать на більш короткому шляху;

- для забезпечення максимальної взаємозамінності ділянок при аварії пропускна здатність паралельно працюючих магістралей приймається рівною або близькою.

Розрахункові витрати решти ділянок визначаються аналогічно. Ці витрати розраховуються послідовно від ділянки до ділянки проти руху води, починаючи з точки сходу до точки підключення водоводів (вузол 1). Розрахунок виконаний безпосередньо на схемах мережі для всіх варіантів. Підготовка вихідної водопровідної мережі населеного пункту до дослідження з нанесенням номерів кілець, вузлів та ділянок представлена на листі 1.

2.1.2 Моделювання аварійних ситуацій

Магістралі несуть основне навантаження щодо розподілу води за площею об’єкта, а у разі аварій значну роль відіграють перемички. Розподільні (другорядні) лінії, які безпосередньо здійснюють віддачу води у внутрішні водопроводи будівель, примикають до магістралей та перемичок. Найбільш надійною системою водопостачання є кільцева водопровідна мережа, яка забезпечує подачу води не менше ніж з двох сторін до будь-якого вузла мережі. Підведення води до кільцевої мережі бажано виконувати у різні вузли мережі, які, по можливості, мають між собою значну відстань. Це також дозволяє знизити значущість магістралей при аваріях та зменшити витрати води у таких магістралях [23].

Важливо зазначити, що збільшуючи кількість ділянок мережі, можна досягти підвищення надійності, оскільки при цьому зменшується значущість

кожної ділянки. Деяке завищення діаметрів ділянок у межах економічно найвигідніших діаметрів також позитивно позначається на розрахунках надійності. Це дозволяє у разі аварій мати резерв пропускної спроможності. Резервування магістральних трубопроводів і комбінування запірної арматури здійснює чималий вплив на надійність систем водопостачання із кільцевою конфігурацією. Зменшення втрат води забезпечується збільшенням кількості засувок в трубопровідній мережі. Також переключення подачі води з інших напрямків в разі виникнення аварійних ситуацій забезпечує подальшу подачу води споживачам при локалізації виключно аварійних ділянок. Рішення про збільшення запірної арматури приймаються виключно із одночасними гідравлічними розрахунками системи водопостачання, тому що необхідно враховувати додаткові втрати тиску. Схема кільця мережі з використанням засувок для блокування аварійної ділянки на рис.2.1 [24].

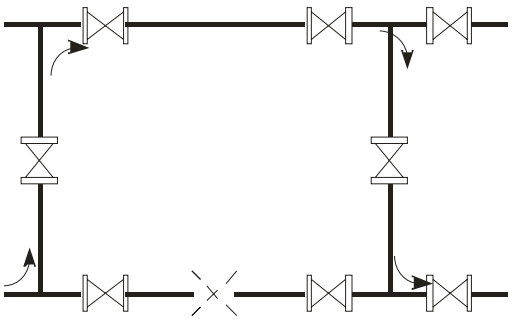


Рисунок 2.1 – Схема руху води в кільці мережі з аварійною ділянкою

2.2 Формування вихідних даних

2.2.1 Визначення режиму споживання води

Кількість жителів у кожному районі визначається за формулою:

$$N_i = P_i \cdot F_i, \tag{2.4}$$

де P_i – щільність населення, чол/га;

F_i – площа району, га; за планом міста (лист 1 графічної частини роботи)

$F_1 = 93,28$ га, $F_2 = 147,53$ га, $F_3 = 91,89$ га.

$$N_1 = 110 \cdot 93,28 = 10261 \text{ чол};$$

$$N_2 = 190 \cdot 147,53 = 28031 \text{ чол};$$

$$N_3 = 230 \cdot 91,89 = 21135 \text{ чол}.$$

Середньодобова витрата води і-го району визначається за формулою:

$$\overline{Q}_{доб_i} = N_i \cdot q_i / 1000, \quad (2.5)$$

де q_i – питоме господарсько-питне водоспоживання на одного жителя, л/доб; приймається згідно [21, табл.1] для різних районів $q_1 = 250$ л/доб; $q_2 = 285$ л/доб; $q_3 = 285$ л/доб.

Розрахункові витрати води за добу визначаються за формулами:

$$Q_{доб.макс} = К_{доб.макс} \cdot \overline{Q}_{доб}; \quad (2.6)$$

$$Q_{доб.мін} = К_{доб.мін} \cdot \overline{Q}_{доб},$$

де $К_{доб.макс}$, $К_{доб.мін}$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання.

Результати розрахунку витрат води за добу приведені в Додатку А , табл.А.1.

Добова витрата води на поливання вулиць і зелених насаджень вираховується за витратою води на поливання в перерахунку на одного жителя. Витрата води на поливання прийнята в розмірі 80 л/доб на одного жителя [21, дод.А, табл.А.2], 40% води використовують двірники та 60% - поливальні машини. Розрахунок водоспоживання на поливання вулиць і зелених насаджень приведений в Додатку А, табл.А.2.

Для даного дослідження не враховуються в якості споживачів промислові підприємства, тому розрахункова витрата води за добу максимального водоспоживання визначається за формулою:

$$Q = Q_{доб.макс.} + Q_{п}, \quad (2.7)$$

де $Q_{доб.макс.}$ – максимальна добова витрата води на господарсько-питні потреби населення міста, м^3/доб; за табл.А.1 $Q_{доб.макс.}$= 19350,5 м^3/доб;
$Q_{п}$ – добова витрата води на поливання вулиць, м^3/доб; за табл.А.2
$Q_{п}$ = 4754,2 м^3/доб.

$$Q = 19350,5 + 4754,2 = 24104,7 \text{ м}^3\text{/доб.}$$

Розрахункова витрата води на пожежогасіння та розрахункова кількість одночасних пожеж для житлової забудови населеного пункту приймаються за [21, п.6.2.2].

Розрахункова витрата води на потреби пожежогасіння становить:

$$Q_{пож} = 2 \cdot (35 + 5) = 80,0 \text{ л/с}, \quad (2.8)$$

де 2 – кількість одночасних пожеж для забудови міста будівлями висотою три і більше поверхів з чисельністю населення N = 59426 чол;
35 – витрата води на пожежегасіння на одну зовнішню пожежу, л/с;
5 – витрата води на пожежегасіння на одну внутрішню пожежу, л/с.

Витрата води на потреби пожежегасіння (тривалість 2 год):

$$Q'_{пож} = 2 \cdot 60 \cdot 60 \cdot 80,0 / 1000 = 576,0 \text{ м}^3. \quad (2.9)$$

Режим використання води окремими водоспоживачами:

- поливання вулиць, площ і проїздів – механізоване, в дві зміни, починається о 05.00 і закінчується о 19.00, рівномірне за годинами роботи;

- поливання зелених насаджень і парків проводиться рівномірно в ранкові та вечірні години: з 05.00 до 09.00 і з 16.00 до 19.00.

Максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності для кожного району населеного пункту визначається за формулою:

$$К_{і год.макс.} = \alpha_{і макс} \cdot \beta_{і макс}, \quad (2.10)$$

де $\alpha_{і макс.}$ - коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи і другі місцеві умови [21, п.6.1.2]; $\alpha_{1 макс.} = 1,30$; $\alpha_{2 макс.} = 1,20$; $\alpha_{3 макс.} = 1,25$;

$\beta_{і макс.}$ - коефіцієнт, що враховує чисельність жителів в районі, приймається за допомогою метода інтерполяції для різних районів: $\beta_{1 макс.} = 1,297$;

$\beta_{2 макс.} = 1,187$; $\beta_{3 макс.} = 1,198$ [21, табл.2].

$$К_{1\ макс} = 1,30 \cdot 1,297 = 1,70;$$

$$К_{2\ макс} = 1,20 \cdot 1,187 = 1,40;$$

$$К_{3\ макс} = 1,25 \cdot 1,198 = 1,50.$$

Розподіл води за годинами доби приймається за табл.2.16 [5] при коефіцієнтах погодинної нерівномірності $К_1 = 1,7$; $К_2 = 1,4$; $К_3 = 1,5$.

Витрата води для кожної години визначається за формулою:

$$Q_{jч} = P_{jч} \cdot Q_{j.доб.макс} / 100, \quad (2.11)$$

де $P_{jч}$ – значення j-ї погодинної витрати, %;

$Q_{j\ доб.макс}$ – максимальна витрата для і-го району населеного пункту, $м^3$/доб.

Результати розрахунків приведені в Додатку А, табл.А.3.

2.2.2 Режим роботи насосів

Режим роботи насосної станції другого підйому визначається на основі графіка погодинного водоспоживання міста з урахуванням максимального наближення режиму роботи насосної станції до режиму водоспоживання [25]. Суміщений графік водоспоживання і подачі води насосами збудований за даними табл.А.3 і приведений на рис.2.2.

Призначено 2 ступені роботи насосної станції, при цьому насоси, що працюють на різних ступенях, є однаковими, а зміна подачі забезпечується паралельним підключенням до робочого насосу (або до групи насосів) такого ж насосу (або групи насосів). Також враховується, що сумарна продуктивність насосів, які працюють разом на загальну мережу, менше, чим сумарна продуктивність цих же насосів при їх роздільній роботі.

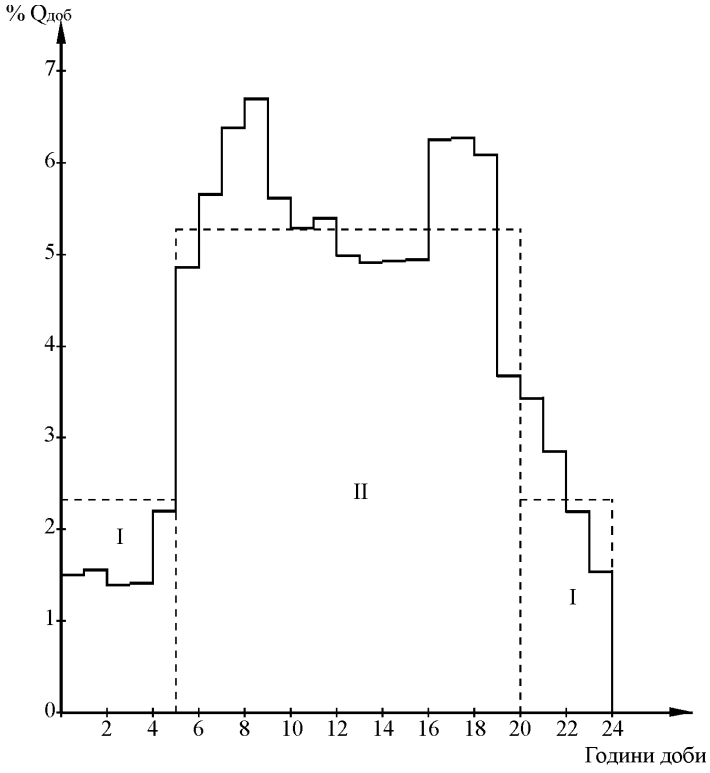


Рисунок 2.2 – Суміщений графік водоспоживання і подачі води насосами

_____ Водоспоживання міста

- - - - - - Подача води насосами

2.2.3 Визначення об’єму регулюючих ємностей

Місткість бака водонапірної башти і резервуарів чистої води (РЧВ) визначається з урахуванням режиму роботи насосної станції II підйому. Розрахунок регулюючих об’ємів бака башти і РЧВ представлений в Додатку Б в табл.Б.1 та Б.2.

Повний об’єм бака водонапірної башти визначається за формулою:

$$W_б = W_{рег} + W_{нз}, \quad (2.12)$$

де $W_{рег}$ – регулюючий об’єм бака, м^3; за табл.Б.1 $W_{рег} = 957,13 + 220,60 =$ $= 1177,73$ м^3, що становить $1177,73 \cdot 100\% : 24104,70 = 4,89\%$ і відповідає допустимим межам (2,5…5,0%);

$W_{нз}$ – недоторканий запас води в баці, що дорівнює 10-хвилинній тривалості гасіння однієї зовнішньої і однієї внутрішньої пожежі,м^3; за розрахунками п.2.2.1 $W_{нз} = (35 + 5) \cdot 60 \cdot 10 / 1000 = 24,0$ м^3.

$$W_б = 1177,73 + 24,0 = 1201,73 \text{ м}^3.$$

Діаметр бака водонапірної башти визначається за формулою:

$$D_б = \sqrt[3]{W_б / 0,55}; \quad (2.13)$$

$$D_б = \sqrt[3]{1201,73 / 0,55} = 12,98 \approx 13,0 \text{ м}.$$

Висота води в баці визначається за формулою:

$$H_{в.б} = 4 \cdot W_б / \pi \cdot D^2_б; \quad (2.14)$$

$$H_{в.б} = 4 \cdot 1201,73 / (3,14 \cdot 13,0^2) = 9,1 \text{ м}.$$

Повний об’єм резервуара чистої води визначається за формулою:

$$W_{РЧВ} = W^{/}_{рег} + W_{п} + W_{в.п}, \quad (2.15)$$

де $W^{/}_{рег}$ – регулюючий об’єм РЧВ, м^3; за табл.Б.2 $W^{/}_{рег}$ = 2225,67 + 1780,53 = = 4006,20 м^3;

$W_{п}$ – об’єм пожежного запасу води в РЧВ, м^3;

$W_{в.п.}$ – запас води на власні потреби очисної станції, м^3:

$$W_{в.п.} = 0{,}04 \cdot Q_{доб.макс.}; \quad (2.16)$$

$$W_{в.п.} = 0{,}04 \cdot 24104{,}70 = 964{,}19 \text{ м}^3.$$

Об’єм пожежного запасу води в РЧВ визначається за формулою:

$$W_{п} = 3{,}6 \cdot Q_{пож} \cdot t + \sum Q_{сум} - 4{,}17 \cdot Q_{макс.доб} \cdot t/100, \quad (2.17)$$

де $Q_{пож}$ – повна витрата води на пожежегасіння, л/с; за п.2.1 $Q_{пож}$ = 80,0 л/с;

$\sum Q_{сум}$ – витрата води за три суміжні години максимального водоспоживання (з 6 до 9), м^3; за табл.2.4 $\sum Q_{сум}$ = 4514,84 м^3;

$Q_{макс.доб}$ – витрата води за добу, м^3; $Q_{макс.доб}$ = 24104,70 м^3;

t – тривалість гасіння пожежі, год; прийнято t = 2 год [21, п.6.2.13].

$$W_{п} = 3{,}6 \cdot 80{,}0 \cdot 2 + 4514{,}84 - 4{,}17 \cdot 24104{,}70 \cdot 2/100 = 3080{,}51 \text{ м}^3.$$

$$W_{РЧВ} = 4006{,}20 + 964{,}19 + 3080{,}51 = 8050{,}90 \text{ м}^3.$$

Прийняті 2 резервуари чистої води об’ємом 4860 м^3 кожний, з розмірами в плані 36 × 30 м, глибина води в РЧВ становить 3,73 м.

2.2.4 Розрахунок шляхових та вузлових витрат

Вода від насосної станції II підйому подається до водопровідної мережі двома водоводами довжиною 1000 м. До магістральної мережі для всіх варіантів дослідження водоводи примикають в точці 1 (за генпланом лист 1), від яких магістральна мережа на території населеного пункту проходить у вигляді 7 транзитних магістралей: 1-2-3-4-5-6-7-8-9; 4-11-12-13-14; 15-16-17-18-19-20-21; 2-22-23-24-25; 1-26-27-28-29-30-31; 32-33-34-35-36-37 та 1-38-39-40-41-42-43-44-45. Напрямок вказаних ліній мережі відповідає основному напрямку руху води від точки підключення напірних водоводів по районах. Транзитні магістралі між собою з'єднуються перемичками: 5-10, 7-12, 8-13, 9-14, 10-11, 4-15, 11-16, 13-20, 14-21, 15-22, 16-23, 17-24, 20-25, 22-26, 23-28, 24-30, 25-31, 26-32, 27-33, 29-35, 30-36, 31-37, 32-39, 33-41, 34-42, 36-43, 37-45 і утворюють 24 кільця.

Магістральна мережа рівномірно розташована на території населеного пункту і охоплює всіх крупних споживачів, які використовують воду міського водопроводу. Водопостачання жилих кварталів здійснюється за допомогою розподільної мережі, що складається з ліній, які прокладені по всіх вулицях і проїздах. При такому трасуванні сумарна довжина магістральної мережі по генплану становить 27520 м.

Водонапірна башта включена до схеми водопостачання як проміжна регулювальна ємність у зв'язку з тим, що коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання населеного пункту становить за даними табл.А.3 К = 6,70/4,17 = 1,61 > 1,25.

Максимальний годинний відбір води приходиться на 08 – 09 годину, коли місто споживає 1614,08 м^3/год води (448,35 л/с), що становить 6,70% добової витрати (за табл.А.3). В цю годину вода так розподіляється по районах: в першому районі – 298,85 м^3/год (83,02 л/с), в другому районі – 694,39 м^3/год (192,89 л/с), в третьому районі – 620,83 м^3/год (172,45 л/с).

За рис.2.1 насосна станція другого підйому подає в мережу в годину максимального водоспоживання 5,27% від загальної сумарної витрати води, що становить 24104,70/100 · 5,27 = 1271,44 м^3/год (353,18 л/с), решта води в кількості 1614,08 – 1271,44 = 342,64 м^3/год (95,18 л/с) надходить в мережу з водонапірної башти (або двох башт для варіанта В3).

Максимальний транзит води в башту приходиться на 19 – 20 годину, коли місто споживає 887,45 м^3/год води (246,51 л/с), що становить 3,68% добової витрати (за табл.А.3). В цю годину вода так розподіляється по районах: в першому районі – 166,74 м^3/год (46,32 л/с), в другому районі – 395,44 м^3/год (109,84 л/с), в третьому районі – 325,26 м^3/год (90,35 л/с). Насосна станція подає в мережу 1271,44 м^3/год (353,18 л/с), в башту (або двох башт для варіанта В3) надходить вода в кількості 1271,44 – 887,45 = = 383,99 м^3/год (106,67 л/с).

Для варіанта дослідження В1 башта приєднується до магістральної мережі у вузлу 1. Отже, основними розрахунковими режимами роботи мережі для В1 є: година максимального водоспоживання (В1.1) і година пожежогасіння при максимальному водоспоживанні (В1.2).

Для варіанта дослідження В2 башта приєднується до магістральної мережі у вузлу 6. Основними розрахунковими режимами роботи мережі для В2 є: година максимального водоспоживання (В2.1) і година максимального транзиту в башту (В2.2).

Для варіанта дослідження В3 до магістральної мережі приєднуються дві башти – у вузлу 16 та вузлу 34. Основними розрахунковими режимами роботи мережі для В3 є: година максимального водоспоживання (В3.1) і година максимального транзиту в башти (В3.2).

Питома витрата для і-го району визначається за формулою:

$$q_{пит_i} = Q_i / \sum l_i , \qquad (2.18)$$

де Q_i – повна витрата води і-го району, яка відбирається з мережі, л/с;

приймається як сума всіх витрат за табл.А.3;

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

Довжина ділянок мережі надана в табл.2.1. До загальної розрахункової довжини магістральної лінії ділянки мережі на межі двох районів, а також ділянки мережі, що обслуговують споживачів тільки з одного боку, враховані в половинному розмірі. Таким чином, розрахункова довжина ділянок становить: $\sum l_1 = 8435$ м; $\sum l_2 = 11280$ м; $\sum l_3 = 5650$ м.

Для години максимального водоспоживання (варіанти В1.1, В2.1 та В3.1) для різних районів питомі витрати становлять відповідно:

$$q_{пит.1}^{макс} = 83{,}02 / 8435 = 0{,}0098 \text{ л/с·м};$$

$$q_{пит.2}^{макс} = 192{,}89 / 11280 = 0{,}0171 \text{ л/с·м};$$

$$q_{пит.3}^{макс} = 172{,}45 / 5650 = 0{,}0305 \text{ л/с·м}.$$

Для години максимального транзиту (варіанти В2.2 та В3.2):

$$q_{пит.1}^{транз} = 46{,}32 / 8435 = 0{,}0055 \text{ л/с·м};$$

$$q_{пит.2}^{транз} = 109{,}84 / 11280 = 0{,}0097 \text{ л/с·м};$$

$$q_{пит.3}^{транз} = 90{,}35 / 5650 = 0{,}0160 \text{ л/с·м}.$$

Шляхові витрати ділянок визначаються за формулою:

$$Q_{шл} = q_{пит.i} \cdot l_{д.}, \qquad (2.19)$$

де $l_{д.}$ – розрахункова довжина розглянутої ділянки, що дорівнює повній (або половинній) довжині ділянки за генпланом, м.

Вузлові витрати визначаються за формулою:

$$Q_{вузл._j} = 0{,}5 \cdot (\sum Q_{шл})_{вузл}\ , \qquad (2.20)$$

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

Значення шляхових та вузлових витрат наведені в Додатку В, табл.В.1 та В.2.

Критерієм правильності визначення шляхових $Q_{шл}$ та вузлових $Q_{вузл}$ витрат є дотримання умови:

$$\sum Q_{шл} = \sum Q_{вузл} \qquad (2.21)$$

За результатами табл.В.1 та В.2 ця умова виконана правильно.

2.3 Дослідження впливу кількості та розташування регулюючих ємностей на гідравлічні режими роботи мережі

При проектуванні початкового потокорозподілу на розрахункових схемах для всіх варіантів дослідження наносяться значення вузлових витрат, при цьому розрахункові точки пожежогасіння вибрані так, щоб не перевантажувати окремі ділянки водопровідної мережі з малими діаметрами. Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці мережі починається з точки сходу потоків довільно, але з дотриманням умови (2.1). Витрати розраховуються при послідовному переході від ділянки до ділянки проти напрямку руху води, починаючи з точки сходу до точки підключення водоводів. Початковий потокорозподіл для всіх варіантів дослідження без аварійних ділянок представлений в Додатку Г на рис.Г.1 – Г.6.

2.3.1 Гідравлічна ув’язка мережі

Гідравлічна ув’язка мережі проводиться для визначення дійсного розподілу потоків по лініях мережі при вибраних діаметрах труб. При цьому враховується баланс втрат напору на ділянках «у всякому замкнутому контурі: алгебраїчна сума втрат напору у кожному кільці мережі дорівнює нулю або інакше: сума втрат напору на ділянках, де вона рухається за годинниковою стрілкою, повинна дорівнювати сумі втрат напору на ділянках з потоками, спрямованими проти годинникової стрілки» (це є застосуванням закону збереження енергії) [26]. Тобто, для гідравлічної ув’язки мережі враховуються умови (2.1) та (2.2).

Розрахунок мережі виконаний за програмою «ГІДРАСТ 1» [27], результати розрахунку надані в Додатку Д та в графічній частині роботи (листи 2, 3, 4).

2.3.2 Розрахунок п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі

Водопровідна мережа повинна забезпечувати споживачам подачу води не тільки розрахункової кількості, але й під необхідним вільним напором, тобто у водопровідній мережі повинен бути тиск, який забезпечує підйом і виливання води у найбільш високо розташованій точці. Вільним напором у точці приєднання домового вводу до зовнішньої водопровідної мережі називають висоту стовпа води над поверхнею землі в цій точці.

Потрібний вільний напір у будь-якій точці мережі:

$$H_{віл} = H_{г} + \sum h + h_{вил}, \qquad (2.22)$$

де $H_г$ – геометрична висота найвище розміщеного у будинку водорозбірного крана у точці приєднання домового вводу до зовнішньої водопровідної мережі, м;

$\sum h$ – сума втрат напору від точки приєднання домового вводу до розрахункового водорозбірного приладу, м;

$h_{вил}$ – напір, необхідний для виливання через прилад розрахункової витрати води, м; приймається залежно від типу санітарно-технічного приладу і дорівнює 2…3 м.

Для спрощення розрахунків потрібний вільний напір визначається залежно від поверховості будинків за формулою:

$$H_{в.потр.i} = 6 + 4 \cdot n, \qquad (2.23)$$

де n – кількість поверхів у будинках розглянутого району.

Для знаходження п'єзометричних позначок попередньо визначається невигідна точка мережі. Невигідною точкою водопровідної мережі є така точка, яка в точці підключення водоводів до мережі потребує найбільшої п'єзометричної позначки.

Потрібні п'єзометричні позначки у вузлах мережі:

$$П_{потр.i} = H_{в.потр.i} + Z_i, \qquad (2.24)$$

де $H_{в.потр.i}$ – потрібний вільний напір в і-тій точці, м;

Z_i – абсолютна відмітка і-той точки за схемою мережі, м; приймається з урахуванням рельєфу місцевості за планом населеного пункту (лист 1).

П'єзометричні позначки в точці підключення водоводів, які необхідні для отримання відповідних п'єзометричних позначок в розглянутих точках, визначаються за формулою:

$$П_{1(i)} = П_{потр.i} + \sum h_{1-i}, \qquad (2.25)$$

де $\sum h_{1-i}$ – алгебраїчна сума втрат напору від точки підключення водоводів до і-тої точки, м.

Визначення невигідних точок для відповідних варіантів представлено у Додатку Е. Розрахунок п’єзометричних позначок наданий у Додатку Ж. За результатами розрахунку створені п’єзометричні карти для відповідних варіантів мережі без аварійних ділянок. Карти розміщені в графічній частині роботи (листи 2, 3, 4). За даними п’єзометричних карт побудовані п’єзометричні лінії, які також розміщені в графічній частині роботи (листи 5, 6, 7).

Аналіз результатів гідравлічного розрахунку мережі без аварійних ділянок:

- для максимального водоспоживання вільні напори у вузлах мережі для всіх варіантів не нижче потрібних (для першого району – 18 м, для другого району – 26 м, для третього району – 42 м);

- у випадку пожежогасіння мережа зможе забезпечити пропуск пожежної витрати води, вільні напори у вузлах мережі не нижче 10 м;

- для вузлів, в яких розрахункові вільні напори перевищують допустимі 60 м, на вводах в будинки передбачається встановлення пристроїв, які будуть гасити зайвий напір.

2.3.3 Визначення висоти стовбурів водонапірних башт для різних варіантів дослідження

Висота стовбура водонапірної башти визначається за формулою:

$$H_б = П + h^б_в - Z_б, \qquad (2.26)$$

де П – п’єзометрична позначка в точці підключення водоводів від башти до мережі, м; приймається за даними Додатка Ж для вузлів 6, 16 та 34;

$Z_б$ – позначка поверхні землі біля башти, м; приймається за планом населеного пункту та даними Додатка Е;

$h^б_в$ – втрати напору в водоводах від башти до точки підключення, м.

Втрати напору в водоводах до башти визначаються за формулою:

$$h_в^б = 1{,}15 \cdot i_в \cdot \ell_б, \qquad (2.27)$$

де $i_в$ – питомі втрати напору в водоводах, м;

$\ell_б$ – довжина водоводів, м; приймається за генпланом міста (лист 1).

Вода з башти надходить в мережу в годину максимального водоспоживання або з мережі в башту в годину максимального транзиту двома водоводами, тому визначається витрата води по одному водоводу. Залежно від розрахункової кількості води та з урахуванням оптимальної швидкості води приймається діаметр одного водовода та визначаються питомі втрати напору в водоводах [28].

П’єзометрична позначка башти визначається за формулою:

$$П_б = H_б + Z_б \qquad (2.28)$$

Результати розрахунку для різних варіантів надані в табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок характеристик водонапірних башт

№	Показник	Од. вим.	Варіант дослідження						
			В1.1	В2.1	В2.2	В3.1(16)	В3.1(34)	В3.2(16)	В3.2(34)
1	П’єзометрична позначка в точці підключення	м	127,81	119,84	119,84	120,61	124,06	120,61	124,06
2	Позначка поверхні землі біля башти	м	64,47	63,80	63,80	61,16	63,46	61,16	63,46
3	Довжина водоводів	м	120	200	200	120	80	120	80
4	Витрата води	л/с	47,59	47,59	53,33	23,79	23,79	26,67	26,67
5	Діаметр водоводу	мм	250	250	250	200	200	200	200
6	Швидкість води	м/с	0,90	0,90	1,01	0,69	0,69	0,78	0,78
7	Питомі втрати напору	м/м	5,16	5,16	6,38	4,27	4,27	5,31	5,31
8	Втрати напору в водоводах	м	0,71	1,19	1,47	0,59	0,39	0,73	0,49
9	Висота стовбура	м	64,05	57,22	57,51	60,04	60,99	60,18	61,09
10	П’єзометрична позначка башти	м	128,52	121,02	121,31	121,20	124,45	121,34	124,55

2.4 Дослідження гідравлічних режимів роботи мережі при моделюванні аварійних ділянок

Для моделювання аварійних ситуацій прийнято відключення ділянок 7-8, 17-24, 20-25 та 41-42. Таким чином, в мережі зменшилась розрахункова кількість ділянок та кілець, змінилася їх нумерація та кодування при незмінній кількості вузлів. Схема водопровідної мережі після моделювання аварійних ситуацій представлена в графічній частині роботи (лист 1).

Гідравлічні розрахунки аварійної мережі для різних варіантів проводяться аналогічно пунктам 2.3.1 та 2.3.2 без зміни кількості водовідбору у вузлах мережі.

П'єзометричні позначки у вузлах мережі при зміні потокорозподілу в результаті моделювання аварійних ділянок розраховані відносно точки підключення водоводів від насосної станції до мережі (точки 1 для всіх варіантів) при умові, що п'єзометрична позначка в цьому вузлі $П_{тр.} = const$.

Вузли, в яких не дотримується умова $Н_{факт} \geq Н_{в.потр.}$, є точками недостатнього напору, які створюють зони недостатнього напору. Фрагменти мережі з визначенням площі зон недостатнього напору після моделювання аварійних ділянок для різних варіантів дослідження представлені в графічній частині роботи на листі 8.

Площа зони недостатнього напору визначається як площа геометричної фігури, вершинами якої є вузли з напором, що дорівнює або менше потрібного вільного напору $Н_{в.потр}$ для визначеного вузла. Невідома довжина ділянок мережі (сторін многокутника) визначені з допомогою інтерполяції в залежності від напорів у досліджених вузлах мережі. Площа зони для різних варіантів виміряна з допомогою макроса GetAreaLaunch.show.

Результати розрахунку мережі при моделюванні аварійних ділянок надані в наступних Додатках:

1) Додаток К – Початковий потокорозподіл;

2) Додаток Л – Гідравлічна ув'язка мережі;

3) Додаток М – Результат гідравлічного розрахунку;

4) Додаток Н – Розрахунок п’єзометричних позначок;

5) Додаток П – П’єзометричні карти

За результатами розрахунку побудовані п’єзометричні лінії для варіантів з аварійними ділянками (В1.3, В1.4, В2.3, В2.4, В3.3, В3.4), які представлені в графічній частині роботи (листи 5, 6, 7).

2.5 Визначення напору насосів та характеристик водоводів

Розрахункова подача насосів другого підйому визначається на основі суміщеного графіка, який представлений на рис.2.2.

Подача насосної станції визначається за формулою:

$$Q_{i_{н.с.}} = Q_{доб} \cdot P_i / 100, \qquad (2.29)$$

де P_i і $Q_{i\ н.с.}$ – подача і-того ступеню насосної станції у відсотках $Q_{доб}$ і м^3/год відповідно; за табл.А.3 $Q_{доб}$ = 24104,70 м^3/доб, за графіком P_{II} = 5,27%.

$$Q_{II_{н.с.}} = 24104{,}70 \cdot 5{,}27 / 100 = 1271{,}44 \text{ м}^3\text{/год} = 0{,}353 \text{ м}^3\text{/с}.$$

Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів:

$$Q_{н.в.} = Q_{max.н.с.} / n_н, \qquad (2.30)$$

де $n_н$ – кількість напірних водоводів; приймається $n_н$ = 2 [21, п.7.6].

$$Q_{н.в.} = 0{,}353 / 2 = 0{,}177 \text{ м}^3\text{/с}.$$

Діаметр напірного водоводу визначається за формулою:

$$d_н = \sqrt{4 \cdot Q_{н.в.} / (\pi \cdot v_н)}, \qquad (2.31)$$

де $v_н$ – швидкість води в напірному водоводі, м/с; попередньо приймається $v_н$ = 1,3 м/с [21, п.7.9].

$$d_н = \sqrt{4 \cdot 0{,}177 / (3{,}14 \cdot 1{,}3)} = 0{,}411 \text{ м} \approx 400 \text{ мм}.$$

Для напірних водоводів при $Q_{н.в.}$ = 177 л/с і діаметрі $d_н$ = 400 мм приймається $v_н$ = 1,33 м/с, 1000i = 5,97 [27].

Потрібний напір насосів визначається за формулою:

$$H_р = H_г + h_к + h_в + h_з, \qquad (2.32)$$

де $H_г$ – геометрична висота підйому, м;

$h_к$ – сумарні втрати напору у комунікаціях насосної станції, м; $h_к$ = 2,0 м [22];

$h_в$ – втрати напору в водоводах при максимальній подачі насосів, м;

$h_з$ – запас на вилив з напірного трубопроводу, що дорівнює 1,0 м [22].

Геометрична висота підйому визначається за формулою:

$$H_г = П_1 - Z, \qquad (2.33)$$

де $П_1$ – п’єзометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі для максимального водоспоживання, м;

Z – позначка найнижчого рівня води в РЧВ, м.

Враховуючи кількість та розміри РЧВ (2×36×30) і об’єм пожежного запасу води в них, визначеного за формулою (2.17) $W_п$ = 3080,51 м^3, висота пожежного запасу води в РЧВ становить: 3080,51/(2·36·30) = 1,43 м. Позначка поверхні землі в місці розташування РЧВ (за генпланом населеного пункту) становить 61,4 м; глибина води в РЧВ – 3,73 м. Тоді позначка пожежного рівня води в РЧВ становить: Z = 61,4 + 0,5 – 3,73 + 1,43 = 59,60 м.

$$H_г = 127{,}81 - 59{,}60 = 68{,}21 \text{ м}.$$

Втрати напору в водоводах при максимальному водоспоживанні:

$$h_в = 1{,}1 \cdot i \cdot \ell, \qquad (2.34)$$

де i – питомі втрати напору;

ℓ – довжина водоводу, м; за планом міста (лист 1) $\ell = 1000$ м.

$$h_{в\,II} = (1{,}1 \cdot 5{,}97 : 1000) \cdot 1000 = 6{,}57 \text{ м};$$

$$H_{р\,II} = 68{,}21 + 2{,}0 + 6{,}57 + 1{,}0 = 77{,}78 \text{ м}.$$

За зведеними характеристиками насосів, приведеними в [22], за витратою і напором приймаються насоси марки Д630-90.

Характеристики трубопроводів розраховуються за формулою:

$$H_i = (S_к + 1{,}1 \cdot \delta \cdot S_o \cdot \ell) \cdot Q^2{}_i + H_г, \qquad (2.35)$$

де H_i – повний потрібний напір при і-тій витраті, м;

S_o – питомий опір водоводу;

ℓ – довжина водоводу, м;

Q_i – витрата по водоводу, $м^3/с$;

$H_г$ – геометрична висота підйому, м;

δ – коефіцієнт неквадратичної залежності втрат напору від витрати;

$S_к$ – усереднений опір комунікацій:

$$S_к = h_к / Q^2, \qquad (2.36)$$

$h_к$ – сумарні втрати в комунікаціях станції, м; $h_к = 2{,}0$ [22].

$$S_к = 2{,}0 / 0{,}177^2 = 64{,}14.$$

Таблиця 2.3 - Розрахунок характеристики водоводів

Вид показника	Значення показників для Q_i					
	$Q_i = 0$	$0,25Q_в$	$0,5Q_в$	$0,75Q_в$	$Q_в$	$1,25Q_в$
Q, $м^3/с$	0,000	0,044	0,088	0,132	0,177	0,221
v, м/с	0,000	0,351	0,703	1,054	1,330	1,757
δ	0,000	1,137	1,038	0,996	0,977	0,959
$1,1S_oL$	167,31	167,31	167,31	167,31	167,31	167,31
$1,1\delta S_oL$	0,00	190,27	173,74	166,67	163,45	160,50
$S_к$	64,14	64,14	64,14	64,14	64,14	64,14
$S_к + 1,1\delta S_oL$	64,14	254,41	237,87	230,81	227,58	224,63
Q^2	0,000	0,002	0,008	0,018	0,031	0,049
$(S_к + 1,1\delta S_oL)Q^2$	0,00	0,50	1,85	4,05	7,10	10,95
$H_г$	68,21	68,21	68,21	68,21	68,21	68,21
H_i	68,21	68,70	70,06	72,26	75,31	79,15
Q, $м^3$/год	0	159	318	477	636	795

За даними табл.2.3 з урахуванням зміни геометричної висоти підйому для різних варіантів дослідження побудована графічна залежність $H_i = f(Q_i)$, яка показана на листі 8.

Точка перетину характеристик насосів і мережі є робочою точкою, за якою визначається дійсна (фактична) подача $Q_ф$ та напір $H_ф$ насосної станції.

Кількість активної електроенергії, яка витрачається на підйом і транспортування води протягом року визначається за формулою, кВт·год:

$$E = \frac{2,72 \cdot Q_ф \cdot H_ф}{\eta_1 \cdot \eta_2}, \qquad (2.37)$$

де 2,72 – питома витрата електроенергії, що витрачається на підйом 1000 $м^3$ води на 1 м;

Q – кількість води, що перекачується за рік, тис.$м^3$;

H – напір насоса, м;

η_1 – коефіцієнт корисної дії насосів; приймається за [22];

η_2 – коефіцієнт корисної дії для двигунів [22].

Витрати на електроенергію за рік визначаються за формулою:

$$С_е = Е_р \cdot Ц_е, \quad (2.38)$$

де $Е_р$ – річна витрата електроенергії, кВт·год;

$Ц_е$ – ціна 1 кВт·год, грн.; прийнято $Ц_е$ = 6,936 грн.

Результати розрахунку витрат на електроенергію наданий в графічній частині роботи (лист 8).

Таким чином, з урахуванням затрат на електроенергію, необхідну для подачі води в мережу населеного пункту при дослідженні найбільш вигідним є варіант В3, тобто коли дві водонапірні башти розміщені у вузлах 16 і 34.

РОЗДІЛ 3. ОХОРОНА ПРАЦІ

3.1 Особливості експлуатації та обслуговування водопровідних мереж і водонапірних башт

За функціональним призначенням основними спорудами водопровідної мережі населеного пункту є:

- водоводи для транспортування води між окремими водопровідними спорудами (від насосної станції або водонапірної башти до мережі);

- магістральні мережі для транспортування основної маси води до самих віддалених її споживачів;

- розподільні мережі для подачі води окремим споживачам (підведення води до будинків, промислових підприємств, водорозбірних колонок, пожежних гідрантів, тощо);

- водонапірні башти для регулювання запасів води, а також для підтримування необхідних напорів у споживачів.

Експлуатація системи подачі та розподілу води в основному полягає в керуванні режимом їх роботи, наглядом за станом і збереженням мереж, споруд і пристроїв, поточному ремонті труб і обладнання, промивці трубопроводів і ліквідації аварій.

Експлуатація водонапірних башт як резервуарів зберігання великої кількості води передбачає систематичний щоденний контроль якості води, не рідше за один раз у три місяці огляд санітарного стану лазів у резервуар, вентиляційних труб, зливних і переливних пристроїв, люків і засувок тощо. Всі виходи і лази у водонапірну башту знаходяться в закритому і запломбованому стані. Щорічно перед настанням зимового періоду перевіряється теплоізоляція трубопроводу в башті, а також систематично проводяться випробування на витоки води з резервуарів та їх герметичність. При постійній експлуатації не рідше одного разу на 3 роки фарбують металеві баки башт та повністю очищають їх не рідше за один раз на рік.

Очищені, відремонтовані або знов фарбовані резервуари вводяться в експлуатацію тільки після їх знезараження, яке проводиться розчином хлорного вапна: для резервуарів великої місткості – методом зрошування з концентрацією активного хлору 200-250 мг/л (з розрахунку 0,3-0,5 л на 1 $м^2$ внутрішньої поверхні резервуарів); для резервуарів малої місткості – об'ємним способом з концентрацією активного хлору 75-100 мг/л при контакті 5-6 годин і дозами не менше 25-50 мг/л при добовому контакті хлорної води з поверхнями резервуару. Через 1-2 години після дезінфекції резервуар промивають фільтрованою водою. У роботу він запускається після не менше ніж двох задовільних бактеріологічних аналізів, проведених з інтервалом часу повного обміну води між узяттям проб [28].

Перед пуском до експлуатації, а також після аварійного ремонту мережі водопостачання також дезінфікують хлорною водою, якою заповнюють трубопроводи.

Для виконання цих робіт створюються експлуатаційні та ремонтно-аварійні бригади. Для забезпечення нормальної експлуатації водоводів і мереж водопостачання встановлюються засувки для регулювання та виділення ремонтних ділянок, випуски для скиду води, клапани і апаратура для автоматичного вимикання ділянок мережі при виникненні аварійного режиму. Так як трубопроводи прокладаються під землею, то арматура на них встановлюється в колодязях або камерах.

3.2 Аналіз потенційних небезпечних та шкідливих факторів

Шкідливими виробничими факторами називаються ті несприятливі фактори, які при тривалому впливі можуть викликати у працівників професійні захворювання. При експлуатації мереж водопостачання та водонапірних башт враховуються специфічні небезпечні фактори:

- загазованість колодязів або камер;
- небезпечність вибуху, опіків, удушення та отруєння працюючих;

- можливість падіння працюючих і удари їх при відкриванні та закриванні кришки люків колодязів і при спусканні в колодязі;

- можливість падіння усіляких предметів у відкриті люки;

- небезпечність впливу потоку води;

- можливість завалювання ґрунту при земляних роботах;

- можливість наїзду транспорту при роботах на вулиці, доторкання до рухливих деталей механізмів;

- незадовільне освітлення;

- знижена температура повітря в зимовий час.

Причиною травм при роботах в колодязях мереж може явитися недостатня міцність ходових скоб, а при пересуванні всередині стовбура водонапірної башти – неякісно встановлені сходи. Скоби та сходи в процесі експлуатації можуть втратити міцність внаслідок корозії металу та бетону, порушення кріплення до стін колодязя або внутрішніх стін стовбура башти, незадовільної обробки при будівництві.

В колодязях і камерах мереж водопостачання можуть знаходитися гази, шкідливі для організму людини (метан, вуглекислий газ, сірководень) [29]. Вони проникають в колодязі та камери системи водопостачання через ґрунт при ушкодженні труб газопроводів або систем каналізації.

Метан – безколірний газ, без відчутного запаху, легше повітря. При вдиханні суміші метану та кисню у людини з’являється головний біль. При вмісті кисню в суміші менше 20% може наступити задуха. Клас небезпечності 2, ГДК 1 мг/м^3 [29].

Вуглекислий газ – газ без кольору та запаху, легше повітря. При вдиханні невеликої кількості у працюючого з’являються головний біль, запаморочення голови, шум у вухах, слабкість, учащається пульс. При тривалому перебуванні в загазованій атмосфері наступає втрата свідомості, можливим стає смертельний вихід. Клас небезпечності 4, ГДК 20 мг/м^3 [29].

Сірководень – безкольоровий газ з різким, неприємним запахом, відчувається навіть при самих малих його концентраціях в повітрі.

Сірководень важче повітря, тому збирається на дні оглядових колодязів. Навіть у малих концентраціях сірководень викликає сльозоточивість, світлобоязнь. При високому вмісті сірководню в повітрі у працюючого спостерігаються запаморочення голови, блювота, при концентраціях більше 1000 мг/м^3 в результаті паралічу дихання наступає смерть. Клас небезпечності 2, ГДК 10 мг/м^3 [29].

Хлор є високо небезпечною речовиною [29] і відноситься до 2 класу шкідливих речовин. Перебування протягом декількох годин в місцях приготування хлорованих розчинів при концентрації вище 0,3 мг/л представляє небезпеку для життя працівників. При зіткненні з слизовими оболонками хлор перетворюється на соляну кислоту, яка виявляє припікаючу дію. Вдихання хлору у великих концентраціях може привести до смертельного виходу. ГДК парів хлору в повітрі складає 1 мг/м^3. Максимально разова ГДК парів хлору в атмосферному повітрі – 0,1 мг/м^3. Хлор негорючий, але підтримує горіння багатьох органічних речовин. Для зберігання та перевезення рідкого хлору використовуються балони і бочки, тобто посудини, які працюють під тиском. Ці посудини відносяться до об’єктів збільшеної небезпеки, тому що не виключені випадки зруйнування (вибуху) їх внаслідок втрати механічної міцності, сильного місцевого перегрівання, ударів по поверхні, перевищення робочого тиску більше припустимого. При цьому можуть статися значні зруйнування та важкі травми людей.

3.3 Інженерна розробка захисту від небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища на водопровідних мережах

Для покращання умов праці обслуговуючого персоналу на водопровідних мережах передбачаються інженерні та організаційні заходи по усуненню шкідливих та небезпечних факторів. В якості інженерних передбачаються наступні заходи.

Місце розташування та територія поблизу водонапірної башти в радіусі 50 м входить в зону охоронного режиму, ця територія повинна бути захищена, упорядкована та добре освітлена в нічний час.

Враховуючи те, що в колодязях або камерах завжди накопичуються отруйні або задушливі гази, встановлюється запірно-регулююча арматура, яка виключає або скорочує до мінімуму необхідність спуску працівників в колодязі. Для цього використовуються засувки з дистанційним керуванням, застосовуються спеціальні пристрої.

Кришки колодязів і камер відкривають спеціальним гачком довжиною не менше 90 см. Зняту кришку укладають рядом з колодязем в напрямку руху транспорту, щоб уникнути можливого наїзду автомобілів.

Перед спуском в колодязь перевіряється наявність, цілість і міцність скоб за допомогою довгої жердини. Також перед спуском в колодязі перевіряється наявність в них газів за допомогою вибухобезпечного обладнання. Для контролю за концентрацією шкідливих речовин в повітрі робочої зони застосовуються газоаналізатори [30]. При роботі в колодязі в зимовий час майданчик навколо люка ретельно відчищають від снігу або льоду і посипають його піском, золою або шлаком. При ручному керуванні засувками в колодязях користуються штангою-виделкою. Спускатися в колодязь для виконання такої роботи забороняється [31].

Для безпечної роботи на ділянках доріг призначені огороджувальні пристрої з метою запобігання можливого наїзду транспорту, падіння людей, тощо. В якості огороджень застосовується штахетний бар’єр висотою 1,1 м, пофарбований в білий і червоний кольори. Застосовують також спеціальні дорожні переносні знаки, які встановлюють на відстані 5 м від колодязя проти руху транспорту. При короткочасних (до 1 доби) роботах в колодязях на мережах водопостачання дозволяється обмежуватися огородженням місця роботи переносними сигнальними знаками.

При дезинфекції мереж водопостачання та резервуарів водонапірних башт для запобігання надходження хлору в діючу мережу на відгалуженнях

хлорованої лінії відключають засувки, вентилі, крани, між фланцями фасонних частин встановлюють заглушки. Хлорувати ділянки мережі, відключені тільки засувками, не допускається. Балони з хлором розміщують так, щоб не було можливості наїзду на них транспорту. Контроль за ходом хлорування і кількістю хлору, який розчиняється у воді, здійснює черговий лаборант на місці виконання робіт. Влітку балони з хлором захищають від прямих сонячних променів, так як при збільшенні температури тиск у балонах може піднятися до небезпечного.

Роботи, які пов’язані зі спуском персоналу в колодязі і камери, відносяться до розряду небезпечних, тому до них допускається бригада, яка складається не менше чим з 3 чол.: один працює в колодязі, другий – на поверхні, третій наглядає за працюючими та здійснює їм допомогу на разі необхідності. Бригади доставляються до місця роботи спеціальним транспортом, на якому є комплект захисного інвентарю, інструмент, матеріали та огородження. Під час хлорування мережі виставляються пікети з членів бригади для попередження нещасних випадків зі сторонніми.

Організаційними заходами по усуненню шкідливих і небезпечних факторів виробничого середовища є:

- допуск до роботи з шкідливими речовинами осіб не молодше 18 років, які пройшли інструктаж по техніці безпеки;

- категорична заборона допуску до трубопроводів сторонніх осіб;

- забезпечення проходу в резервуар башти людей тільки з дотриманням особливих санітарних заходів і лише з дозволу начальника і представника санітарно-епідеміологічної служби;

- вживання термінових заходів до усунення протікання води всередину резервуара крізь стіни і перекриття;

- нагляд за станом башт, розташованих за межами території водопроводу, здійснювання їх охорони;

- дотримання технологічних параметрів та інструкцій для попередження аварій.

3.4 Технічні рішення з виробничої санітарії

3.4.1 Об’ємно-планувальні рішення споруд на мережах

Одними з основних споруд на водопровідних мережах, які найчастіше використовуються обслуговуючим та ремонтним персоналом, є колодязі. Об’ємно-планувальні рішення колодязів відповідають потребам при проведенні ремонтних робіт та організації експлуатаційних процесів при обслуговуванні водопровідних мереж.

Колодязі складаються з робочої камери та горловини, яка перекривається кришкою люка. При влаштуванні колодязів на проїзній частині їх перекривають важкими люками (тип Т), а на тротуарах, газонах тощо – легкими (тип Л). На дорогах з твердим покриттям люки встановлюють врівень з поверхнею покриття, на газонах – на 5 см вище поверхні землі з вимощенням 1 м завширшки навколо нього, на незабудованих територіях – на 20 см вище поверхні землі [5].

У плані колодязі є круглими або прямокутними. Основні матеріали стін – залізобетон (збірний або монолітний) і цегла. Найчастіше застосовують круглі колодязі із збірного залізобетону діаметром 1,0; 1,5 і 2,0 м, використовуючи стандартні кільця 0,6; 0,9 і 1,2 м заввишки. Прямокутні залізобетонні колодязі розмірами від 2,0×2,5 м до 4,0×4,5 м монтують із збірних панелей 0,6; 0,9 і 1,8 м заввишки [32].

Розміри колодязів забезпечують зручність експлуатації встановленої в них арматури та обладнання. Висота робочої частини колодязя – не менше 1,5 м [21, п.12.65]. При визначенні розмірів колодязів враховується глибина укладання труб, розміри арматури і фасонних частин, а також мінімальні відстані до них від стінок, днища і перекриття.

Для опускання в колодязь на його горловині та стінках встановлюють рифлені сталеві або чавунні скоби чи застосовують переносні металеві драбини. Скоби в колодязях мають товщину не менше 16 мм, відстань від

стіни – не менше 130 мм на просвіт. Скоби розташовуються в шаховому порядку, на відстані однієї від другої не більше 350 мм за висотою і 300 мм по горизонталі між центрами скоб. Діаметр горловини колодязів або камер на мережах – не менше 0,7 м [21]. Горловини і люки в колодязях розміщені таким чином, щоб обладнання, яке в них знаходиться, не перешкоджало спуску працівників.

3.4.2 Опалення та вентиляція

Стан повітряного середовища приміщення, який характеризується температурою, вологістю і швидкістю руху повітря, є мікрокліматом виробничих приміщень. Для персоналу, що обслуговує водопровідні мережі, виробничими приміщеннями є колодязі і камери. Значний період часу роботи проводяться на відкритому повітрі.

При високих температурах виробничого середовища організм людини перегрівається, і при температурі тіла 40…42^{o}C може наступити тепловий удар. При пониженій температурі організм може переохолодитися і знизити опірність до інфекційних захворювань. Підвищена вологість повітря сприяє посиленню негативної дії при перегріваннях і переохолодженнях організму.

Так як основні роботи, які виконує персонал, пов’язані з постійною ходьбою, але не потребують переміщення ваги більше 10 кг, то вони відносяться до категорії середньої важкості (категорія II). Для цієї категорії робіт допустимими параметрами мікроклімату є [33]:

- для холодного і перехідного сезону – температура повітря 18...20^{o} C, відносна вологість 40...60 %, швидкість руху повітря не більше 0,2 м/с;

- для теплого сезону – температура повітря 21...23° C, відносна вологість 40...60 %, швидкість руху повітря не більше 0,3 м/с.

При цих параметрах забезпечується збереження нормального функціонального і теплового стану організму, тому вони вважаються оптимальними. Для персоналу мереж, що працює на відкритому повітрі,

передбачаються пересувні пункти обігріву. При виконанні робіт в колодязях і камерах для місцевої вентиляції використовуються пересувні вентиляційні установки, ручні або механічні вентилятори.

3.4.3 Освітлення

Одним з основних факторів створення сприятливих умов праці є раціональне освітлення. Недостатня освітленість викликає передчасне стомлення працюючих, знижує продуктивність праці, притупляє увагу і може стати причиною нещасного випадку. При роботі в нічний час в місцях з недостатньою освітленістю у працюючих може ослабнути зір, прогресувати короткозорість.

Так як зорова робота персоналу, що обслуговує водопровідні мережі, пов’язана з нагляданням за ходом виробничого процесу при постійному перебуванні людей в приміщенні (колодязі або камері), то розряд зорових робіт VIII б. Для даних робіт забезпечується освітленість не менше 75 лк за допомогою акумуляторних ліхтарів з напругою не вище 6 В, так як в колодязях можуть накопичуватися вибухонебезпечні гази [34]. Дозволяється використовувати підвісну зовнішню освітлювальну апаратуру при умові підвішування її на висоті не менше 2,5 м від полу [30].

3.5 Техніка безпеки при роботі в траншеях

Під час ремонту мереж водопостачання виконуються земляні роботи. На виробництво земляних робот в зоні розташування підземних комунікацій – електричних кабелів, напірних трубопроводів та газопроводів отримують дозвіл від організацій, відповідальних за їхню експлуатацію. Перед початком робіт також отримують дані про комунікації, що є в наявності, та встановлені знаки, що вказують на місця їх розташування.

Котловани та траншеї на вулицях, проїздах, у дворах населених пунктів, а також в інших місцях, де відбувається рух людей та транспорту,

обов’язково огороджують. На огородженнях вивішують попереджувальні знаки та написи, а вночі – сигнальні ліхтарі. Через траншеї вкладають перехідні містки з поручнями. По периметру котловану на відстані 2 м від його країв встановлюють огородження, а зі сторони можливого наїзду транспорту влаштовують земляні подушки висотою не менше 0,5 м. Під час короткотривалих (до 1 доби) робіт в колодязях на мережах водопостачання дозволяється обмежуватися огородженням місць роботи переносними сигнальними знаками.

В якості огороджень застосовують штахетний бар’єр висотою 1,1 м, пофарбований в білий та червоний кольори паралельними горизонтальними смугами завширшки 10 – 12 см за їх контуром. Застосовують також спеціальні дорожні переносні знаки, які встановлюють на відстані 5 м від колодязю проти руху транспорту.

У зв’язку з небезпекою обрушення стін котловану поблизу не розкріпленої виїмки не дозволяється встановлювати та пересувати будівельні машини й автомобілі, розташовувати лебідки. Працювати на відкосах виїмок та насипів глибиною (або висотою) більше 3 м та крутизною більше 1 : 1 (а за вологої поверхні 1 : 2) робітники повинні в попереджувальних поясах.

Для попередження обрушення траншей з вертикальними стінками застосовують кріплення різних типів, вибір якого залежить від глибини траншеї та ґрунту.

Для спуску працівників до широких траншей встановлюються стрем’янки завширшки не менше 0,6 м з перилами або приставні драбини. Не дозволяється спускатися до траншеї розпірками кріплень. Під час ручної розробки ґрунту з глибиною вище 1,8 м передбачаються спеціальні настили – полки по встановленим розпіркам. Ширина настилів не менше 0,7 м, відстань між ними 1,5 м.

3.6 Індивідуальні засоби захисту

В системі заходів з попередження нещасних випадків, захворювань і забезпечення необхідних санітарно-гігієнічних умов поважне місце належить засобам індивідуального захисту.

Для попередження виробничого травматизму і нещасних випадків, пов'язаних з наїздом транспорту на робітників, що виконують роботу на проїзній частині вулиць, в якості додаткового засобу індивідуального захисту використовуються жилети помаранчевого кольору (зимові та літні), які надягають поверх спецодягу [36].

Працюючі при низьких температурах і в умовах підвищеної вологості забезпечуються теплим спецодягом і спецвзуттям, що не промокає [37]. З урахуванням типових галузевих норм видачі засобів захисту працівникам і службовцям водопровідно-каналізаційного господарства слюсарі аварійно-відновлювальних робіт забезпечуються наступними засобами захисту: костюм бавовняний з водонепроникним насиченням; чоботи; плащ прорезинений з капюшоном; рукавиці резинові; куртка бавовняна на теплій підкладці; брюки бавовняні на теплій підкладці для роботи взимку.

При роботі в колодязях також обов'язково використовуються запобіжні пояси та мотузки, довжина яких на 2 м більше глибини колодязя. При проведенні робіт в середовищі, що вміщує шкідливі та небезпечні домішки, для захисту органів дихання застосовуються респіратори [38] і протигази [39]. Для захисту голови працюючих від травмування падаючими предметами застосовуються каски, при роботах під відкритим небом в дощову погоду служать шлеми з водонепроникних тканин.

Таким чином, в результаті застосування заходів по усуненню шкідливих і небезпечних виробничих факторів, що мають місце при експлуатації водопровідних мереж, а також застосування обслуговуючим персоналом індивідуальних засобів захисту досягаються безпечні умови праці та виключається можливість травматизму.

ВИСНОВКИ

Найбільш оптимальним шляхом підвищення надійності водопровідної системи є підвищення якості елементів, з яких складається система (наприклад, використання більш якісних труб, матеріалів, устаткування, покращення якості будівельно-монтажних робіт, підвищення кваліфікації обслуговуючого персоналу тощо). Велике значення має також аналіз гідравлічної та математичної поведінки окремих елементів системи, що забезпечують безперебійну роботу по транспортуванню питної води до споживача. Для збору статистичних даних такого аналізу проведені дослідження впливу кількості та розташування регулюючих ємностей на гідравлічні режими роботи мережі, а саме:

- розрахунок кільцевої водопровідної мережі міста для трьох варіантів розташування водонапірних башт – на початку, в середині та в кінці мережі;

- моделювання конфігурації існуючої мережі з урахуванням наявності аварійних ділянок;

- аналіз зміни опору магістралей у зв’язку зі змінами втрат напору на ділянках, які розташовані поруч з аварійними.

Результати дослідження показали:

1. При зміні опору магістралей у вузлах водопровідної мережі утворюється зона недостатнього напору, місце розташування якої для всіх варіантів дослідження залишається постійним.

2. Площі зони недостатнього напору для різних варіантів розташування водонапірних башт мало відрізняються між собою.

3. З урахуванням витрат електроенергії при різному розташуванні та кількості водонапірних башт оптимальним є варіант, при якому в середині мережі підключені дві башти у вузлах 16 та 34.

4. Визначення площі зони недостатнього напору може бути основою для подальшого розрахунку практичного зниження рівня водоспоживання в житловій забудові в такій зоні.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Хоружий П.Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання: навч. посібник. Київ: Аграрна Наука, 2008. 534 с.

2. Водонодонарні башти в Польщі, 2023. URL: https://wiezecisnien.eu/wieze-cisnien/

3. Україна Інкогніта. Водонапірні башти, 2012 – 2023. URL: https://ukrainaincognita.com/tegy/vodonapirni-bashti

4. Петімко П.І. Налагодження роботи систем водопостачання. Київ: Урожай, 1995. 256 с.

5. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди: навч. посібник. Київ: Вища школа, 2008. 227 с.

6. Косінов В.П., Орлов В.О. Надійність систем водопостачання та водовідведення: навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2013. 228 с.

7. The role of balancing tanks in optimal design of water distribution networks. URL: https://www.researchgate.net/publication/281124896

8. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. Рівне: НУВГП, 2008. 301 с.

9. Матяш О.В. Висока надійність водопровідних мереж – шлях до зменшення втрат води./Комунальне господарство міст. Вип..110, 2013.

10. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2012 році. Київ: Мінрегіон України, 2013. 450 с.

11. Струкова В. Д. Механізми державно-приватного партнерства у сфері водопостачання та водовідведення в Україні [Електронний ресурс]/ В. Д. Струкова //Державне управління та місцеве самоврядування, 2015. Вип.3. URL: http://nbuv.gov.ua/UJRN/dums_2015_3_22.

12. Коюда О. П., Гармаш А.С. Шляхи вдосконалення ВКГ України на прикладі досвіду Європейського Союзу та США. Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/189598922.pdf

13. Водні ресурси на рубежі XXI ст.: проблеми раціонального використання, охорони та відтворення/ ред. М. А. Хвесик. Київ: РВПС України НАН України, 2005. 564 с.

14. The Restatement on Water Regulations.International Law Office: Website.28.08.2001.URL:https://www.internationallawoffice.com/Newsletters/Environment-Climate-Change/Spain/Baker-McKenzie/The-Restatement-on-Water

15. Martinet Y. Implementing the EU Clean Water Directive. International Law Office: Website. 16.06.2008. URL: https://www.internationallawoffice.com/Newsletters/Environment-Climate-Change/France/Savin-Martinet-Associs/Implementing-the-EU-Clean-Water

16. Simões A. G. Water Framework Law Encourages Sustainable Use. International Law Office:Website. 30.01.2006. URL: https://www.internationallawoffice.com/Newsletters/Environment-Climate-Change/Portugal/Miranda-Correia-Amendoeira-Associados/Water-Framework-Law-Encourages-Sustainable-Use

17. Biswas A. Integrated Water Resources Management: Reassessment / A. Biswas // Water International, 2004.Vol. 29, № 2. P. 248 – 256

18. Гулич О.І. Європейська практика досягнення ефективної екологічної безпеки у сфері водокористування URL: https://doi.org/10.36818/2071-4653-2020-6-10

19. Ткачук О.А. Вплив нерівномірності водоспоживання на енерговитрати в системах подачі і розподілу води населених пунктів // Вісник Українського державного університету водного господарства та природокористування. Зб. наук. пр. Вип. 5 (18). Рівне: УДУВГП, 2002. с.207.

20. Сотник М.І., Хованський С.А. Оцінка економічності системи водопостачання // Матеріали науково-технічної конференції викладачів, співробітників, аспірантів і студентів факультету технічних систем та енергоефективних технологій. Суми: СумДУ, 2009. 125 с.

21. ДБН В.2.5-74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Київ, Міністерство регіонального

розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013, 172 с.

22. Тугай А.М., Терновцев В.Е. Водоснабжение. – Киев: Вища школа, 1980. – 208 с.

23. Аварійні ситуації водопровідно-каналізаційних систем. Конспект лекцій для студентів 5-6 курсів денної та заочної форм навчання, екстернів та іноземних студентів спеціальності 7.092601 – «Водопостачання та водовідведення». Харків: Харківська національна Академія міського господарства, 2008.

24. Стійкі системи водопостачання. Готовність до надзвичайних ситуацій та умов воєнного стану. Рекомендації для територіальних громад. Київ, 2022,URL: https://decentralization.gov.ua/uploads/library/file/824/Water-Supply-Resilience.pdf

25. Водопровідні мережі (теорія і проектування) / М.О. Українець. - Запоріжжя: ЗДІА, 2002. 185 с.

26. Хоружий П.Д. Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений. – Львов: Вища школа, 1983, – 152 с.

27. Українець М.О. Розрахунок і проектування водопровідних мереж з використанням ЕОМ. – Київ: УМК ВО, 1988. – 142 с.

28. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие, - м.: Стройиздат, 1984. 116 с.

29. Небезпечні хімічні речовини та їх характеристики. https://kc.pnu.edu.ua/wp-content/uploads/sites/11/2021/02/Fundamentals-of-chemical-safety2.pdf

30. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчально-методичний посібник для студентів ЗДІА спеціальності «Водопостачання та водовідведення» / уклад.: В.І Сокольник, К.С. Пієнко. – Запоріжжя; ЗДІА, 2008. 94с.

31. Ткачук М.М., Филипчук В.Л., Якимчук Б.Н., Кириша Р.О.

Будівництво зовнішніх мереж і монтаж санітарно-технічного обладнання будівель: Навчальний. посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. 391 с. https://core.ac.uk/download/pdf/297138905.pdf

32. Водопровідні колодязі - вимоги, вживані матеріали, монтаж http://montagnik.com/texnika/5954-vodoprovidni-kolodazi.html

33. ДБН 3.3.6.042-99. Державні санітарні норми параметрів мікроклімату. – Київ: МОЗ України, 2000. 28 с.

34. ДБН В.2.5-28-2006. Природнє і штучне освітлення. – Київ.: Мін буд України, 2006. 76 с.

35. ДБН В.2.2-28-2010. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 28 с.

36. ДСТУ 7238:2011. Система стандартів безпеки праці. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація. – Київ: Мінрегіон України, 2011. 17 с.

ДОДАТОК А

Визначення режиму споживання води

Таблиця А.1 – Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення

Район міста	Розрахункова кількість жителів, чол.	Норма водоспоживання на одного жителя, л/доб	Коефіцієнт добової нерівномірності		Добові витрати води, $м^3$/доб		
			$К_{доб.макс.}$	$К_{доб.мін.}$	Q_i	$Q_{доб.макс.}$	$Q_{доб.мін.}$
I	10261	250	1,3	0,9	2565,2	3334,8	2308,7
II	28031	285	1,1	0,7	7988,7	8787,6	5592,1
III	21135	285	1,2	0,8	6023,4	7228,1	4818,7
Всього	59426				16577,3	19350,5	12719,5

Таблиця А.2 – Добові витрати води на поливання вулиць і зелених насаджень

Район міста	Розрахункова кількість жителів, чол.	Питома середньодобова витрата, л/доб·чол	Добова витрата на поливання, $м^3$/доб		
			Всього $Q_{іпол}$	Двірниками	Поливальними машинами
I	10261	80	820,9	328,4	492,5
II	28031	80	2242,5	897,0	1345,5
III	21135	80	1690,8	676,3	1014,5
Всього	59426		4754,2	1901,7	2852,5

Таблиця А.3 – Розподіл добових витрат води по годинах

Години доби	Господарсько-питні потреби населення					
	I район		II район		III район	
	$\%Q_{доб}$	$м^3$	$\%Q_{доб}$	$м^3$	$\%Q_{доб}$	$м^3$
0-1	1,00	33,35	2,50	219,69	1,50	108,42
1-2	1,00	33,35	2,65	232,87	1,50	108,42
2-3	1,00	33,35	2,20	193,33	1,50	108,42
3-4	1,00	33,35	2,25	197,72	1,50	108,42
4-5	2,00	66,70	3,20	281,20	2,50	180,70
5-6	3,00	100,04	3,90	342,72	3,50	252,98
6-7	5,00	166,74	4,50	395,44	4,50	325,26
7-8	6,50	216,76	5,10	448,17	5,50	397,55
8-9	6,50	216,76	5,35	470,14	6,25	451,76
9-10	5,50	183,41	5,85	514,07	6,25	451,76
10-11	4,50	150,07	5,35	470,14	6,25	451,76
11-12	5,50	183,41	5,25	461,35	6,25	451,76
12-13	7,00	233,44	4,60	404,23	5,00	361,41
13-14	7,00	233,44	4,40	386,65	5,00	361,41
14-15	5,50	183,41	4,60	404,23	5,50	397,55
15-16	4,50	150,07	4,60	404,23	6,00	433,69
16-17	5,00	166,74	4,90	430,59	6,00	433,69
17-18	6,50	216,76	4,80	421,80	5,50	397,55
18-19	6,50	216,76	4,70	413,02	5,00	361,41
19-20	5,00	166,74	4,50	395,44	4,50	325,26
20-21	4,50	150,07	4,40	386,65	4,00	289,12
21-22	3,00	100,04	4,20	369,08	3,00	216,84
22-23	2,00	66,70	3,60	316,35	2,00	144,56
23-24	1,00	33,35	2,60	228,48	1,50	108,42
Разом	100	3334,8	100	8787,6	100	7228,1

Продовження табл.А.3

Години доби	Поливання машинами, $м^3$			Поливання двірниками, $м^3$			Сумарна погодинна витрата	
	I район	II район	III район	I район	II район	III район	$м^3$	% $Q_{доб}$
0-1							361,46	1,50
1-2							374,64	1,55
2-3							335,10	1,39
3-4							339,49	1,41
4-5							528,60	2,19
5-6	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1171,17	4,86
6-7	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1362,87	5,65
7-8	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1537,90	6,38
8-9	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	**1614,08**	**6,70**
9-10	35,18	96,11	72,46				1352,99	5,61
10-11	35,18	96,11	72,46				1275,71	5,29
11-12	35,18	96,11	72,46				1300,27	5,39
12-13	35,18	96,11	72,46				1202,82	4,99
13-14	35,18	96,11	72,46				1185,25	4,92
14-15	35,18	96,11	72,46				1188,94	4,93
15-16	35,18	96,11	72,46				1191,73	4,94
16-17	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1506,44	6,25
17-18	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1511,53	6,27
18-19	35,18	96,11	72,46	46,91	128,14	96,61	1466,61	6,08
19-20							887,45	3,68
20-21							825,84	3,43
21-22							685,97	2,85
22-23							527,61	2,19
23-24							370,25	1,54
Разом	492,5	1345,5	1014,5	328,4	897,0	676,3	24104,70	100,00

ДОДАТОК Б

Визначення об’єму регулюючих ємностей

Таблиця Б.1 – Розрахунок регулюючого об’єму бака водонапірної башти

Години доби	Годинна витрата води, $м^3$/год	Подача води насосами, $м^3$/год	Надходження води в бак, $м^3$/год	Витрата води з бака, $м^3$/год	Залишок води в баці, $м^3$
0-1	361,46	559,23	197,77		197,77
1-2	374,64	559,23	184,59		382,36
2-3	335,10	559,23	224,13		606,49
3-4	339,49	559,23	219,74		826,23
4-5	528,60	559,23	30,63		856,86
5-6	1171,17	1271,44	100,28		**957,13**
6-7	1362,87	1271,44		91,43	865,71
7-8	1537,90	1271,44		266,45	599,25
8-9	1614,08	1271,44		342,63	256,62
9-10	1352,99	1271,44		81,55	175,07
10-11	1275,71	1271,44		4,27	170,80
11-12	1300,27	1271,44		28,83	141,97
12-13	1202,82	1271,44	68,62		210,60
13-14	1185,25	1271,44	86,20		296,79
14-15	1188,94	1271,44	82,50		379,30
15-16	1191,73	1271,44	79,71		459,01
16-17	1506,44	1271,44		235,00	224,01
17-18	1511,53	1271,44		240,09	-16,08
18-19	1466,61	1271,44		195,16	-211,24
19-20	887,45	1271,44	384,00		172,75
20-21	825,84	559,23		266,62	-93,86
21-22	685,97	559,23		126,74	**-220,60**
22-23	527,61	559,23	31,62		-188,98
23-24	370,25	559,23	188,98		0,00
Всього	24104,70	24104,70	0,00	0,00	

Таблиця Б.2 – Розрахунок регулюючого об’єму резервуару чистої води

Години доби	Годинна витрата води, $м^3$/год	Подача води насосами, $м^3$/год	Надходження води в РЧВ, $м^3$/год	Витрата води з РЧВ, $м^3$/год	Залишок води в РЧВ, $м^3$
0-1	1004,36	559,23	445,13		445,13
1-2	1004,36	559,23	445,13		890,27
2-3	1004,36	559,23	445,13		1335,40
3-4	1004,36	559,23	445,13		1780,53
4-5	1004,36	559,23	445,13		**2225,67**
5-6	1004,36	1271,44		267,08	1958,59
6-7	1004,36	1271,44		267,08	1691,51
7-8	1004,36	1271,44		267,08	1424,43
8-9	1004,36	1271,44		267,08	1157,35
9-10	1004,36	1271,44		267,08	890,27
10-11	1004,36	1271,44		267,08	623,19
11-12	1004,36	1271,44		267,08	356,11
12-13	1004,36	1271,44		267,08	89,03
13-14	1004,36	1271,44		267,08	-178,05
14-15	1004,36	1271,44		267,08	-445,13
15-16	1004,36	1271,44		267,08	-712,21
16-17	1004,36	1271,44		267,08	-979,29
17-18	1004,36	1271,44		267,08	-1246,37
18-19	1004,36	1271,44		267,08	-1513,45
19-20	1004,36	1271,44		267,08	**-1780,53**
20-21	1004,36	559,23		-445,13	-1335,40
21-22	1004,36	559,23	445,13		-890,27
22-23	1004,36	559,23	445,13		-445,13
23-24	1004,36	559,23	445,13		0,00
Всього	24104,70	24104,70	0,00	0,00	

ДОДАТОК В

Розрахунок шляхових та вузлових витрат

Таблиця В.1 – Визначення шляхових витрат

№ з/планом	Номер ділянки	Довжина ділянки за генпланом, м	Розрахункова довжина ділянки, м	Для максимального водоспоживання		Для максимального транзиту	
				Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
46	1-38	500	250	0,0098	2,46	0,0055	1,37
47	26-32	190	190	0,0098	1,87	0,0055	1,04
48	27-33	290	290	0,0098	2,85	0,0055	1,59
49	29-35	280	280	0,0098	2,76	0,0055	1,54
50	30-36	280	280	0,0098	2,76	0,0055	1,54
51	31-37	280	140	0,0098	1,38	0,0055	0,77
52	32-33	440	440	0,0098	4,33	0,0055	2,42
53	33-34	360	360	0,0098	3,54	0,0055	1,98
54	34-35	170	170	0,0098	1,67	0,0055	0,93
55	35-36	430	430	0,0098	4,23	0,0055	2,36
56	36-37	460	460	0,0098	4,53	0,0055	2,53
57	32-39	410	410	0,0098	4,04	0,0055	2,25
58	33-41	340	340	0,0098	3,35	0,0055	1,87
64	40-41	100	100	0,0098	0,89	0,0055	0,49
59	34-42	240	240	0,0098	2,36	0,0055	1,32
60	36-43	270	270	0,0098	2,66	0,0055	1,48
61	37-45	150	75	0,0098	0,74	0,0055	0,41
62	38-39	710	710	0,0098	6,99	0,0055	3,90
63	39-40	490	490	0,0098	4,82	0,0055	2,69
65	41-42	430	430	0,0098	4,23	0,0055	2,36
66	42-43	600	600	0,0098	5,91	0,0055	3,29
67	43-44	290	290	0,0098	2,85	0,0055	1,59
68	44-45	210	105	0,0098	1,03	0,0055	0,58
40	1-26	420	210; 210	0,0098; 0,0171	5,66	0,0055; 0,0097	3,20
41	26-27	440	220; 220	0,0098; 0,0171	5,93	0,0055; 0,0097	3,35
42	27-28	230	115; 115	0,0098; 0,0171	3,10	0,0055; 0,0097	1,75

Продовження табл.В.1

№ з/ планом	Номер ділянки	Довжина ділянки за генпланом, м	Розрахункова довжина ділянки, м	Для максимального водоспоживання		Для максимального транзиту в башту	
				Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
43	28-29	220	110; 110	0,0098; 0,0171	2,96	0,0055; 0,0097	1,68
44	29-30	430	215; 215	0,0098; 0,0171	5,79	0,0055; 0,0097	3,27
45	30-31	450	225; 225	0,0098; 0,0171	6,06	0,0055; 0,0097	3,43
1	1-2	350	175	0,0171	2,99	0,0097	1,70
2	2-3	440	440	0,0171	7,52	0,0097	4,28
3	3-4	570	570	0,0171	9,75	0,0097	5,55
18	4-15	400	400	0,0171	6,84	0,0097	3,90
19	11-16	400	400	0,0171	6,84	0,0097	3,90
20	13-20	450	450	0,0171	7,69	0,0097	4,38
21	14-21	400	200	0,0171	3,42	0,0097	1,95
22	15-16	680	680	0,0171	11,63	0,0097	6,62
23	16-17	640	320	0,0171	5,47	0,0097	3,12
24	17-18	100	50	0,0171	0,68	0,0097	0,39
25	18-19	220	110	0,0171	1,88	0,0097	1,07
26	19-20	280	140	0,0171	2,39	0,0097	1,36
27	20-21	340	170	0,0171	2,91	0,0097	1,66
28	15-22	380	380	0,0171	6,50	0,0097	3,70
29	16-23	380	380	0,0171	6,50	0,0097	3,70
30	17-24	380	380	0,0171	6,50	0,0097	3,70
31	20-25	330	165	0,0171	2,82	0,0097	1,61
32	2-22	450	450	0,0171	7,69	0,0097	4,38
33	22-23	680	680	0,0171	11,63	0,0097	6,62
34	23-24	640	640	0,0171	10,94	0,0097	6,23
35	24-25	450	450	0,0171	7,69	0,0097	4,38
36	22-26	350	350	0,0171	5,98	0,0097	3,41
37	23-28	360	360	0,0171	6,16	0,0097	3,51
38	24-30	350	350	0,0171	5,98	0,0097	3,41
39	25-31	360	360	0,0171	6,16	0,0097	3,51

Продовження табл.В.1

№ з/ планом	Номер ділянки	Довжина ділянки за генпланом, м	Розрахункова довжина ділянки, м	Для максимального водоспоживання		Для максимального транзиту в башту	
				Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
14	4-11	670	335; 335	0,0171; 0,0305	15,95	0,0097; 0,0160	8,62
15	11-12	400	200; 200	0,0171; 0,0305	9,52	0,0097; 0,0160	5,15
16	12-13	710	355; 355	0,0171; 0,0305	16,91	0,0097; 0,0160	9,13
17	13-14	510	255; 255	0,0171; 0,0305	12,14	0,0097; 0,0160	6,56
4	4-5	700	700	0,0305	21,37	0,0160	11,19
5	5-6	490	490	0,0305	14,96	0,0160	7,84
6	6-7	240	240	0,0305	7,33	0,0160	3,84
7	7-8	710	710	0,0305	21,67	0,0160	11,35
8	8-9	530	265	0,0305	8,09	0,0160	4,24
9	5-10	200	200	0,0305	6,10	0,0160	3,20
10	10-11	280	280	0,0305	8,55	0,0160	4,48
11	7-12	550	550	0,0305	16,79	0,0160	8,80
12	8-13	540	540	0,0305	16,48	0,0160	8,64
13	9-14	530	530	0,0305	16,18	0,0160	8,48
	Разом	27520	25365		448,35		246,51

Таблиця В.2 – Визначення вузлових витрат

№ вузла	№ ділянок, які примикають до вузла	Максимальне водоспоживання		Максимальний транзит в башту	
		$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с	$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с
1	1-2, 1-26, 1-38	11,11	5,56	6,28	3,14
2	1-2, 2-3, 2-22	18,21	9,11	10,37	5,19
3	2-3, 3-4	17,27	8,64	9,84	4,92
4	3-4, 4-5, 4-11, 4-15	53,91	26,95	29,26	14,63
5	4-5, 5-6, 5-10	42,43	21,21	22,23	11,11
6	5-6, 6-7	22,28	11,14	11,67	5,84
7	6-7, 7-8, 7-12	45,78	22,89	23,99	11,99

Продовження табл.В.2

№ вузла	№ ділянок, які примикають до вузла	Максимальне водоспоживання		Максимальний транзит в башту	
		$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с	$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с
8	7-8, 8-9, 8-13	46,24	23,12	24,23	12,11
9	8-9, 9-14	24,27	12,13	12,71	6,36
10	5-10, 10-11	14,65	7,33	7,68	3,84
11	4-11, 10-11, 11-12, 11-16	40,86	20,43	22,14	11,07
12	7-12, 11-12, 12-13	43,22	21,61	23,08	11,54
13	8-13, 12-13, 13-14, 13-20	53,23	26,61	28,71	14,36
14	9-14, 13-14, 14-21	31,74	15,87	16,98	8,49
15	4-15, 15-16, 15-22	24,97	12,48	14,22	7,11
16	11-16, 15-16, 16-17, 16-23	30,44	15,22	17,33	8,67
17	16-17, 17-18, 17-24	12,65	6,33	7,21	3,60
18	17-18, 18-19	2,56	1,28	1,46	0,73
19	18-19, 19-20	4,27	2,14	2,43	1,22
20	13-20, 19-20, 20-21, 20-25	15,82	7,91	9,01	4,50
21	14-21, 20-21	6,33	3,16	3,60	1,80
22	2-22, 15-22, 22-23, 22-26	31,81	15,90	18,11	9,06
23	16-23, 22-23, 23-24, 23-28	35,23	17,61	20,06	10,03
24	17-24, 23-24, 24-25, 24-30	31,12	15,56	17,72	8,86
25	20-25, 24-25, 25-31	16,67	8,34	9,49	4,75
26	1-26, 22-26, 26-27, 26-32	19,44	9,72	11,00	5,50
27	26-27, 27-28, 27-33	11,88	5,94	6,69	3,35
28	23-28, 27-28, 28-29	12,22	6,11	6,93	3,47
29	28-29, 29-30, 29-35	11,51	5,76	6,49	3,24
30	24-30, 29-30, 30-31, 30-36	20,59	10,30	11,65	5,82
31	25-31, 30-31, 31-37	13,60	6,80	7,70	3,85
32	26-32, 32-33, 32-39	10,24	5,12	5,71	2,86
33	27-33, 32-33, 33-34, 33-41	14,07	7,04	7,85	3,93
34	33-34, 34-35, 34-42	7,58	3,79	4,23	2,11
35	29-35, 34-35, 35-36	8,66	4,33	4,83	2,42
36	30-36, 35-36, 36-37, 36-43	14,17	7,09	7,91	3,95
37	31-37, 36-37, 37-45	6,64	3,32	3,71	1,85

Продовження табл.В.2

№ вузла	№ ділянок, які примикають до вузла	Максимальне водоспоживання		Максимальний транзит в башту	
		$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с	$(Q_{шл})_{вузл}$, л/с	$Q_{вузл.}$, л/с
38	1-38, 38-39	9,45	4,72	5,27	2,64
39	32-39, 38-39, 39-40	15,85	7,92	8,84	4,42
40	39-40, 40-41	5,71	2,85	3,18	1,59
41	33-41, 40-41, 41-42	8,46	4,23	4,72	2,36
42	34-42, 41-42, 42-43	12,50	6,25	6,97	3,49
43	36-43, 42-43, 43-44	11,42	5,71	6,37	3,18
44	43-44, 44-45	3,89	1,94	2,17	1,08
45	37-45, 44-45	1,77	0,89	0,99	0,49
Разом			448,35		246,51

ДОДАТОК Г

Початкові потокорозподіли для мережі без аварійних ділянок

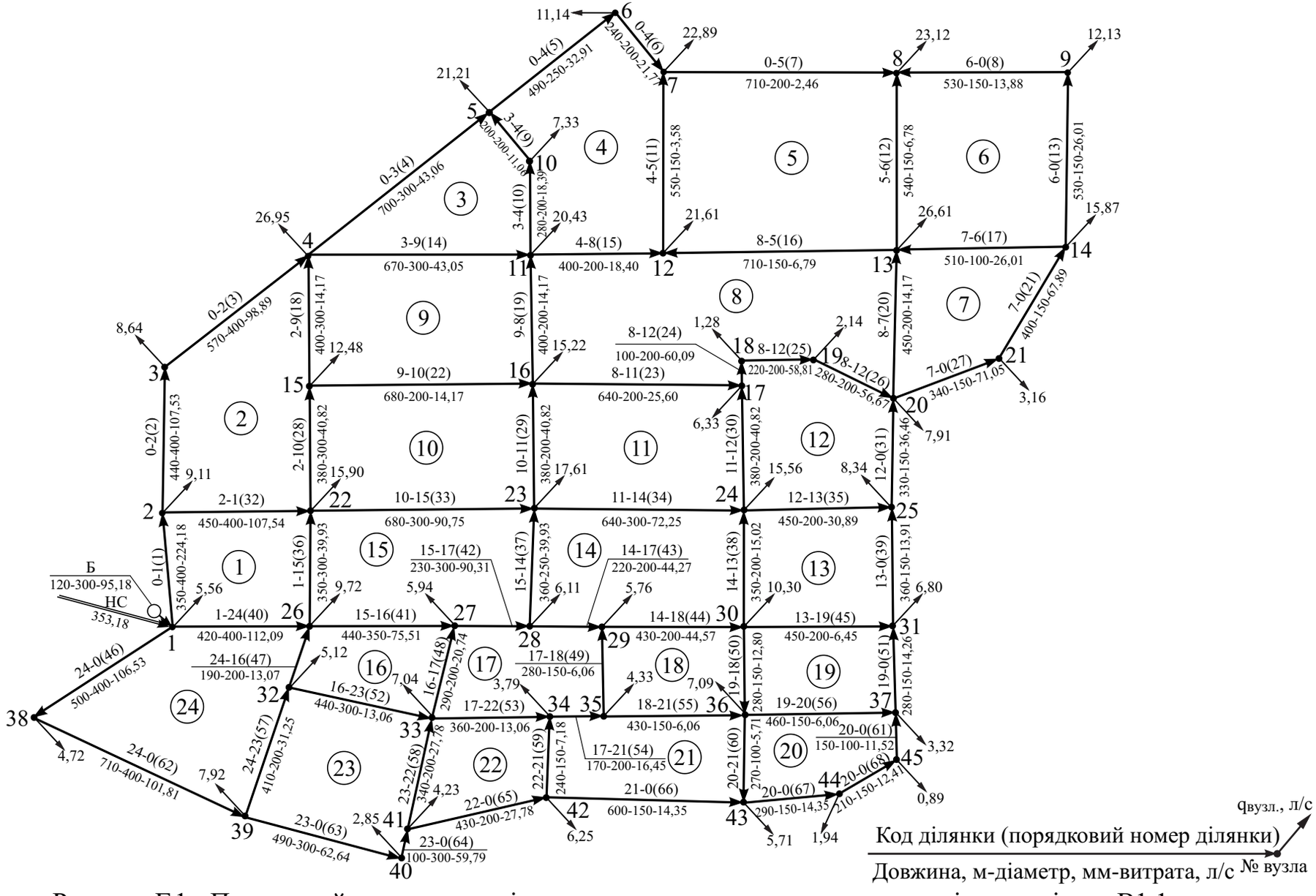


Рисунок Г.1 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В1.1

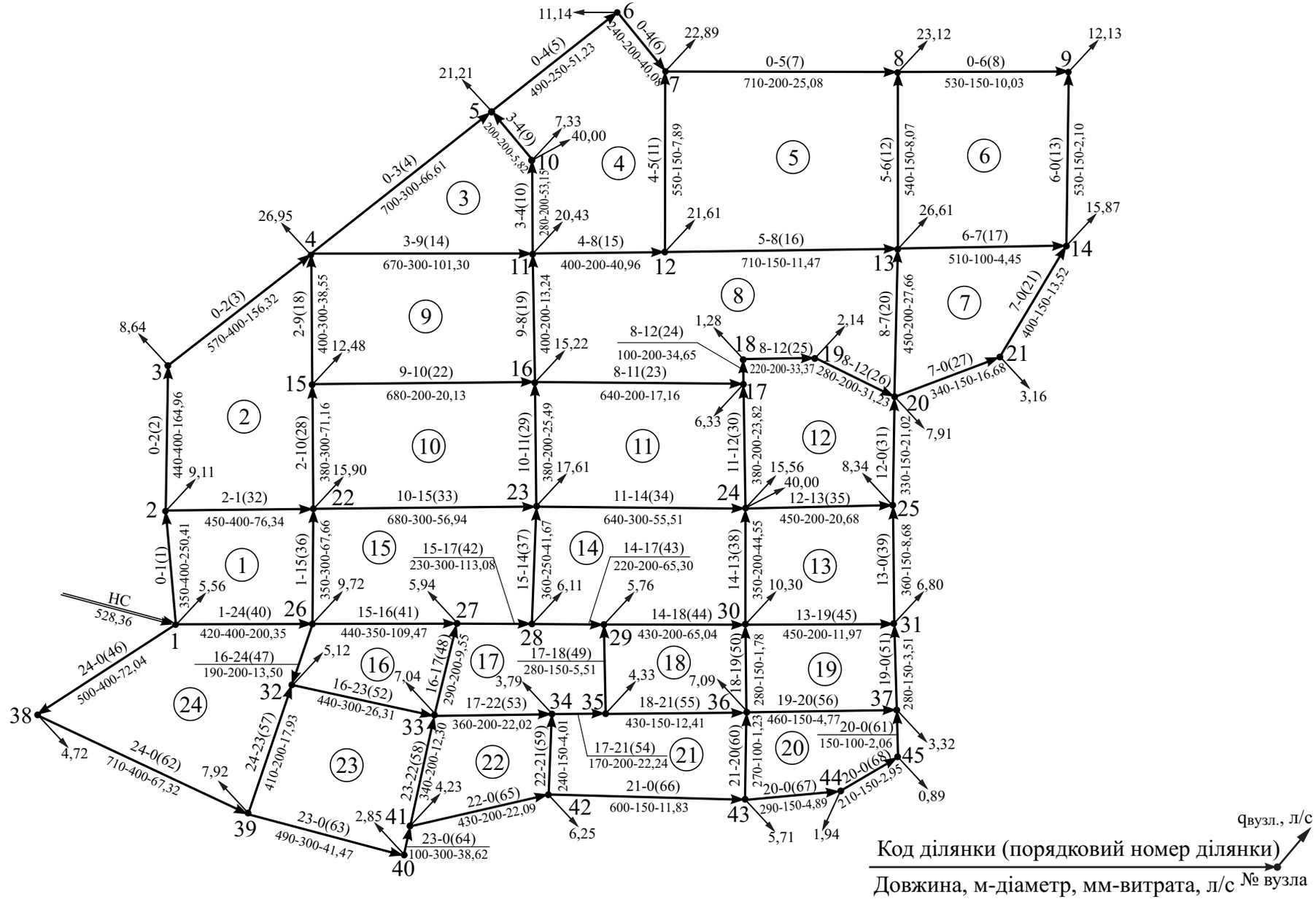


Рисунок Г.2 - Початковий потокорозподіл при пожежогасінні для варіанта В1.2

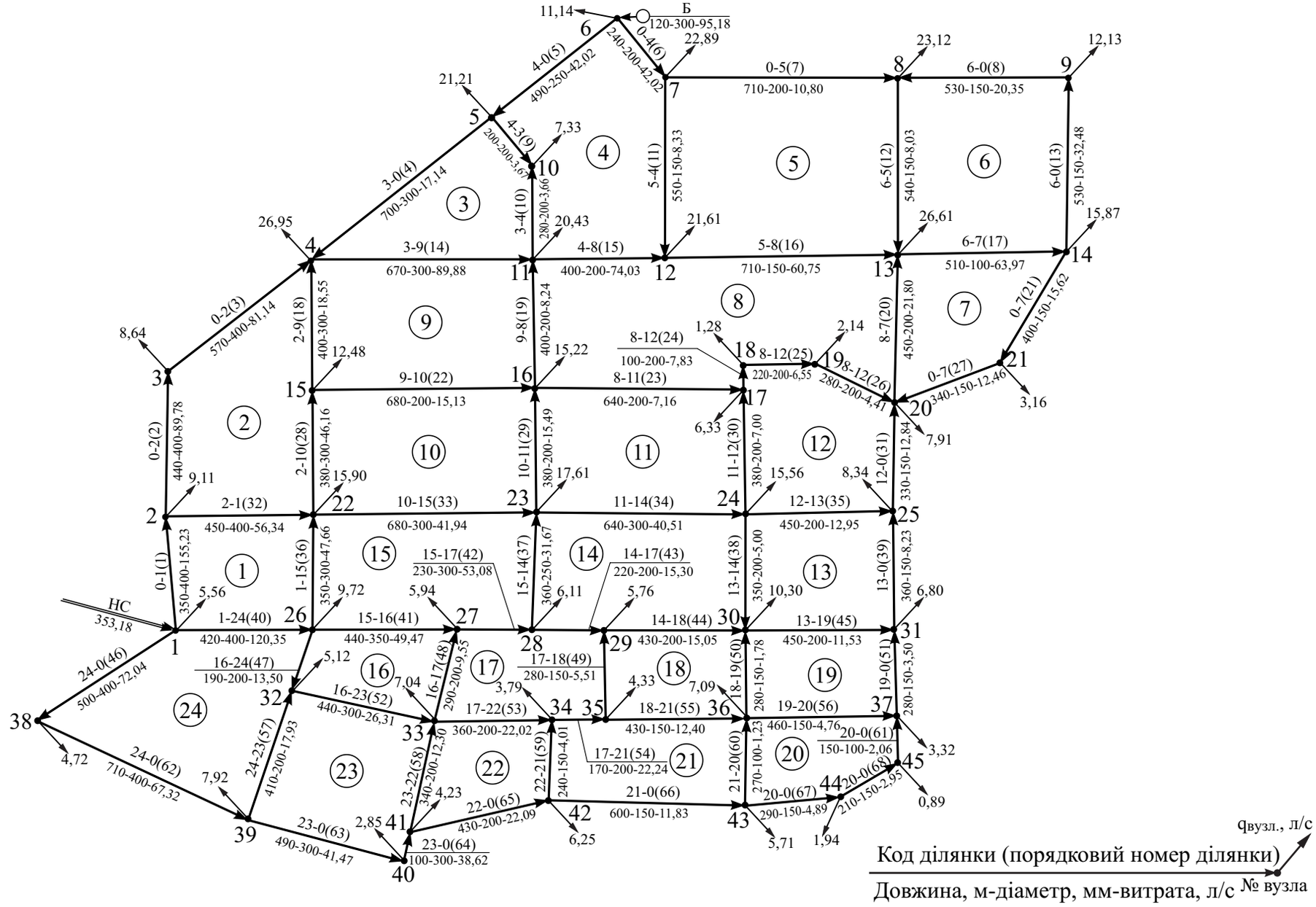


Рисунок Г.3 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В2.1

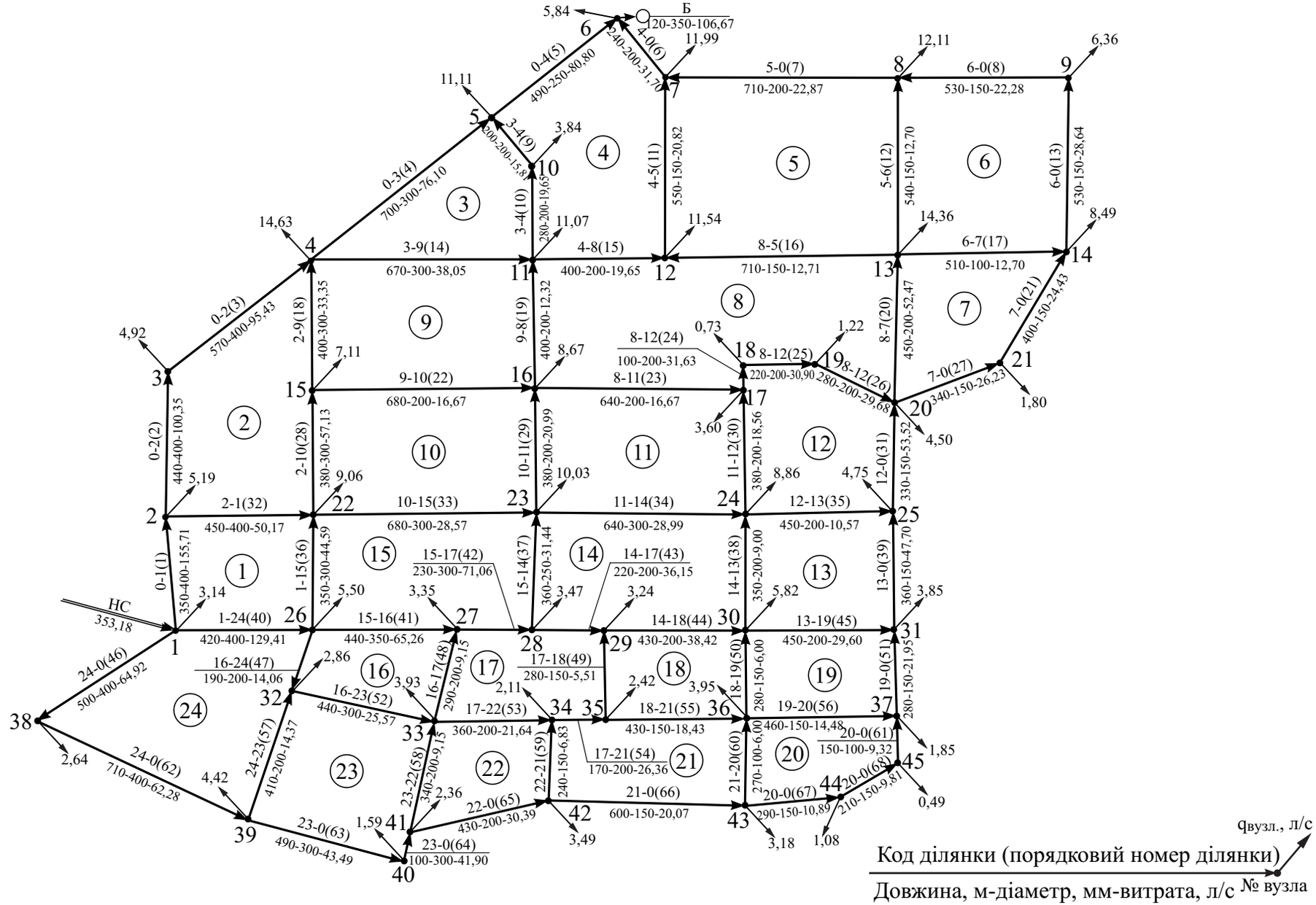


Рисунок Г.4 - Початковий потокорозподіл при максимальному транзиті в башту для варіанта В2.2

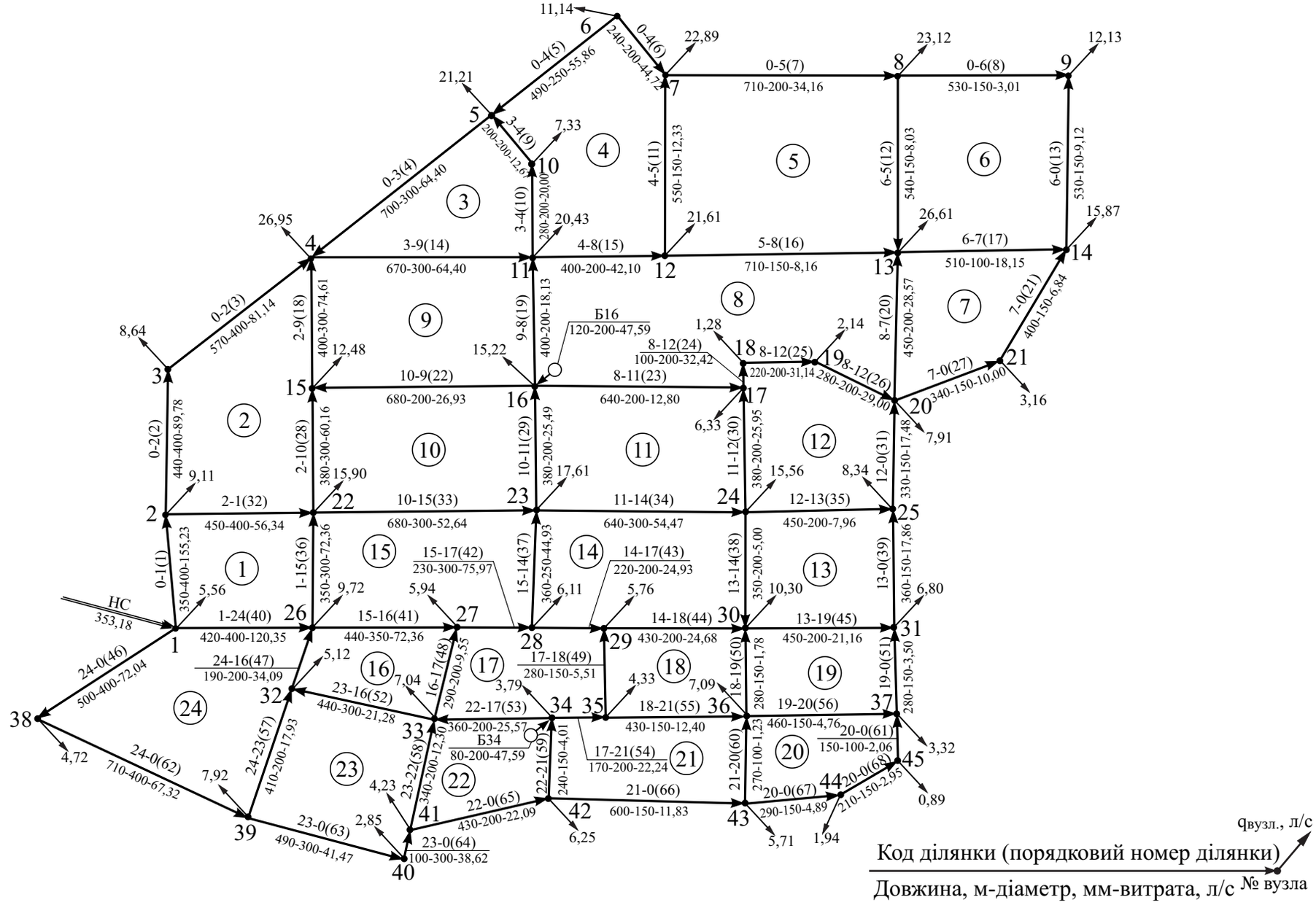


Рисунок Г.5 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В3.1

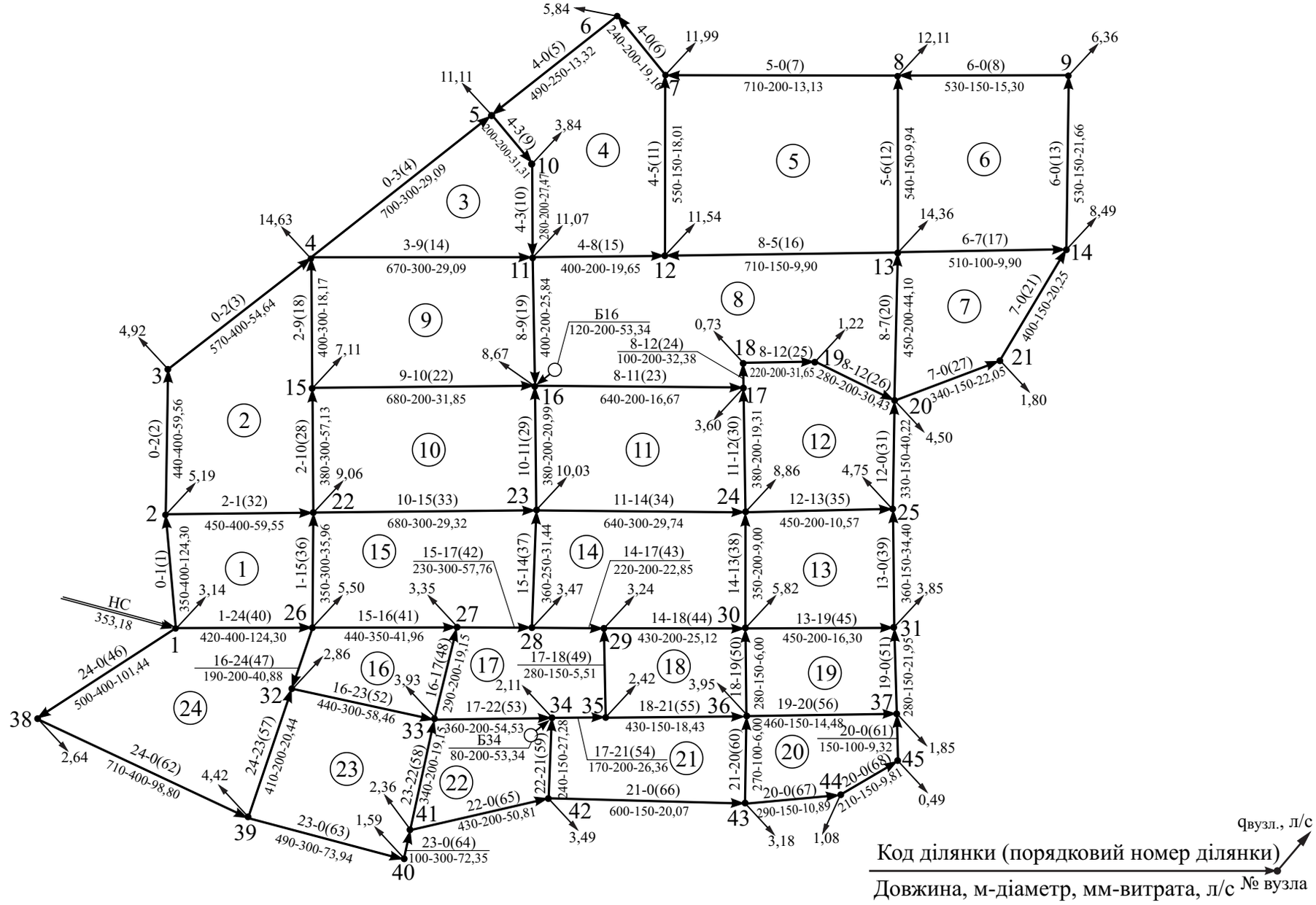


Рисунок Г.6 - Початковий потокорозподіл при максимальному транзиті в башти для варіанта В3.2

ДОДАТОК Д
Гідравлічна ув'язка мережі

Таблиця Д.1-Результати розрахунку мережі для варіанта В1.1
e= .01000 nk= 24 ny= 68
вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	224.18	400.00	c	2	440.00	107.53	400.00	c	3	570.00	98.89	400.00	c
4	700.00	43.06	300.00	c	5	490.00	32.91	250.00	c	6	240.00	21.77	200.00	c
7	710.00	2.46	200.00	c	8	530.00	13.88	150.00	c	9	200.00	11.06	200.00	c
10	280.00	18.39	200.00	c	11	550.00	3.58	150.00	c	12	540.00	6.78	150.00	c
13	530.00	26.01	150.00	c	14	670.00	43.05	300.00	c	15	400.00	18.40	200.00	c
16	710.00	6.79	150.00	c	17	510.00	26.01	100.00	c	18	400.00	14.17	300.00	c
19	400.00	14.17	200.00	c	20	450.00	14.17	200.00	c	21	400.00	67.89	150.00	c
22	680.00	14.17	200.00	c	23	640.00	25.60	200.00	c	24	100.00	60.09	200.00	c
25	220.00	58.81	200.00	c	26	280.00	56.67	200.00	c	27	340.00	71.05	150.00	c
28	380.00	40.82	300.00	c	29	380.00	40.82	200.00	c	30	380.00	40.82	200.00	c
31	330.00	36.46	150.00	c	32	450.00	107.54	400.00	c	33	680.00	90.75	300.00	c
34	640.00	72.25	300.00	c	35	450.00	30.89	200.00	c	36	350.00	39.93	300.00	c
37	360.00	39.93	250.00	c	38	350.00	15.02	200.00	c	39	360.00	13.91	150.00	c
40	420.00	112.09	400.00	c	41	440.00	75.51	350.00	c	42	230.00	90.31	300.00	c
43	220.00	44.27	200.00	c	44	430.00	44.57	200.00	c	45	450.00	6.45	200.00	c
46	500.00	106.53	400.00	c	47	190.00	13.07	200.00	c	48	290.00	20.74	200.00	c
49	280.00	6.06	150.00	c	50	280.00	12.80	150.00	c	51	280.00	14.26	150.00	c
52	440.00	13.06	300.00	c	53	360.00	13.06	200.00	c	54	170.00	16.45	200.00	c
55	430.00	6.06	150.00	c	56	460.00	6.06	150.00	c	57	410.00	31.25	200.00	c
58	340.00	27.78	200.00	c	59	240.00	7.18	150.00	c	60	270.00	5.71	100.00	c
61	150.00	11.52	100.00	c	62	710.00	101.81	400.00	c	63	490.00	62.64	300.00	c
64	100.00	59.79	300.00	c	65	430.00	27.78	200.00	c	66	600.00	14.35	150.00	c
67	290.00	14.35	150.00	c	68	210.00	12.41	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	210.41	1.67	3.46
2	0- 2	400.00	440.00	124.96	.99	1.58
3	0- 2	400.00	570.00	116.32	.93	1.79
4	0- 3	300.00	700.00	66.61	.94	3.30
5	0- 4	250.00	490.00	51.23	1.04	3.54
6	0- 4	200.00	240.00	40.09	1.28	3.39
7	0- 5	200.00	710.00	25.08	.80	4.17
8	6- 0	150.00	530.00	-10.03	.57	2.42
9	3- 4	200.00	200.00	5.82	.19	.09
10	3- 4	200.00	280.00	13.15	.42	.51
11	4- 5	150.00	550.00	7.89	.45	1.63
12	5- 6	150.00	540.00	8.07	.46	1.66
13	6- 0	150.00	530.00	2.10	.12	.15
14	3- 9	300.00	670.00	61.30	.87	2.71
15	4- 8	200.00	400.00	40.96	1.30	5.90
16	8- 5	150.00	710.00	-11.47	.65	4.15
17	7- 6	100.00	510.00	-4.45	.57	3.94
18	2- 9	300.00	400.00	38.55	.55	.69
19	9- 8	200.00	400.00	13.24	.42	.73
20	8- 7	200.00	450.00	27.66	.88	3.17
21	7- 0	150.00	400.00	13.52	.76	3.16
22	9-10	200.00	680.00	20.13	.64	2.67
23	8-11	200.00	640.00	17.16	.55	1.88
24	8-12	200.00	100.00	34.65	1.10	1.07
25	8-12	200.00	220.00	33.37	1.06	2.20
26	8-12	200.00	280.00	31.23	.99	2.47
27	7- 0	150.00	340.00	16.68	.94	3.96
28	2-10	300.00	380.00	71.16	1.01	2.03
29	10-11	200.00	380.00	25.49	.81	2.30
30	11-12	200.00	380.00	23.82	.76	2.03
31	12- 0	150.00	330.00	21.02	1.19	5.92
32	2- 1	400.00	450.00	76.34	.61	.65
33	10-15	300.00	680.00	56.94	.81	2.40
34	11-14	300.00	640.00	55.51	.79	2.15
35	12-13	200.00	450.00	20.68	.66	1.86

:	36	: 1-15 :	300.00 :	350.00 :	67.66 :	.96 :	1.70 :
:	37	: 15-14 :	250.00 :	360.00 :	41.67 :	.85 :	1.77 :
:	38	: 14-13 :	200.00 :	350.00 :	4.55 :	.14 :	.10 :
:	39	: 13- 0 :	150.00 :	360.00 :	8.68 :	.49 :	1.27 :
:	40	: 1-24 :	400.00 :	420.00 :	160.35 :	1.28 :	2.41 :
:	41	: 15-16 :	350.00 :	440.00 :	69.47 :	.72 :	1.04 :
:	42	: 15-17 :	300.00 :	230.00 :	73.08 :	1.03 :	1.29 :
:	43	: 14-17 :	200.00 :	220.00 :	25.30 :	.81 :	1.31 :
:	44	: 14-18 :	200.00 :	430.00 :	25.04 :	.80 :	2.52 :
:	45	: 13-19 :	200.00 :	450.00 :	11.97 :	.38 :	.69 :
:	46	: 24- 0 :	400.00 :	500.00 :	72.04 :	.57 :	.65 :
:	47	: 24-16 :	200.00 :	190.00 :	-13.50 :	.43 :	.36 :
:	48	: 16-17 :	200.00 :	290.00 :	9.55 :	.30 :	.30 :
:	49	: 17-18 :	150.00 :	280.00 :	5.51 :	.31 :	.44 :
:	50	: 19-18 :	150.00 :	280.00 :	-1.78 :	.10 :	.06 :
:	51	: 19- 0 :	150.00 :	280.00 :	3.51 :	.20 :	.20 :
:	52	: 16-23 :	300.00 :	440.00 :	26.31 :	.37 :	.38 :
:	53	: 17-22 :	200.00 :	360.00 :	22.02 :	.70 :	1.67 :
:	54	: 17-21 :	200.00 :	170.00 :	22.24 :	.71 :	.80 :
:	55	: 18-21 :	150.00 :	430.00 :	12.41 :	.70 :	2.90 :
:	56	: 19-20 :	150.00 :	460.00 :	4.77 :	.27 :	.55 :
:	57	: 24-23 :	200.00 :	410.00 :	17.93 :	.57 :	1.30 :
:	58	: 23-22 :	200.00 :	340.00 :	12.30 :	.39 :	.55 :
:	59	: 22-21 :	150.00 :	240.00 :	4.01 :	.23 :	.21 :
:	60	: 20-21 :	100.00 :	270.00 :	-1.23 :	.16 :	.21 :
:	61	: 20- 0 :	100.00 :	150.00 :	2.06 :	.26 :	.29 :
:	62	: 24- 0 :	400.00 :	710.00 :	67.32 :	.54 :	.82 :
:	63	: 23- 0 :	300.00 :	490.00 :	41.47 :	.59 :	.97 :
:	64	: 23- 0 :	300.00 :	100.00 :	38.62 :	.55 :	.17 :
:	65	: 22- 0 :	200.00 :	430.00 :	22.09 :	.70 :	2.00 :
:	66	: 21- 0 :	150.00 :	600.00 :	11.83 :	.67 :	3.71 :
:	67	: 20- 0 :	150.00 :	290.00 :	4.89 :	.28 :	.37 :
:	68	: 20- 0 :	150.00 :	210.00 :	2.95 :	.17 :	.11 :

Таблиця Д.2-Результати розрахунку мережі для варіанта В1.2

e= .01000 nk= 24 ny= 68

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	250.41	400.00	c	2	440.00	164.96	400.00	c	3	570.00	156.32	400.00	c
4	700.00	66.61	300.00	c	5	490.00	51.23	250.00	c	6	240.00	40.08	200.00	c
7	710.00	25.08	200.00	c	8	530.00	10.03	150.00	c	9	200.00	5.82	200.00	c
10	280.00	53.15	200.00	c	11	550.00	7.89	150.00	c	12	540.00	8.07	150.00	c
13	530.00	2.10	150.00	c	14	670.00	101.30	300.00	c	15	400.00	40.96	200.00	c
16	710.00	11.47	150.00	c	17	510.00	4.45	100.00	c	18	400.00	38.55	300.00	c
19	400.00	13.24	200.00	c	20	450.00	27.66	200.00	c	21	400.00	13.52	150.00	c
22	680.00	20.13	200.00	c	23	640.00	17.16	200.00	c	24	100.00	34.65	200.00	c
25	220.00	33.37	200.00	c	26	280.00	31.23	200.00	c	27	340.00	16.68	150.00	c
28	380.00	71.16	300.00	c	29	380.00	25.49	200.00	c	30	380.00	23.82	200.00	c
31	330.00	21.02	150.00	c	32	450.00	76.34	400.00	c	33	680.00	56.94	300.00	c
34	640.00	55.51	300.00	c	35	450.00	20.68	200.00	c	36	350.00	67.66	300.00	c
37	360.00	41.67	250.00	c	38	350.00	44.55	200.00	c	39	360.00	8.68	150.00	c
40	420.00	200.35	400.00	c	41	440.00	109.47	350.00	c	42	230.00	113.08	300.00	c
43	220.00	65.30	200.00	c	44	430.00	65.04	200.00	c	45	450.00	11.97	200.00	c
46	500.00	72.04	400.00	c	47	190.00	13.50	200.00	c	48	290.00	9.55	200.00	c
49	280.00	5.51	150.00	c	50	280.00	1.78	150.00	c	51	280.00	3.51	150.00	c
52	440.00	26.31	300.00	c	53	360.00	22.02	200.00	c	54	170.00	22.24	200.00	c
55	430.00	12.41	150.00	c	56	460.00	4.77	150.00	c	57	410.00	17.93	200.00	c
58	340.00	12.30	200.00	c	59	240.00	4.01	150.00	c	60	270.00	1.23	100.00	c
61	150.00	2.06	100.00	c	62	710.00	67.32	400.00	c	63	490.00	41.47	300.00	c
64	100.00	38.62	300.00	c	65	430.00	22.09	200.00	c	66	600.00	11.83	150.00	c
67	290.00	4.89	150.00	c	68	210.00	2.95	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	250.61	1.99	4.90
2	0- 2	400.00	440.00	150.36	1.20	2.23
3	0- 2	400.00	570.00	141.72	1.13	2.58
4	0- 3	300.00	700.00	88.50	1.25	5.62
5	0- 4	250.00	490.00	49.90	1.02	3.37
6	0- 4	200.00	240.00	38.75	1.23	3.17
7	0- 5	200.00	710.00	24.68	.79	4.05
8	0- 6	150.00	530.00	9.92	.56	2.38
9	3- 4	200.00	200.00	-17.41	.55	.60
10	3- 4	200.00	280.00	29.92	.95	2.28
11	4- 5	150.00	550.00	8.83	.50	1.99
12	5- 6	150.00	540.00	8.36	.47	1.77
13	6- 0	150.00	530.00	2.21	.13	.17
14	3- 9	300.00	670.00	75.00	1.06	3.94
15	4- 8	200.00	400.00	42.09	1.34	6.23
16	5- 8	150.00	710.00	11.67	.66	4.28
17	6- 7	100.00	510.00	4.48	.57	3.99
18	2- 9	300.00	400.00	48.74	.69	1.06
19	9- 8	200.00	400.00	17.45	.56	1.21
20	8- 7	200.00	450.00	27.78	.88	3.20
21	7- 0	150.00	400.00	13.60	.77	3.19
22	9-10	200.00	680.00	24.38	.78	3.79
23	8-11	200.00	640.00	20.86	.66	2.68
24	8-12	200.00	100.00	34.99	1.11	1.09
25	8-12	200.00	220.00	33.71	1.07	2.24
26	8-12	200.00	280.00	31.57	1.00	2.52
27	7- 0	150.00	340.00	16.76	.95	4.00
28	2-10	300.00	380.00	85.61	1.21	2.85
29	10-11	200.00	380.00	29.15	.93	2.95
30	11-12	200.00	380.00	20.45	.65	1.54
31	12- 0	150.00	330.00	20.88	1.18	5.84
32	2- 1	400.00	450.00	91.14	.73	.90
33	10-15	300.00	680.00	71.96	1.02	3.70
34	11-14	300.00	640.00	78.54	1.11	4.10
35	12-13	200.00	450.00	18.71	.60	1.55
36	1-15	300.00	350.00	82.32	1.16	2.45
37	15-14	250.00	360.00	53.35	1.09	2.81
38	14-13	200.00	350.00	16.18	.52	.92

:	39	: 13- 0 :	150.00 :	360.00 :	10.51 :	.60 :	1.79 :
:	40	: 1-24 :	400.00 :	420.00 :	189.23 :	1.51 :	3.35 :
:	41	: 15-16 :	350.00 :	440.00 :	82.85 :	.86 :	1.44 :
:	42	: 15-17 :	300.00 :	230.00 :	90.05 :	1.27 :	1.91 :
:	43	: 14-17 :	200.00 :	220.00 :	30.60 :	.97 :	1.87 :
:	44	: 14-18 :	200.00 :	430.00 :	32.64 :	1.04 :	4.12 :
:	45	: 13-19 :	200.00 :	450.00 :	11.83 :	.38 :	.68 :
:	46	: 24- 0 :	400.00 :	500.00 :	82.96 :	.66 :	.84 :
:	47	: 16-24 :	200.00 :	190.00 :	14.34 :	.46 :	.40 :
:	48	: 16-17 :	200.00 :	290.00 :	13.14 :	.42 :	.53 :
:	49	: 17-18 :	150.00 :	280.00 :	7.81 :	.44 :	.82 :
:	50	: 18-19 :	150.00 :	280.00 :	5.67 :	.32 :	.46 :
:	51	: 19- 0 :	150.00 :	280.00 :	5.48 :	.31 :	.43 :
:	52	: 16-23 :	300.00 :	440.00 :	30.89 :	.44 :	.51 :
:	53	: 17-22 :	200.00 :	360.00 :	26.12 :	.83 :	2.28 :
:	54	: 17-21 :	200.00 :	170.00 :	27.84 :	.89 :	1.21 :
:	55	: 18-21 :	150.00 :	430.00 :	15.71 :	.89 :	4.48 :
:	56	: 19-20 :	150.00 :	460.00 :	5.46 :	.31 :	.70 :
:	57	: 24-23 :	200.00 :	410.00 :	21.67 :	.69 :	1.84 :
:	58	: 23-22 :	200.00 :	340.00 :	15.42 :	.49 :	.82 :
:	59	: 22-21 :	150.00 :	240.00 :	5.51 :	.31 :	.37 :
:	60	: 21-20 :	100.00 :	270.00 :	2.51 :	.32 :	.75 :
:	61	: 20- 0 :	100.00 :	150.00 :	3.35 :	.43 :	.69 :
:	62	: 24- 0 :	400.00 :	710.00 :	78.24 :	.62 :	1.07 :
:	63	: 23- 0 :	300.00 :	490.00 :	48.65 :	.69 :	1.29 :
:	64	: 23- 0 :	300.00 :	100.00 :	45.80 :	.65 :	.24 :
:	65	: 22- 0 :	200.00 :	430.00 :	26.16 :	.83 :	2.73 :
:	66	: 21- 0 :	150.00 :	600.00 :	14.40 :	.81 :	5.32 :
:	67	: 20- 0 :	150.00 :	290.00 :	6.18 :	.35 :	.55 :
:	68	: 20- 0 :	150.00 :	210.00 :	4.24 :	.24 :	.21 :

Таблиця Д.3-Результати розрахунку мережі для варіанта В2.1

e= .01000 nk= 24 ny= 68

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.23	400.00	c	2	440.00	89.78	400.00	c	3	570.00	81.14	400.00	c
4	700.00	17.14	300.00	c	5	490.00	42.02	250.00	c	6	240.00	42.02	200.00	c
7	710.00	10.80	200.00	c	8	530.00	20.35	150.00	c	9	200.00	3.67	200.00	c
10	280.00	3.66	200.00	c	11	550.00	8.33	150.00	c	12	540.00	8.03	150.00	c
13	530.00	32.48	150.00	c	14	670.00	89.88	300.00	c	15	400.00	74.03	200.00	c
16	710.00	60.75	150.00	c	17	510.00	63.97	100.00	c	18	400.00	18.55	300.00	c
19	400.00	8.24	200.00	c	20	450.00	21.80	200.00	c	21	400.00	15.62	150.00	c
22	680.00	15.13	200.00	c	23	640.00	7.16	200.00	c	24	100.00	7.83	200.00	c
25	220.00	6.55	200.00	c	26	280.00	4.41	200.00	c	27	340.00	12.46	150.00	c
28	380.00	46.16	300.00	c	29	380.00	15.49	200.00	c	30	380.00	7.00	200.00	c
31	330.00	12.84	150.00	c	32	450.00	56.34	400.00	c	33	680.00	41.94	300.00	c
34	640.00	40.51	300.00	c	35	450.00	12.95	200.00	c	36	350.00	47.66	300.00	c
37	360.00	31.67	250.00	c	38	350.00	5.00	200.00	c	39	360.00	8.23	150.00	c
40	420.00	120.35	400.00	c	41	440.00	49.47	350.00	c	42	230.00	53.08	300.00	c
43	220.00	15.30	200.00	c	44	430.00	15.05	200.00	c	45	450.00	11.53	200.00	c
46	500.00	72.04	400.00	c	47	190.00	13.50	200.00	c	48	290.00	9.55	200.00	c
49	280.00	5.51	150.00	c	50	280.00	1.78	150.00	c	51	280.00	3.50	150.00	c
52	440.00	26.31	300.00	c	53	360.00	22.02	200.00	c	54	170.00	22.24	200.00	c
55	430.00	12.40	150.00	c	56	460.00	4.76	150.00	c	57	410.00	17.93	200.00	c
58	340.00	12.30	200.00	c	59	240.00	4.01	150.00	c	60	270.00	1.23	100.00	c
61	150.00	2.06	100.00	c	62	710.00	67.32	400.00	c	63	490.00	41.47	300.00	c
64	100.00	38.62	300.00	c	65	430.00	22.09	200.00	c	66	600.00	11.83	150.00	c
67	290.00	4.89	150.00	c	68	210.00	2.95	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	155.71	1.24	1.89
2	0- 2	400.00	440.00	80.31	.64	.70
3	0- 2	400.00	570.00	71.67	.57	.74
4	3- 0	300.00	700.00	-13.39	.19	.18
5	4- 0	250.00	490.00	28.81	.59	1.23
6	0- 4	200.00	240.00	55.23	1.76	6.43
7	0- 5	200.00	710.00	30.59	.97	6.03
8	6- 0	150.00	530.00	-11.73	.66	3.22
9	4- 3	200.00	200.00	20.99	.67	.85
10	3- 4	200.00	280.00	-13.66	.43	.54
11	5- 4	150.00	550.00	1.75	.10	.12
12	6- 5	150.00	540.00	-4.26	.24	.53
13	6- 0	150.00	530.00	.40	.02	.01
14	3- 9	300.00	670.00	45.64	.65	1.57
15	4- 8	200.00	400.00	33.06	1.05	3.93
16	5- 8	150.00	710.00	13.21	.75	5.37
17	6- 7	100.00	510.00	4.33	.55	3.74
18	2- 9	300.00	400.00	14.31	.20	.12
19	9- 8	200.00	400.00	-5.81	.18	.17
20	8- 7	200.00	450.00	21.99	.70	2.08
21	0- 7	150.00	400.00	-11.95	.68	2.52
22	9-10	200.00	680.00	16.50	.53	1.86
23	8-11	200.00	640.00	19.87	.63	2.45
24	8-12	200.00	100.00	30.95	.99	.87
25	8-12	200.00	220.00	29.67	.94	1.76
26	8-12	200.00	280.00	27.53	.88	1.96
27	0- 7	150.00	340.00	-15.11	.85	3.30
28	2-10	300.00	380.00	43.29	.61	.81
29	10-11	200.00	380.00	12.79	.41	.66
30	11-12	200.00	380.00	17.41	.55	1.15
31	12- 0	150.00	330.00	17.48	.99	4.19
32	2- 1	400.00	450.00	66.29	.53	.50
33	10-15	300.00	680.00	51.69	.73	2.01
34	11-14	300.00	640.00	52.73	.75	1.96
35	12-13	200.00	450.00	18.65	.59	1.54
36	1-15	300.00	350.00	44.59	.63	.79
37	15-14	250.00	360.00	31.44	.64	1.06
38	13-14	200.00	350.00	1.11	.04	.01

:	39	: 13- 0 :	150.00 :	360.00 :	7.17 :	.41 :	.90 :
:	40	: 1-24 :	400.00 :	420.00 :	129.41 :	1.03 :	1.61 :
:	41	: 15-16 :	350.00 :	440.00 :	61.04 :	.63 :	.82 :
:	42	: 15-17 :	300.00 :	230.00 :	60.87 :	.86 :	.92 :
:	43	: 14-17 :	200.00 :	220.00 :	23.32 :	.74 :	1.13 :
:	44	: 14-18 :	200.00 :	430.00 :	21.42 :	.68 :	1.89 :
:	45	: 13-19 :	200.00 :	450.00 :	11.38 :	.36 :	.63 :
:	46	: 24- 0 :	400.00 :	500.00 :	62.50 :	.50 :	.50 :
:	47	: 16-24 :	200.00 :	190.00 :	14.06 :	.45 :	.39 :
:	48	: 16-17 :	200.00 :	290.00 :	5.77 :	.18 :	.12 :
:	49	: 17-18 :	150.00 :	280.00 :	3.86 :	.22 :	.23 :
:	50	: 18-19 :	150.00 :	280.00 :	-.85 :	.05 :	.02 :
:	51	: 19- 0 :	150.00 :	280.00 :	2.59 :	.15 :	.12 :
:	52	: 16-23 :	300.00 :	440.00 :	23.31 :	.33 :	.31 :
:	53	: 17-22 :	200.00 :	360.00 :	19.65 :	.63 :	1.35 :
:	54	: 17-21 :	200.00 :	170.00 :	18.69 :	.59 :	.58 :
:	55	: 18-21 :	150.00 :	430.00 :	10.50 :	.59 :	2.14 :
:	56	: 19-20 :	150.00 :	460.00 :	4.48 :	.25 :	.50 :
:	57	: 24-23 :	200.00 :	410.00 :	14.37 :	.46 :	.87 :
:	58	: 23-22 :	200.00 :	340.00 :	9.15 :	.29 :	.32 :
:	59	: 22-21 :	150.00 :	240.00 :	2.83 :	.16 :	.12 :
:	60	: 21-20 :	100.00 :	270.00 :	.22 :	.03 :	.01 :
:	61	: 20- 0 :	100.00 :	150.00 :	1.42 :	.18 :	.15 :
:	62	: 24- 0 :	400.00 :	710.00 :	57.78 :	.46 :	.62 :
:	63	: 23- 0 :	300.00 :	490.00 :	35.49 :	.50 :	.73 :
:	64	: 23- 0 :	300.00 :	100.00 :	32.64 :	.46 :	.13 :
:	65	: 22- 0 :	200.00 :	430.00 :	19.26 :	.61 :	1.56 :
:	66	: 21- 0 :	150.00 :	600.00 :	10.18 :	.58 :	2.82 :
:	67	: 20- 0 :	150.00 :	290.00 :	4.25 :	.24 :	.29 :
:	68	: 20- 0 :	150.00 :	210.00 :	2.31 :	.13 :	.07 :

Таблиця Д.4-Результати розрахунку мережі для варіанта В2.2

e= .01000 nk= 24 ny= 68

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.71	400.00	c	2	440.00	100.35	400.00	c	3	570.00	95.43	400.00	c
4	700.00	76.10	300.00	c	5	490.00	80.80	250.00	c	6	240.00	31.70	200.00	c
7	710.00	22.87	200.00	c	8	530.00	22.28	150.00	c	9	200.00	15.81	200.00	c
10	280.00	19.65	200.00	c	11	550.00	20.82	150.00	c	12	540.00	12.70	150.00	c
13	530.00	28.64	150.00	c	14	670.00	38.05	300.00	c	15	400.00	19.65	200.00	c
16	710.00	12.71	150.00	c	17	510.00	12.70	100.00	c	18	400.00	33.35	300.00	c
19	400.00	12.32	200.00	c	20	450.00	52.47	200.00	c	21	400.00	24.43	150.00	c
22	680.00	16.67	200.00	c	23	640.00	16.67	200.00	c	24	100.00	31.63	200.00	c
25	220.00	30.90	200.00	c	26	280.00	29.68	200.00	c	27	340.00	26.23	150.00	c
28	380.00	57.13	300.00	c	29	380.00	20.99	200.00	c	30	380.00	18.56	200.00	c
31	330.00	53.52	150.00	c	32	450.00	50.17	400.00	c	33	680.00	28.57	300.00	c
34	640.00	28.99	300.00	c	35	450.00	10.57	200.00	c	36	350.00	44.59	300.00	c
37	360.00	31.44	250.00	c	38	350.00	9.00	200.00	c	39	360.00	47.70	150.00	c
40	420.00	129.41	400.00	c	41	440.00	65.26	350.00	c	42	230.00	71.06	300.00	c
43	220.00	36.15	200.00	c	44	430.00	38.42	200.00	c	45	450.00	29.60	200.00	c
46	500.00	64.92	400.00	c	47	190.00	14.06	200.00	c	48	290.00	9.15	200.00	c
49	280.00	5.51	150.00	c	50	280.00	6.00	150.00	c	51	280.00	21.95	150.00	c
52	440.00	25.57	300.00	c	53	360.00	21.64	200.00	c	54	170.00	26.36	200.00	c
55	430.00	18.43	150.00	c	56	460.00	14.48	150.00	c	57	410.00	14.37	200.00	c
58	340.00	9.15	200.00	c	59	240.00	6.83	150.00	c	60	270.00	6.00	100.00	c
61	150.00	9.32	100.00	c	62	710.00	62.28	400.00	c	63	490.00	43.49	300.00	c
64	100.00	41.90	300.00	c	65	430.00	30.39	200.00	c	66	600.00	20.07	150.00	c
67	290.00	10.89	150.00	c	68	210.00	9.81	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	177.14	1.41	2.45
2	0- 2	400.00	440.00	116.41	.93	1.38
3	0- 2	400.00	570.00	111.49	.89	1.65
4	0- 3	300.00	700.00	84.45	1.19	5.14
5	0- 4	250.00	490.00	96.07	1.96	12.18
6	4- 0	200.00	240.00	16.43	.52	.65
7	5- 0	200.00	710.00	8.42	.27	.58
8	6- 0	150.00	530.00	3.56	.20	.38
9	3- 4	200.00	200.00	22.73	.72	.98
10	3- 4	200.00	280.00	26.57	.85	1.83
11	4- 5	150.00	550.00	20.00	1.13	8.99
12	5- 6	150.00	540.00	16.97	.96	6.49
13	6- 0	150.00	530.00	9.92	.56	2.38
14	3- 9	300.00	670.00	56.49	.80	2.33
15	4- 8	200.00	400.00	39.05	1.24	5.36
16	8- 5	150.00	710.00	-7.51	.42	1.92
17	6- 7	100.00	510.00	4.33	.55	3.74
18	2- 9	300.00	400.00	44.08	.62	.88
19	9- 8	200.00	400.00	20.19	.64	1.58
20	8- 7	200.00	450.00	28.15	.90	3.27
21	7- 0	150.00	400.00	14.08	.80	3.41
22	9-10	200.00	680.00	15.38	.49	1.64
23	8-11	200.00	640.00	11.26	.36	.88
24	8-12	200.00	100.00	30.51	.97	.85
25	8-12	200.00	220.00	29.78	.95	1.78
26	8-12	200.00	280.00	28.56	.91	2.09
27	7- 0	150.00	340.00	15.88	.90	3.62
28	2-10	300.00	380.00	66.57	.94	1.79
29	10-11	200.00	380.00	24.74	.79	2.18
30	11-12	200.00	380.00	22.86	.73	1.88
31	12- 0	150.00	330.00	19.97	1.13	5.37
32	2- 1	400.00	450.00	55.54	.44	.37
33	10-15	300.00	680.00	39.92	.56	1.25
34	11-14	300.00	640.00	39.91	.56	1.18
35	12-13	200.00	450.00	16.49	.52	1.23
36	1-15	300.00	350.00	60.01	.85	1.36
37	15-14	250.00	360.00	34.76	.71	1.27
38	14-13	200.00	350.00	8.30	.26	.28

39	13- 0	150.00	360.00	8.23	.47	1.15
40	1-24	400.00	420.00	122.69	.98	1.46
41	15-16	350.00	440.00	50.00	.52	.57
42	15-17	300.00	230.00	55.49	.78	.77
43	14-17	200.00	220.00	17.25	.55	.65
44	14-18	200.00	430.00	19.00	.60	1.52
45	13-19	200.00	450.00	8.28	.26	.36
46	24- 0	400.00	500.00	50.21	.40	.34
47	16-24	200.00	190.00	7.19	.23	.12
48	16-17	200.00	290.00	8.84	.28	.26
49	17-18	150.00	280.00	4.98	.28	.36
50	18-19	150.00	280.00	3.40	.19	.19
51	19- 0	150.00	280.00	3.81	.22	.23
52	16-23	300.00	440.00	18.00	.25	.19
53	17-22	200.00	360.00	15.21	.48	.85
54	17-21	200.00	170.00	16.66	.53	.47
55	18-21	150.00	430.00	9.26	.52	1.70
56	19-20	150.00	460.00	3.48	.20	.32
57	24-23	200.00	410.00	13.68	.44	.80
58	23-22	200.00	340.00	9.98	.32	.38
59	22-21	150.00	240.00	3.56	.20	.17
60	21-20	100.00	270.00	1.56	.20	.32
61	20- 0	100.00	150.00	2.18	.28	.32
62	24- 0	400.00	710.00	47.57	.38	.44
63	23- 0	300.00	490.00	29.47	.42	.52
64	23- 0	300.00	100.00	27.88	.39	.10
65	22- 0	200.00	430.00	15.54	.49	1.05
66	21- 0	150.00	600.00	8.49	.48	2.03
67	20- 0	150.00	290.00	3.75	.21	.23
68	20- 0	150.00	210.00	2.67	.15	.09

Таблиця Д.5-Результати розрахунку мережі для варіанта В3.1

e= .01000 nk= 24 ny= 68

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.23	400.00	c	2	440.00	89.78	400.00	c	3	570.00	81.14	400.00	c
4	700.00	64.40	300.00	c	5	490.00	55.86	250.00	c	6	240.00	44.72	200.00	c
7	710.00	34.16	200.00	c	8	530.00	3.01	150.00	c	9	200.00	12.67	200.00	c
10	280.00	20.00	200.00	c	11	550.00	12.33	150.00	c	12	540.00	8.03	150.00	c
13	530.00	9.12	150.00	c	14	670.00	64.40	300.00	c	15	400.00	42.10	200.00	c
16	710.00	8.16	150.00	c	17	510.00	18.15	100.00	c	18	400.00	74.61	300.00	c
19	400.00	18.13	200.00	c	20	450.00	28.57	200.00	c	21	400.00	6.84	150.00	c
22	680.00	26.93	200.00	c	23	640.00	12.80	200.00	c	24	100.00	32.42	200.00	c
25	220.00	31.14	200.00	c	26	280.00	29.00	200.00	c	27	340.00	10.00	150.00	c
28	380.00	60.16	300.00	c	29	380.00	25.49	200.00	c	30	380.00	25.95	200.00	c
31	330.00	17.48	150.00	c	32	450.00	56.34	400.00	c	33	680.00	52.64	300.00	c
34	640.00	54.47	300.00	c	35	450.00	7.96	200.00	c	36	350.00	72.36	300.00	c
37	360.00	44.93	250.00	c	38	350.00	5.00	200.00	c	39	360.00	17.86	150.00	c
40	420.00	120.35	400.00	c	41	440.00	72.36	350.00	c	42	230.00	75.97	300.00	c
43	220.00	24.93	200.00	c	44	430.00	24.68	200.00	c	45	450.00	21.16	200.00	c
46	500.00	72.04	400.00	c	47	190.00	34.09	200.00	c	48	290.00	9.55	200.00	c
49	280.00	5.51	150.00	c	50	280.00	1.78	150.00	c	51	280.00	3.50	150.00	c
52	440.00	21.28	300.00	c	53	360.00	25.57	200.00	c	54	170.00	22.24	200.00	c
55	430.00	12.40	150.00	c	56	460.00	4.76	150.00	c	57	410.00	17.93	200.00	c
58	340.00	12.30	200.00	c	59	240.00	4.01	150.00	c	60	270.00	1.23	100.00	c
61	150.00	2.06	100.00	c	62	710.00	67.32	400.00	c	63	490.00	41.47	300.00	c
64	100.00	38.62	300.00	c	65	430.00	22.09	200.00	c	66	600.00	11.83	150.00	c
67	290.00	4.89	150.00	c	68	210.00	2.95	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	176.17	1.40	2.42
2	0- 2	400.00	440.00	109.58	.87	1.24
3	0- 2	400.00	570.00	100.94	.80	1.38
4	0- 3	300.00	700.00	62.68	.89	2.95
5	0- 4	250.00	490.00	50.49	1.03	3.45
6	0- 4	200.00	240.00	39.35	1.25	3.27
7	0- 5	200.00	710.00	24.64	.78	4.04
8	0- 6	150.00	530.00	9.88	.56	2.36
9	3- 4	200.00	200.00	9.02	.29	.19
10	3- 4	200.00	280.00	16.35	.52	.75
11	4- 5	150.00	550.00	8.17	.46	1.74
12	6- 5	150.00	540.00	-8.37	.47	1.78
13	6- 0	150.00	530.00	2.25	.13	.17
14	3- 9	300.00	670.00	52.15	.74	2.01
15	4- 8	200.00	400.00	41.01	1.31	5.91
16	5- 8	150.00	710.00	11.23	.64	3.99
17	6- 7	100.00	510.00	4.46	.57	3.96
18	2- 9	300.00	400.00	40.84	.58	.77
19	9- 8	200.00	400.00	25.64	.82	2.45
20	8- 7	200.00	450.00	28.21	.90	3.29
21	7- 0	150.00	400.00	13.66	.77	3.22
22	10- 9	200.00	680.00	-6.22	.20	.33
23	8-11	200.00	640.00	22.06	.70	2.97
24	8-12	200.00	100.00	35.68	1.14	1.13
25	8-12	200.00	220.00	34.40	1.10	2.32
26	8-12	200.00	280.00	32.26	1.03	2.62
27	7- 0	150.00	340.00	16.82	.95	4.02
28	2-10	300.00	380.00	59.54	.84	1.46
29	10-11	200.00	380.00	9.11	.29	.36
30	11-12	200.00	380.00	19.95	.64	1.47
31	12- 0	150.00	330.00	20.68	1.17	5.74
32	2- 1	400.00	450.00	57.48	.46	.39
33	10-15	300.00	680.00	42.82	.61	1.42
34	11-14	300.00	640.00	51.24	.72	1.86
35	12-13	200.00	450.00	20.39	.65	1.81
36	1-15	300.00	350.00	60.78	.86	1.39
37	15-14	250.00	360.00	35.14	.72	1.30
38	13-14	200.00	350.00	-4.66	.15	.10

:	39	: 13- 0 :	150.00 :	360.00 :	8.63 :	.49 :	1.25 :
:	40	: 1-24 :	400.00 :	420.00 :	121.03 :	.96 :	1.42 :
:	41	: 15-16 :	350.00 :	440.00 :	52.18 :	.54 :	.62 :
:	42	: 15-17 :	300.00 :	230.00 :	60.39 :	.85 :	.90 :
:	43	: 14-17 :	200.00 :	220.00 :	19.14 :	.61 :	.79 :
:	44	: 14-18 :	200.00 :	430.00 :	23.64 :	.75 :	2.27 :
:	45	: 13-19 :	200.00 :	450.00 :	11.65 :	.37 :	.66 :
:	46	: 24- 0 :	400.00 :	500.00 :	50.41 :	.40 :	.34 :
:	47	: 24-16 :	200.00 :	190.00 :	1.65 :	.05 :	.01 :
:	48	: 16-17 :	200.00 :	290.00 :	14.15 :	.45 :	.60 :
:	49	: 17-18 :	150.00 :	280.00 :	10.26 :	.58 :	1.33 :
:	50	: 18-19 :	150.00 :	280.00 :	2.98 :	.17 :	.15 :
:	51	: 19- 0 :	150.00 :	280.00 :	3.77 :	.21 :	.22 :
:	52	: 23-16 :	300.00 :	440.00 :	-5.56 :	.08 :	.03 :
:	53	: 22-17 :	200.00 :	360.00 :	8.23 :	.26 :	.28 :
:	54	: 17-21 :	200.00 :	170.00 :	28.24 :	.90 :	1.24 :
:	55	: 18-21 :	150.00 :	430.00 :	13.65 :	.77 :	3.46 :
:	56	: 19-20 :	150.00 :	460.00 :	4.90 :	.28 :	.58 :
:	57	: 24-23 :	200.00 :	410.00 :	12.33 :	.39 :	.66 :
:	58	: 23-22 :	200.00 :	340.00 :	7.40 :	.24 :	.22 :
:	59	: 22-21 :	150.00 :	240.00 :	-7.34 :	.42 :	.62 :
:	60	: 21-20 :	100.00 :	270.00 :	1.32 :	.17 :	.24 :
:	61	: 20- 0 :	100.00 :	150.00 :	2.19 :	.28 :	.32 :
:	62	: 24- 0 :	400.00 :	710.00 :	45.69 :	.36 :	.41 :
:	63	: 23- 0 :	300.00 :	490.00 :	25.45 :	.36 :	.40 :
:	64	: 23- 0 :	300.00 :	100.00 :	22.60 :	.32 :	.07 :
:	65	: 22- 0 :	200.00 :	430.00 :	10.97 :	.35 :	.56 :
:	66	: 21- 0 :	150.00 :	600.00 :	12.05 :	.68 :	3.84 :
:	67	: 20- 0 :	150.00 :	290.00 :	5.02 :	.28 :	.38 :
:	68	: 20- 0 :	150.00 :	210.00 :	3.08 :	.17 :	.12 :

Таблиця Д.6-Результати розрахунку мережі для варіанта В3.2

e= .01000 nk= 24 ny= 68

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	124.30	400.00	c	2	440.00	59.56	400.00	c	3	570.00	54.64	400.00	c
4	700.00	29.09	300.00	c	5	490.00	13.32	250.00	c	6	240.00	19.16	200.00	c
7	710.00	13.13	200.00	c	8	530.00	15.30	150.00	c	9	200.00	31.31	200.00	c
10	280.00	27.47	200.00	c	11	550.00	18.01	150.00	c	12	540.00	9.94	150.00	c
13	530.00	21.66	150.00	c	14	670.00	29.09	300.00	c	15	400.00	19.65	200.00	c
16	710.00	9.90	150.00	c	17	510.00	9.90	100.00	c	18	400.00	18.17	300.00	c
19	400.00	25.84	200.00	c	20	450.00	44.10	200.00	c	21	400.00	20.25	150.00	c
22	680.00	31.85	200.00	c	23	640.00	16.67	200.00	c	24	100.00	32.38	200.00	c
25	220.00	31.65	200.00	c	26	280.00	30.43	200.00	c	27	340.00	22.05	150.00	c
28	380.00	57.13	300.00	c	29	380.00	20.99	200.00	c	30	380.00	19.31	200.00	c
31	330.00	40.22	150.00	c	32	450.00	59.55	400.00	c	33	680.00	29.32	300.00	c
34	640.00	29.74	300.00	c	35	450.00	10.57	200.00	c	36	350.00	35.96	300.00	c
37	360.00	31.44	250.00	c	38	350.00	9.00	200.00	c	39	360.00	34.40	150.00	c
40	420.00	124.30	400.00	c	41	440.00	41.96	350.00	c	42	230.00	57.76	300.00	c
43	220.00	22.85	200.00	c	44	430.00	25.12	200.00	c	45	450.00	16.30	200.00	c
46	500.00	101.44	400.00	c	47	190.00	40.88	200.00	c	48	290.00	19.15	200.00	c
49	280.00	5.51	150.00	c	50	280.00	6.00	150.00	c	51	280.00	21.95	150.00	c
52	440.00	58.46	300.00	c	53	360.00	54.53	200.00	c	54	170.00	26.36	200.00	c
55	430.00	18.43	150.00	c	56	460.00	14.48	150.00	c	57	410.00	20.44	200.00	c
58	340.00	19.15	200.00	c	59	240.00	27.28	150.00	c	60	270.00	6.00	100.00	c
61	150.00	9.32	100.00	c	62	710.00	98.80	400.00	c	63	490.00	73.94	300.00	c
64	100.00	72.35	300.00	c	65	430.00	50.84	200.00	c	66	600.00	20.07	150.00	c
67	290.00	10.89	150.00	c	68	210.00	9.81	150.00	c	69	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	159.50	1.27	1.99
2	0- 2	400.00	440.00	90.15	.72	.86
3	0- 2	400.00	570.00	85.23	.68	1.01
4	0- 3	300.00	700.00	45.39	.64	1.63
5	4- 0	250.00	490.00	-28.60	.58	1.21
6	4- 0	200.00	240.00	-22.76	.72	1.18
7	5- 0	200.00	710.00	-14.51	.46	1.54
8	6- 0	150.00	530.00	-5.76	.33	.89
9	4- 3	200.00	200.00	5.69	.18	.08
10	4- 3	200.00	280.00	1.85	.06	.02
11	4- 5	150.00	550.00	3.73	.21	.43
12	5- 6	150.00	540.00	3.36	.19	.35
13	6- 0	150.00	530.00	.60	.03	.02
14	3- 9	300.00	670.00	48.03	.68	1.73
15	4- 8	200.00	400.00	22.11	.70	1.86
16	8- 5	150.00	710.00	-6.83	.39	1.62
17	6- 7	100.00	510.00	2.33	.30	1.23
18	2- 9	300.00	400.00	22.82	.32	.27
19	8- 9	200.00	400.00	16.71	.53	1.12
20	8- 7	200.00	450.00	13.22	.42	.82
21	7- 0	150.00	400.00	6.75	.38	.90
22	9-10	200.00	680.00	21.94	.70	3.12
23	8-11	200.00	640.00	2.78	.09	.08
24	8-12	200.00	100.00	16.75	.53	.28
25	8-12	200.00	220.00	16.02	.51	.57
26	8-12	200.00	280.00	14.80	.47	.63
27	7- 0	150.00	340.00	8.55	.48	1.17
28	2-10	300.00	380.00	51.87	.73	1.13
29	10-11	200.00	380.00	26.15	.83	2.41
30	11-12	200.00	380.00	17.56	.56	1.16
31	12- 0	150.00	330.00	11.48	.65	1.93
32	2- 1	400.00	450.00	64.16	.51	.47
33	10-15	300.00	680.00	49.44	.70	1.85
34	11-14	300.00	640.00	42.69	.60	1.33
35	12-13	200.00	450.00	12.23	.39	.72
36	1-15	300.00	350.00	46.20	.65	.84
37	15-14	250.00	360.00	29.43	.60	.94
38	14-13	200.00	350.00	-4.04	.13	.08

:	39	: 13- 0 :	150.00 :	360.00 :	4.00 :	.23 :	.32 :
:	40	: 1-24 :	400.00 :	420.00 :	129.98 :	1.03 :	1.62 :
:	41	: 15-16 :	350.00 :	440.00 :	63.01 :	.65 :	.87 :
:	42	: 15-17 :	300.00 :	230.00 :	59.87 :	.85 :	.89 :
:	43	: 14-17 :	200.00 :	220.00 :	26.97 :	.86 :	1.48 :
:	44	: 14-18 :	200.00 :	430.00 :	14.01 :	.45 :	.87 :
:	45	: 13-19 :	200.00 :	450.00 :	7.79 :	.25 :	.32 :
:	46	: 24- 0 :	400.00 :	500.00 :	60.56 :	.48 :	.48 :
:	47	: 16-24 :	200.00 :	190.00 :	15.26 :	.49 :	.45 :
:	48	: 16-17 :	200.00 :	290.00 :	.21 :	.01 :	.00 :
:	49	: 17-18 :	150.00 :	280.00 :	-9.71 :	.55 :	1.21 :
:	50	: 18-19 :	150.00 :	280.00 :	-4.44 :	.25 :	.30 :
:	51	: 19- 0 :	150.00 :	280.00 :	.06 :	.00 :	.00 :
:	52	: 16-23 :	300.00 :	440.00 :	27.70 :	.39 :	.42 :
:	53	: 17-22 :	200.00 :	360.00 :	33.99 :	1.08 :	3.72 :
:	54	: 17-21 :	200.00 :	170.00 :	-8.19 :	.26 :	.13 :
:	55	: 18-21 :	150.00 :	430.00 :	-.90 :	.05 :	.03 :
:	56	: 19-20 :	150.00 :	460.00 :	.85 :	.05 :	.03 :
:	57	: 24-23 :	200.00 :	410.00 :	15.29 :	.49 :	.98 :
:	58	: 23-22 :	200.00 :	340.00 :	10.43 :	.33 :	.41 :
:	59	: 22-21 :	150.00 :	240.00 :	13.27 :	.75 :	1.83 :
:	60	: 21-20 :	100.00 :	270.00 :	1.25 :	.16 :	.22 :
:	61	: 20- 0 :	100.00 :	150.00 :	1.06 :	.14 :	.09 :
:	62	: 24- 0 :	400.00 :	710.00 :	57.92 :	.46 :	.62 :
:	63	: 23- 0 :	300.00 :	490.00 :	38.21 :	.54 :	.83 :
:	64	: 23- 0 :	300.00 :	100.00 :	36.62 :	.52 :	.16 :
:	65	: 22- 0 :	200.00 :	430.00 :	23.83 :	.76 :	2.30 :
:	66	: 21- 0 :	150.00 :	600.00 :	7.07 :	.40 :	1.46 :
:	67	: 20- 0 :	150.00 :	290.00 :	2.63 :	.15 :	.12 :
:	68	: 20- 0 :	150.00 :	210.00 :	1.55 :	.09 :	.04 :

ДОДАТОК Е
Розрахунок невигідних точок мережі

Таблиця Е.1 – Визначення п'єзометричних позначок в точці підключення водоводів відносно розглянутих вузлів мережі, м, для варіанту В.1

№ вузла	$H_{в.потр.і}$	$Z_і$	Максимальне водоспоживання (В1.1)			Пожежогасіння (В1.2)		
			$П^{макс}_{потр.і}$	$\sum h^{макс}_{1-і}$	$П^{макс}_{1(і)}$	$П^{пож}_{потр.і}$	$\sum h^{пож}_{1-і}$	$П^{пож}_{1(і)}$
1	26	64,52	90,52		90,52	74,52		74,52
2	26	63,80	89,80	3,46	93,26	73,80	4,90	78,70
3	26	64,30	90,30	5,04	95,34	74,30	7,13	81,43
4	42	63,55	105,55	6,83	112,38	73,55	9,71	83,26
5	42	63,67	105,67	10,13	115,80	73,67	15,33	89,00
6	42	64,54	106,54	13,67	120,21	74,54	18,70	93,24
7	42	63,27	105,27	17,06	122,33	73,27	21,87	95,14
8	42	62,41	104,41	21,23	125,64	72,41	25,92	98,33
9	42	62,16	104,16	23,65	**127,81**	72,16	28,30	**100,46**
10	42	62,67	104,67	10,04	114,71	72,67	15,93	88,60
11	42	61,73	103,73	9,54	113,27	71,73	13,65	85,38
12	42	61,33	103,33	15,44	118,77	71,33	19,88	91,21
13	42	61,32	103,32	19,59	122,91	71,32	24,16	95,48
14	42	61,37	103,37	23,53	126,90	71,37	28,15	99,52
15	26	62,71	88,71	6,14	94,85	72,71	8,65	81,36
16	26	61,33	87,33	8,81	96,14	71,33	12,44	83,77
17	26	61,14	87,14	10,69	97,83	71,14	15,12	86,26
18	26	61,06	87,06	11,76	98,82	71,06	16,21	87,27
19	26	61,04	87,04	13,96	101,00	71,04	18,45	89,49
20	26	61,10	87,10	16,43	103,53	71,10	20,97	92,07
21	26	61,00	87,00	20,39	107,39	71,00	24,97	95,97
22	26	62,80	88,80	4,11	92,91	72,80	5,80	78,60
23	26	61,71	87,71	6,51	94,22	71,71	9,50	81,21
24	26	61,52	87,52	8,66	96,18	71,52	13,60	85,12
25	26	61,46	87,46	10,52	97,98	71,46	15,15	86,61
26	26	63,67	89,67	2,41	92,08	73,67	3,35	77,02
27	26	62,75	88,75	3,45	92,20	72,75	4,79	77,54
28	26	62,38	88,38	4,74	93,12	72,38	6,70	79,08
29	26	62,00	88,00	6,05	94,05	72,00	8,57	80,57
30	26	61,87	87,87	8,57	96,44	71,87	12,69	84,56
31	26	61,85	87,85	9,26	97,11	71,85	13,37	85,22

Продовження табл.Е.1

№ вузла	$H_{в.потр.i}$	Z_i	Максимальне водоспоживання (В1.1)			Пожежогасіння (В1.2)		
			$П^{макс}_{потр.i}$	$\sum h^{макс}_{1-i}$	$П^{макс}_{1(i)}$	$П^{пож}_{потр.i}$	$\sum h^{пож}_{1-i}$	$П^{пож}_{1(i)}$
32	18	64,25	82,25	2,77	85,02	74,25	3,75	78,00
33	18	63,80	81,80	3,15	84,95	73,80	4,26	78,06
34	18	63,30	81,30	4,82	86,12	73,30	6,54	79,84
35	18	63,03	81,03	5,62	86,65	73,03	7,75	80,78
36	18	62,53	80,53	8,52	89,05	72,53	12,23	84,76
37	18	62,47	80,47	9,07	89,54	72,47	12,93	85,40
38	18	63,24	81,24	0,65	81,89	73,24	0,84	74,08
39	18	63,62	81,62	1,47	83,09	73,62	1,91	75,53
40	18	63,91	81,91	2,44	84,35	73,91	3,20	77,11
41	18	64,82	82,82	2,61	85,43	74,82	3,44	78,26
42	18	64,25	82,25	4,61	86,86	74,25	6,17	80,42
43	18	63,46	81,46	8,32	89,78	73,46	11,49	84,95
44	18	63,19	81,19	8,69	89,88	73,19	12,04	85,23
45	18	62,98	80,98	8,80	89,78	72,98	12,25	85,23

Для варіанту В.1 в обох випадках невигідною точкою виявився вузол 9.

Таблиця Е.2 – Визначення п’єзометричних позначок в точці підключення водоводів відносно розглянутих вузлів мережі, м, для варіанту В.2

№ вузла	$H_{в.потр.i}$	Z_i	Максимальне водоспоживання (В2.1)			Максимальний транзит (В2.2)		
			$П^{макс}_{потр.i}$	$\sum h^{макс}_{1-i}$	$П^{макс}_{1(i)}$	$П^{транз}_{потр.i}$	$\sum h^{транз}_{1-i}$	$П^{транз}_{1(i)}$
1	26	64,52	90,52		90,52	90,52		90,52
2	26	63,80	89,80	1,89	91,69	89,80	2,45	92,25
3	26	64,30	90,30	2,59	92,89	90,30	3,83	94,13
4	42	63,55	105,55	3,33	108,88	105,55	5,48	111,03
5	42	63,67	105,67	3,51	109,18	105,67	10,62	116,29
6	42	64,54	106,54	2,28	108,82	106,54	22,80	129,34
7	42	63,27	105,27	8,71	113,98	105,27	22,16	127,43
8	42	62,41	104,41	14,74	119,15	104,41	21,58	125,99
9	42	62,16	104,16	17,96	**122,12**	104,16	21,21	125,37
10	42	62,67	104,67	4,36	109,03	104,67	9,64	114,31
11	42	61,73	103,73	4,90	108,63	103,73	7,81	111,54
12	42	61,33	103,33	8,83	112,16	103,33	13,17	116,50
13	42	61,32	103,32	14,20	117,52	103,32	15,09	118,41

Продовження табл.Е.2

№ вузла	$H_{в.потр.i}$	Z_i	Максимальне водоспоживання (В2.1)			Максимальний транзит (В2.2)		
			$П^{макс}_{потр.i}$	$\sum h^{макс}_{1-i}$	$П^{макс}_{1(i)}$	$П^{пож}_{потр.i}$	$\sum h^{пож}_{1-i}$	$П^{пож}_{1(i)}$
14	42	61,37	103,37	17,94	121,31	103,37	18,83	122,20
15	26	62,71	88,71	3,21	91,92	88,71	4,61	93,32
16	26	61,33	87,33	5,07	92,40	87,33	6,25	93,58
17	26	61,14	87,14	7,52	94,66	87,14	7,13	94,27
18	26	61,06	87,06	8,39	95,45	87,06	7,98	95,04
19	26	61,04	87,04	10,15	97,19	87,04	9,76	96,80
20	26	61,10	87,10	12,11	99,21	87,10	11,85	98,95
21	26	61,00	87,00	15,41	102,41	87,00	15,47	102,47
22	26	62,80	88,80	2,39	91,19	88,80	2,82	91,62
23	26	61,71	87,71	4,40	92,11	87,71	4,07	91,78
24	26	61,52	87,52	6,36	93,88	87,52	5,25	92,77
25	26	61,46	87,46	7,90	95,36	87,46	6,48	93,94
26	26	63,67	89,67	1,61	91,28	89,67	1,46	91,13
27	26	62,75	88,75	2,43	91,18	88,75	2,03	90,78
28	26	62,38	88,38	3,35	91,73	88,38	2,80	91,18
29	26	62,00	88,00	4,48	92,48	88,00	3,45	91,45
30	26	61,87	87,87	6,37	94,24	87,87	4,97	92,84
31	26	61,85	87,85	7,00	94,85	87,85	5,33	93,18
32	18	64,25	82,25	2,00	84,25	82,25	1,58	83,83
33	18	63,80	81,80	2,31	84,11	81,80	1,77	83,57
34	18	63,30	81,30	3,66	84,96	81,30	2,62	83,92
35	18	63,03	81,03	4,24	85,27	81,03	3,09	84,12
36	18	62,53	80,53	6,38	86,91	80,53	4,79	85,32
37	18	62,47	80,47	6,88	87,35	80,47	5,11	85,58
38	18	63,24	81,24	0,50	81,74	81,24	0,34	81,58
39	18	63,62	81,62	1,12	82,74	81,62	0,78	82,40
40	18	63,91	81,91	1,85	83,76	81,91	1,30	83,21
41	18	64,82	82,82	1,98	84,80	82,82	1,40	84,22
42	18	64,25	82,25	3,54	85,79	82,25	2,45	84,70
43	18	63,46	81,46	6,36	87,82	81,46	4,48	85,94
44	18	63,19	81,19	6,65	87,84	81,19	4,71	85,90
45	18	62,98	80,98	6,72	87,70	80,98	4,80	85,78
башта 6		63,80	108,82	1,19	110,01	129,34	1,47	**130,81**

Для варіанту В.2.1 невигідною точкою виявився вузол 9, а для варіанта В2.2 невигідною точкою є водонапірна башта, яка підключена до мережі у вузлу 6.

Таблиця Е.3 – Визначення п’єзометричних позначок в точці підключення водоводів відносно розглянутих вузлів мережі, м, для варіанту В.3

№ вузла	$H_{в.потр.і}$	$Z_і$	Максимальне водоспоживання (В3.1)			Максимальний транзит (В3.2)		
			$П^{макс}_{потр.і}$	$\sum h^{макс}_{1-і}$	$П^{макс}_{1(і)}$	$П^{транз}_{потр.і}$	$\sum h^{транз}_{1-і}$	$П^{транз}_{1(і)}$
1	26	64,52	90,52		90,52	90,52		90,52
2	26	63,80	89,80	2,42	92,22	89,80	1,99	91,79
3	26	64,30	90,30	3,66	93,96	90,30	2,85	93,15
4	42	63,55	105,55	5,04	110,59	105,55	3,86	109,41
5	42	63,67	105,67	7,99	113,66	105,67	5,49	111,16
6	42	64,54	106,54	11,44	117,98	106,54	6,70	113,24
7	42	63,27	105,27	14,71	119,98	105,27	7,88	113,15
8	42	62,41	104,41	18,75	123,16	104,41	9,42	113,83
9	42	62,16	104,16	21,11	**125,27**	104,16	10,31	**114,47**
10	42	62,67	104,67	7,80	112,47	104,67	5,57	110,24
11	42	61,73	103,73	7,05	110,78	103,73	5,59	109,32
12	42	61,33	103,33	12,96	116,29	103,33	7,45	110,78
13	42	61,32	103,32	16,95	120,27	103,32	9,07	112,39
14	42	61,37	103,37	20,91	124,28	103,37	10,30	113,67
15	26	62,71	88,71	4,27	92,98	88,71	3,59	92,30
16	26	61,33	87,33	4,60	91,93	87,33	6,71	94,04
17	26	61,14	87,14	7,57	94,71	87,14	6,79	93,93
18	26	61,06	87,06	8,70	95,76	87,06	7,07	94,13
19	26	61,04	87,04	11,02	98,06	87,04	7,64	94,68
20	26	61,10	87,10	13,64	100,74	87,10	8,27	95,37
21	26	61,00	87,00	17,66	104,66	87,00	9,44	96,44
22	26	62,80	88,80	2,81	91,61	88,80	2,46	91,26
23	26	61,71	87,71	4,23	91,94	87,71	4,31	92,02
24	26	61,52	87,52	6,09	93,61	87,52	5,64	93,16
25	26	61,46	87,46	7,90	95,36	87,46	6,36	93,82
26	26	63,67	89,67	1,42	91,09	89,67	1,62	91,29
27	26	62,75	88,75	2,04	90,79	88,75	2,49	91,24
28	26	62,38	88,38	2,94	91,32	88,38	3,38	91,76
29	26	62,00	88,00	3,73	91,73	88,00	4,86	92,86
30	26	61,87	87,87	6,00	93,87	87,87	5,73	93,60
31	26	61,85	87,85	6,66	94,51	87,85	6,05	93,90
32	18	64,25	82,25	1,41	83,66	82,25	2,08	84,33
33	18	63,80	81,80	1,44	83,24	81,80	2,50	84,30
34	18	63,30	81,30	1,16	82,46	81,30	6,22	87,52

Продовження табл.Е.3

№ вузла	$H_{в.потр.i}$	Z_i	Максимальне водоспоживання (В3.1)			Максимальний транзит (В3.2)		
			$П^{макс}_{потр.i}$	$\sum h^{макс}_{1-i}$	$П^{макс}_{1(i)}$	$П^{пож}_{потр.i}$	$\sum h^{пож}_{1-i}$	$П^{пож}_{1(i)}$
35	18	63,03	81,03	2,40	83,43	81,03	6,07	87,10
36	18	62,53	80,53	5,86	86,39	80,53	6,03	86,56
37	18	62,47	80,47	6,44	86,91	80,47	6,06	86,53
38	18	63,24	81,24	0,34	81,58	81,24	0,48	81,72
39	18	63,62	81,62	0,75	82,37	81,62	1,10	82,72
40	18	63,91	81,91	1,15	83,06	81,91	1,93	83,84
41	18	64,82	82,82	1,22	84,04	82,82	2,09	84,91
42	18	64,25	82,25	1,78	84,03	82,25	4,39	86,64
43	18	63,46	81,46	5,62	87,08	81,46	5,85	87,31
44	18	63,19	81,19	6,00	87,19	81,19	5,97	87,16
45	18	62,98	80,98	6,12	87,10	80,98	6,01	86,99
башта 16	30,78	61,16	91,93	0,59	92,52	94,04	0,73	94,78
башта 34	19,00	63,46	82,46	0,39	82,85	87,52	0,49	88,01

Для варіанту В.3 в обох випадках невигідною точкою виявився вузол 9.

ДОДАТОК Ж
Розрахунок п’єзометричних позначок вільних напорів у вузлах мережі без аварійних ділянок

Таблиця Ж.1 – П’єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В1, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В1.1)						
9	104,16	8	2,42	106,58	62,41	44,17
9	104,16	14	0,15	104,31	61,37	42,94
8	106,58	7	4,17	110,75	63,27	47,48
7	110,75	6	3,39	114,14	64,54	49,60
6	114,14	5	3,54	117,68	63,67	54,01
5	117,68	4	3,30	120,98	63,55	57,43
4	120,98	3	1,79	122,77	64,30	58,47
3	122,77	2	1,58	124,35	63,80	60,55
2	124,35	1	3,46	127,81	64,52	63,29
14	104,31	13	3,94	108,25	61,32	46,92
13	108,25	12	4,15	112,40	61,33	51,06
12	112,40	11	5,90	118,30	61,73	56,57
14	104,31	21	3,16	107,47	61,00	46,47
21	107,47	20	3,96	111,43	61,10	50,33
20	111,43	19	2,47	113,90	61,04	52,86
19	113,90	18	2,20	116,10	61,06	55,04
18	116,10	17	1,07	117,17	61,14	56,03
17	117,17	16	1,88	119,05	61,33	57,71
16	119,05	15	2,67	121,72	62,71	59,01
20	111,43	25	5,92	117,35	61,46	55,89
25	117,35	24	1,86	119,21	61,52	57,69
24	119,21	23	2,15	121,36	61,71	59,65
23	121,36	22	2,40	123,76	62,80	60,96
25	117,35	31	1,27	118,62	61,85	56,77
31	118,62	30	0,69	119,31	61,87	57,44
30	119,31	29	2,52	121,83	62,00	59,83
29	121,83	28	1,31	123,14	62,38	60,75
28	123,14	27	1,29	124,43	62,75	61,68

Продовження табл.Ж.1

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В1.1)						
27	124,43	26	1,04	125,47	63,67	61,80
31	118,62	37	0,20	118,82	62,47	56,35
37	118,82	36	0,55	119,37	62,53	56,84
36	119,37	35	2,90	122,27	63,03	59,24
35	122,27	34	0,80	123,07	63,30	59,77
34	123,07	33	1,67	124,74	63,80	60,94
33	124,74	32	0,38	125,12	64,25	60,87
37	118,82	45	0,29	119,11	62,98	56,13
45	119,11	44	0,11	119,22	63,19	56,03
44	119,22	43	0,37	119,59	63,46	56,12
43	119,59	42	3,71	123,30	64,25	59,05
42	123,30	41	2,00	125,30	64,82	60,48
41	125,30	40	0,17	125,47	63,91	61,56
40	125,47	39	0,97	126,44	63,62	62,82
39	126,44	38	0,82	127,26	63,24	64,02
5	117,68	10	0,09	117,77	62,67	55,10
Пожежогасіння (варіант В1.2)						
9	72,16	8	2,38	74,54	62,41	12,13
9	72,16	14	0,17	72,33	61,37	10,96
8	74,54	7	4,05	78,59	63,27	15,32
7	78,59	6	3,17	81,76	64,54	17,22
6	81,76	5	3,37	85,13	63,67	21,46
5	85,13	4	5,62	90,75	63,55	27,20
4	90,75	3	2,58	93,33	64,30	29,03
3	93,33	2	2,23	95,56	63,80	31,76
2	95,56	1	4,90	100,46	64,52	35,94
14	72,33	13	3,99	76,32	61,32	14,99
13	76,32	12	4,28	80,60	61,33	19,26
12	80,60	11	6,23	86,83	61,73	25,10
14	72,33	21	3,19	75,52	61,00	14,52
21	75,52	20	4,00	79,52	61,10	18,42
20	79,52	19	2,52	82,04	61,04	21,00

Продовження табл.Ж.1

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Пожежогасіння (варіант В1.2)						
19	82,04	18	2,24	84,28	61,06	23,22
18	84,28	17	1,09	85,37	61,14	24,23
17	85,37	16	2,68	88,05	61,33	26,71
16	88,05	15	3,79	91,84	62,71	29,13
20	79,52	25	5,84	85,36	61,46	23,90
25	85,36	24	1,55	86,91	61,52	25,39
24	86,91	23	4,10	91,01	61,71	29,30
23	91,01	22	3,70	94,71	62,80	31,91
25	85,36	31	1,79	87,15	61,85	25,30
31	87,15	30	0,68	87,83	61,87	25,96
30	87,83	29	4,12	91,95	62,00	29,95
29	91,95	28	1,87	93,82	62,38	31,43
28	93,82	27	1,91	95,73	62,75	32,98
27	95,73	26	1,44	97,17	63,67	33,50
31	87,15	37	0,43	87,58	62,47	25,11
37	87,58	36	0,70	88,28	62,53	25,75
36	88,28	35	4,48	92,76	63,03	29,73
35	92,76	34	1,21	93,97	63,30	30,67
34	93,97	33	2,28	96,25	63,80	32,45
33	96,25	32	0,51	96,76	64,25	32,51
37	87,58	45	0,69	88,27	62,98	25,29
45	88,27	44	0,21	88,48	63,19	25,29
44	88,48	43	0,55	89,03	63,46	25,56
43	89,03	42	5,32	94,35	64,25	30,10
42	94,35	41	2,73	97,08	64,82	32,26
41	97,08	40	0,24	97,32	63,91	33,41
40	97,32	39	1,29	98,61	63,62	34,99
39	98,61	38	1,07	99,68	63,24	36,44
5	85,13	10	0,60	84,53	62,67	21,86

Таблиця Ж.2 – П’єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В2, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В2.1)						
9	104,16	8	3,22	107,38	62,41	44,97
9	104,16	14	0,01	104,17	61,37	42,80
8	107,38	7	6,03	113,41	63,27	50,14
7	113,41	6	6,43	119,84	64,54	55,30
6	119,84	5	1,23	118,61	63,67	54,94
5	118,61	4	0,18	118,79	63,55	55,24
4	118,79	3	0,74	119,53	64,30	55,23
3	119,53	2	0,70	120,23	63,80	56,43
2	120,23	1	1,89	122,12	64,52	57,60
14	104,17	13	3,74	107,91	61,32	46,58
13	107,91	12	5,37	113,28	61,33	51,94
12	113,28	11	3,93	117,21	61,73	55,48
14	104,17	21	2,52	106,69	61,00	45,69
21	106,69	20	3,30	109,99	61,10	48,89
20	109,99	19	1,96	111,95	61,04	50,91
19	111,95	18	1,76	113,71	61,06	52,65
18	113,71	17	0,87	114,58	61,14	53,44
17	114,58	16	2,45	117,03	61,33	55,69
16	117,03	15	1,86	118,89	62,71	56,18
20	109,99	25	4,19	114,18	61,46	52,72
25	114,18	24	1,54	115,72	61,52	54,20
24	115,72	23	1,96	117,68	61,71	55,97
23	117,68	22	2,01	119,69	62,80	56,89
25	114,18	31	0,90	115,08	61,85	53,23
31	115,08	30	0,63	115,71	61,87	53,84
30	115,71	29	1,89	117,60	62,00	55,60
29	117,60	28	1,13	118,73	62,38	56,34
28	118,73	27	0,92	119,65	62,75	56,90
27	119,65	26	0,82	120,47	63,67	56,80
31	115,08	37	0,12	115,20	62,47	52,73
37	115,20	36	0,50	115,70	62,53	53,17
36	115,70	35	2,14	117,84	63,03	54,81

Продовження табл.Ж.2

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П'єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П'єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В2.1)						
35	117,84	34	0,58	118,42	63,30	55,12
34	118,42	33	1,35	119,77	63,80	55,97
33	119,77	32	0,31	120,08	64,25	55,83
37	115,20	45	0,15	115,35	62,98	52,37
45	115,35	44	0,07	115,42	63,19	52,23
44	115,42	43	0,29	115,71	63,46	52,24
43	115,71	42	2,82	118,53	64,25	54,28
42	118,53	41	1,56	120,09	64,82	55,27
41	120,09	40	0,13	120,22	63,91	56,31
40	120,22	39	0,73	120,95	63,62	57,33
39	120,95	38	0,62	121,57	63,24	58,33
5	118,61	10	0,85	117,76	62,67	55,09
Максимальний транзит в башту 6 (варіант В2.2)						
Башта 6	121,02	6	1,47	122,49	64,54	57,96
6	122,49	5	12,18	134,67	63,67	71,01
5	134,67	4	5,14	139,81	63,55	76,26
4	139,81	3	1,65	141,46	64,30	77,16
3	141,46	2	1,38	142,84	63,80	79,04
2	142,84	1	2,45	145,29	64,52	80,77
6	122,49	7	0,65	123,14	63,27	59,88
7	123,14	8	0,58	123,72	62,41	61,32
8	123,72	9	0,38	124,10	62,16	61,95
9	124,10	14	2,38	126,48	61,37	65,11
14	126,48	13	3,74	130,22	61,32	68,90
13	130,22	12	1,92	132,14	61,33	70,81
12	132,14	11	5,36	137,50	61,73	75,77
14	126,48	21	3,41	129,89	61,00	68,89
21	129,89	20	3,62	133,51	61,10	72,41
20	133,51	19	2,09	135,60	61,04	74,57
19	135,60	18	1,78	137,38	61,06	76,32
18	137,38	17	0,85	138,23	61,14	77,09
17	138,23	16	0,88	139,11	61,33	77,78

Продовження табл.Ж.2

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальний транзит в башту 6 (варіант В2.2)						
16	139,11	15	1,64	140,75	62,71	78,04
20	133,51	25	5,37	138,88	61,46	77,43
25	138,88	24	1,23	140,11	61,52	78,60
24	140,11	23	1,18	141,29	61,71	79,59
23	141,29	22	1,25	142,54	62,80	79,75
25	138,88	31	1,15	140,03	61,85	78,19
31	140,03	30	0,36	140,39	61,87	78,52
30	140,39	29	1,52	141,91	62,00	79,91
29	141,91	28	0,65	142,56	62,38	80,18
28	142,56	27	0,77	143,33	62,75	80,58
27	143,33	26	0,57	143,90	63,67	80,24
31	140,03	37	0,23	140,26	62,47	77,79
37	140,26	36	0,32	140,58	62,53	78,06
36	140,58	35	1,70	142,28	63,03	79,26
35	142,28	34	0,47	142,75	63,30	79,46
34	142,75	33	0,85	143,60	63,80	79,80
33	143,60	32	0,19	143,79	64,25	79,54
37	140,26	45	0,32	140,58	62,98	77,60
45	140,58	44	0,09	140,67	63,19	77,49
44	140,67	43	0,23	140,90	63,46	77,44
43	140,90	42	2,03	142,93	64,25	78,68
42	142,93	41	1,05	143,98	64,82	79,17
41	143,98	40	0,10	144,08	63,91	80,18
40	144,08	39	0,52	144,60	63,62	80,98
39	144,60	38	0,44	145,04	63,24	81,81
5	134,67	10	0,98	135,65	62,67	72,99
16	139,11	15	1,64	140,75	62,71	78,04
20	133,51	25	5,37	138,88	61,46	77,43
25	138,88	24	1,23	140,11	61,52	78,60

Таблиця Ж.3 – П’єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В3, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В3.1)						
9	104,16	8	2,36	106,52	62,41	44,11
9	104,16	14	0,17	104,33	61,37	42,96
8	106,52	7	4,04	110,56	63,27	47,29
7	110,56	6	3,27	113,83	64,54	49,29
6	113,83	5	3,45	117,28	63,67	53,61
5	117,28	4	2,95	120,23	63,55	56,68
4	120,23	3	1,38	121,61	64,30	57,31
3	121,61	2	1,24	122,85	63,80	59,05
2	122,85	1	2,42	125,27	64,52	60,75
14	104,33	13	3,96	108,29	61,32	46,96
13	108,29	12	3,99	112,28	61,33	50,94
12	112,28	11	5,91	118,19	61,73	56,46
14	104,33	21	3,22	107,55	61,00	46,55
21	107,55	20	4,02	111,57	61,10	50,47
20	111,57	19	2,62	114,19	61,04	53,15
19	114,19	18	2,32	116,51	61,06	55,45
18	116,51	17	1,13	117,64	61,14	56,50
17	117,64	16	2,97	120,61	61,33	59,27
16	120,61	15	0,33	120,94	62,71	58,23
20	111,57	25	5,74	117,31	61,46	55,85
25	117,31	24	1,81	119,12	61,52	57,60
24	119,12	23	1,86	120,98	61,71	59,27
23	120,98	22	1,42	122,40	62,80	59,60
25	117,31	31	1,25	118,56	61,85	56,71
31	118,56	30	0,66	119,22	61,87	57,35
30	119,22	29	2,27	121,49	62,00	59,49
29	121,49	28	0,79	122,28	62,38	59,89
28	122,28	27	0,90	123,18	62,75	60,43
27	123,18	26	0,62	123,80	63,67	60,13
31	118,56	37	0,22	118,78	62,47	56,31
37	118,78	36	0,58	119,36	62,53	56,83
36	119,36	35	3,46	122,82	63,03	59,79

Продовження табл.Ж.3

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П'єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П'єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В3.1)						
35	122,82	34	1,24	124,06	63,30	60,76
34	124,06	33	0,28	123,78	63,80	59,98
33	123,78	32	0,03	123,81	64,25	59,56
37	118,78	45	0,32	119,10	62,98	56,12
45	119,10	44	0,12	119,22	63,19	56,03
44	119,22	43	0,38	119,60	63,46	56,13
43	119,60	42	3,84	123,44	64,25	59,19
42	123,44	41	0,56	124,00	64,82	59,18
41	124,00	40	0,07	124,07	63,91	60,16
40	124,07	39	0,40	124,47	63,62	60,85
39	124,47	38	0,41	124,88	63,24	61,64
5	117,28	10	0,19	117,47	62,67	54,80
16	120,61	Б 16	0,59	121,20	61,16	60,04
34	124,06	Б 34	0,39	124,45	63,46	60,99
Максимальний транзит в башти 16 та 34 (варіант В3.2)						
9	104,16	8	0,89	105,05	62,41	42,64
9	104,16	14	0,02	104,18	61,37	42,81
8	105,05	7	1,54	106,59	63,27	43,32
7	106,59	6	1,18	107,77	64,54	43,23
6	107,77	5	1,21	108,98	63,67	45,31
5	108,98	4	1,63	110,61	63,55	47,06
4	110,61	3	1,01	111,62	64,30	47,32
3	111,62	2	0,86	112,48	63,80	48,68
2	112,48	1	1,99	114,47	64,52	49,95
14	104,18	13	1,23	105,41	61,32	44,08
13	105,41	12	1,62	107,03	61,33	45,69
12	107,03	11	1,86	108,89	61,73	47,16
14	104,18	21	0,90	105,08	61,00	44,08
21	105,08	20	1,17	106,25	61,10	45,15
20	106,25	19	0,63	106,88	61,04	45,84
19	106,88	18	0,57	107,45	61,06	46,39
18	107,45	17	0,28	107,73	61,14	46,59

Продовження табл.Ж.3

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальний транзит в башти 16 та 34 (варіант В3.2)						
17	107,73	16	0,08	107,81	61,33	46,47
16	107,81	15	3,12	110,93	62,71	48,22
20	106,25	25	1,93	108,18	61,46	46,72
25	108,18	24	0,72	108,90	61,52	47,38
24	108,90	23	1,33	110,23	61,71	48,52
23	110,23	22	1,85	112,08	62,80	49,28
25	108,18	31	0,32	108,50	61,85	46,65
31	108,50	30	0,32	108,82	61,87	46,95
30	108,82	29	0,87	109,69	62,00	47,69
29	109,69	28	1,48	111,17	62,38	48,78
28	111,17	27	0,89	112,06	62,75	49,31
27	112,06	26	0,87	112,93	63,67	49,26
31	108,50	37	0,01	108,51	62,47	46,04
37	108,51	36	0,03	108,54	62,53	46,01
36	108,54	35	0,03	108,51	63,03	45,48
35	108,51	34	0,13	108,38	63,30	45,08
34	108,38	33	3,72	112,10	63,80	48,30
33	112,10	32	0,42	112,52	64,25	48,27
37	108,51	45	0,09	108,60	62,98	45,62
45	108,60	44	0,04	108,64	63,19	45,45
44	108,64	43	0,12	108,76	63,46	45,29
43	108,76	42	1,46	110,22	64,25	45,97
42	110,22	41	2,30	112,52	64,82	47,70
41	112,52	40	0,16	112,68	63,91	48,77
40	112,68	39	0,83	113,51	63,62	49,89
39	113,51	38	0,62	114,13	63,24	50,89
5	108,98	10	0,08	108,90	62,67	46,23
16	107,81	Б 16	0,73	107,08	61,16	45,92
34	108,38	Б 34	0,49	107,89	63,46	44,43

ДОДАТОК К

Початкові потокорозподіли для мережі з моделюванням аварійних ділянок

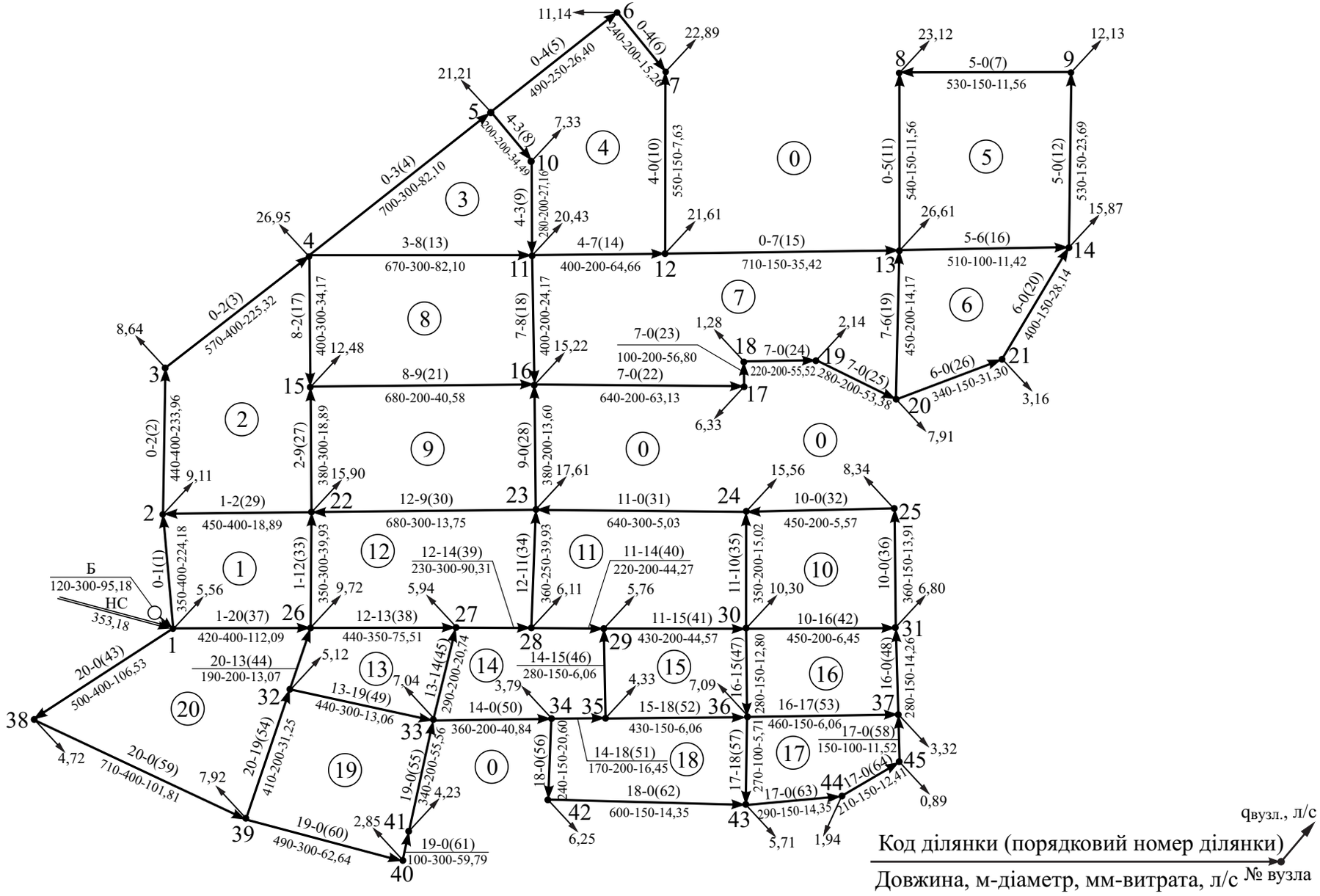


Рисунок К.1 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В1.3

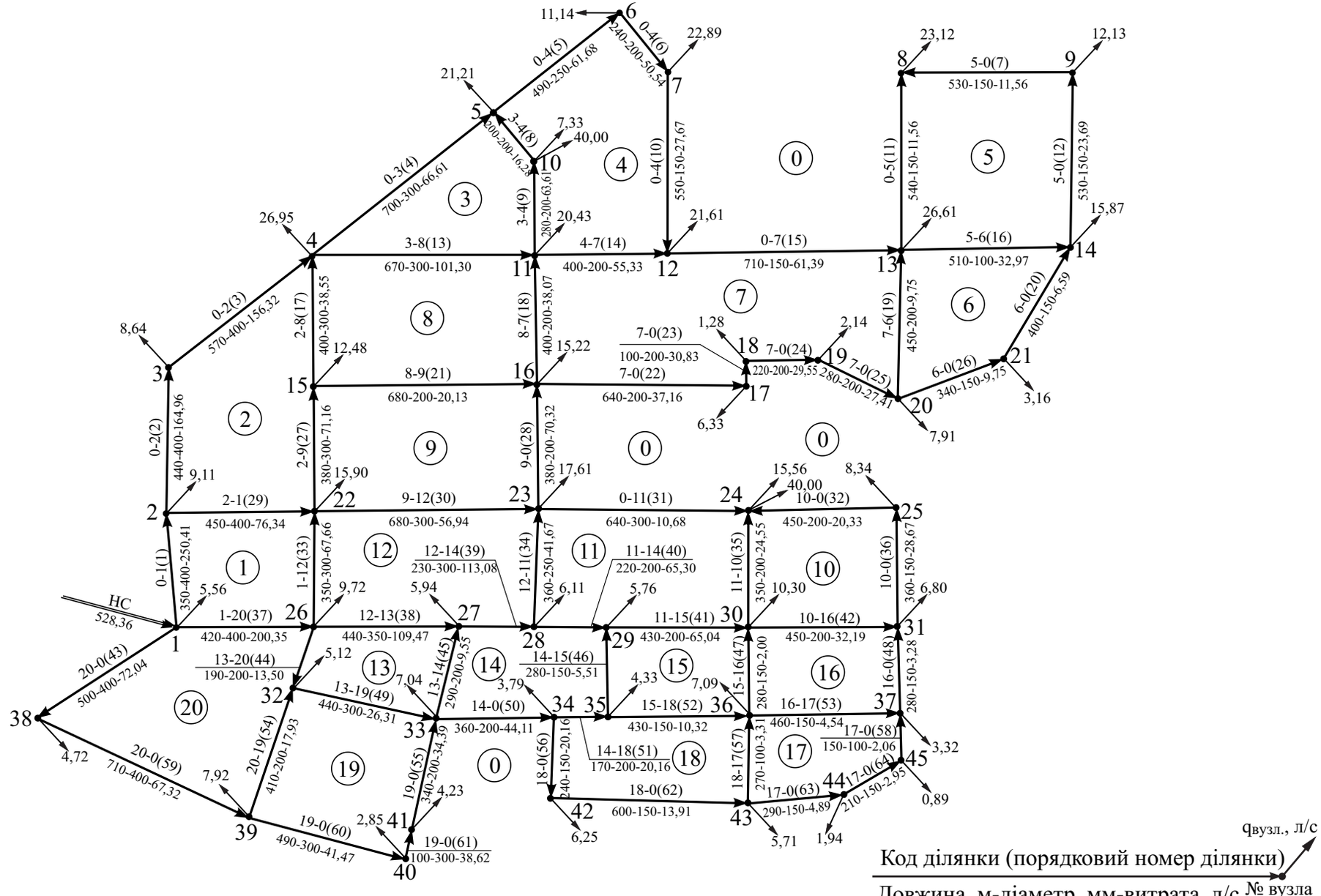


Рисунок К.2 - Початковий потокорозподіл при пожежогасінні для варіанта В1.4

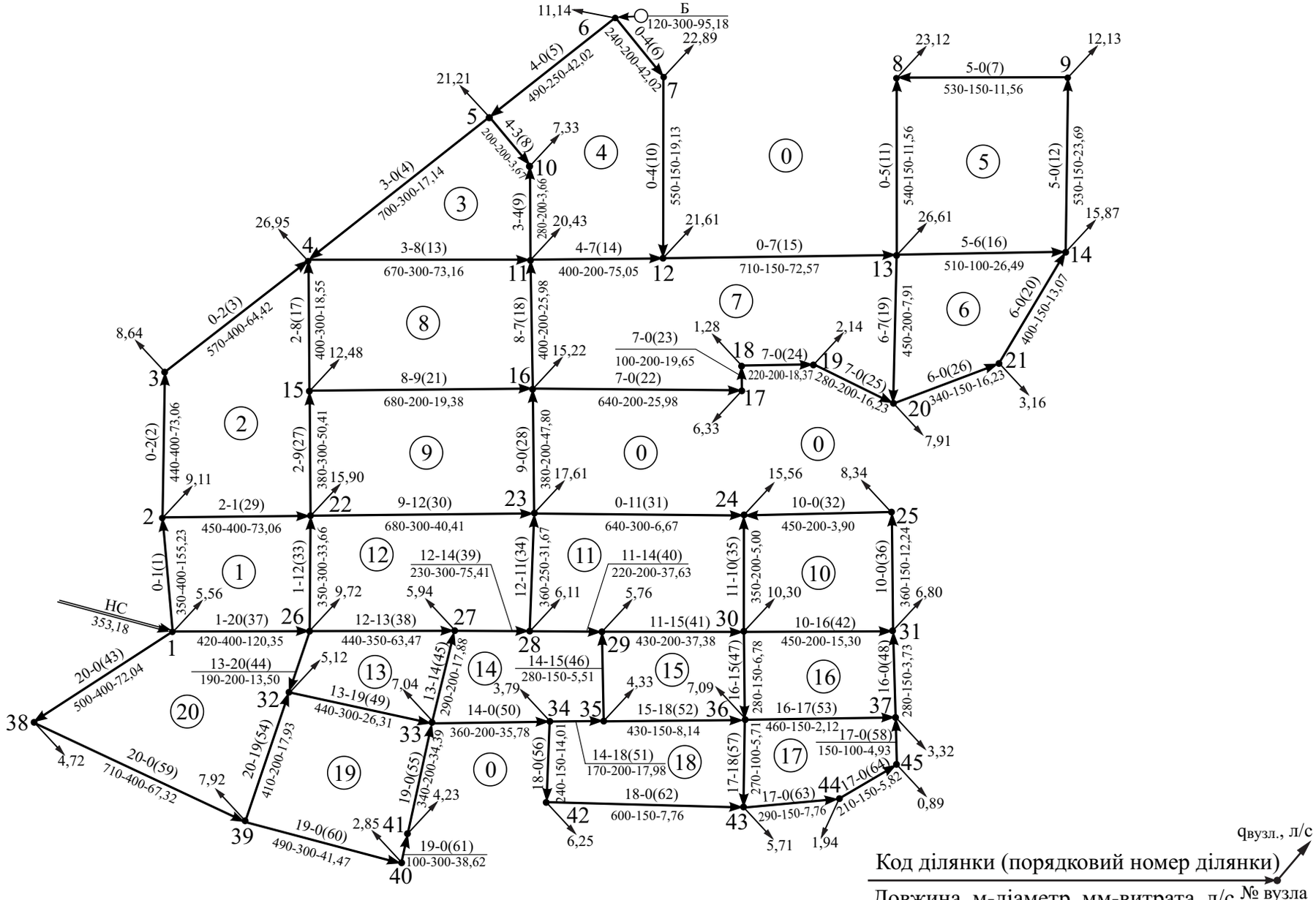


Рисунок К.3 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В2.3

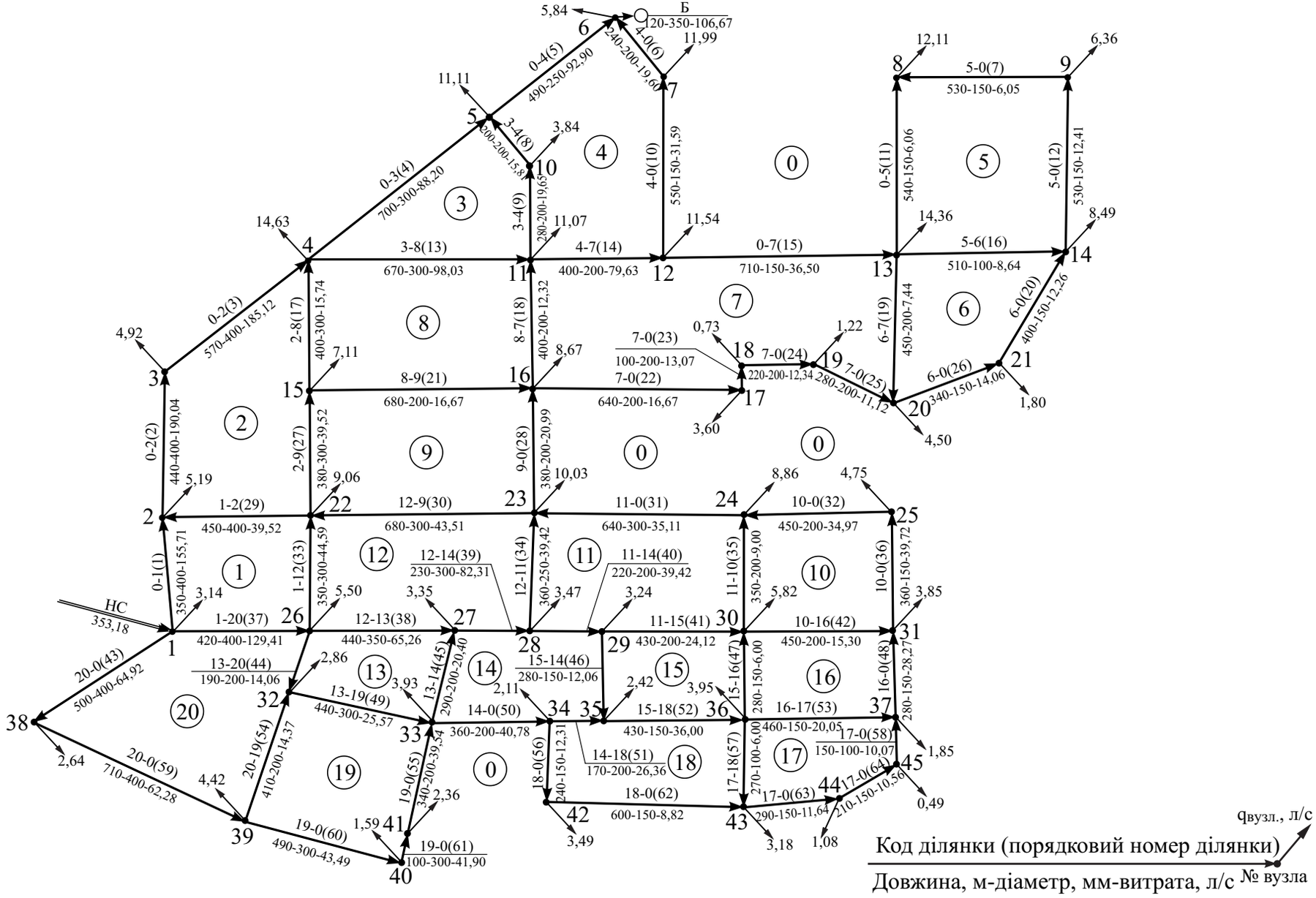


Рисунок К.4 - Початковий потокорозподіл при максимальному транзиті в башту для варіанта В2.4

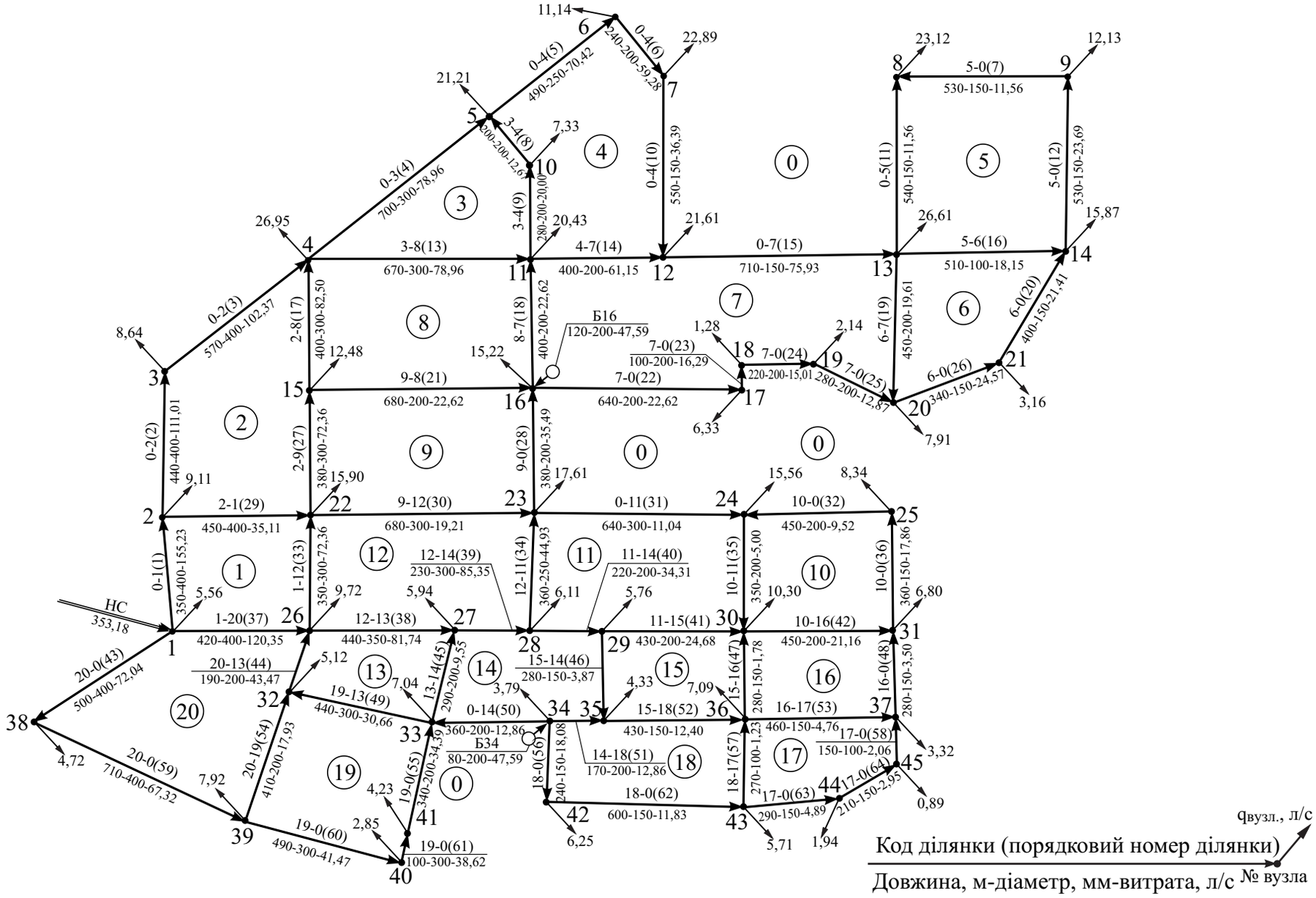


Рисунок К.5 - Початковий потокорозподіл при максимальному водоспоживанні для варіанта В3.3

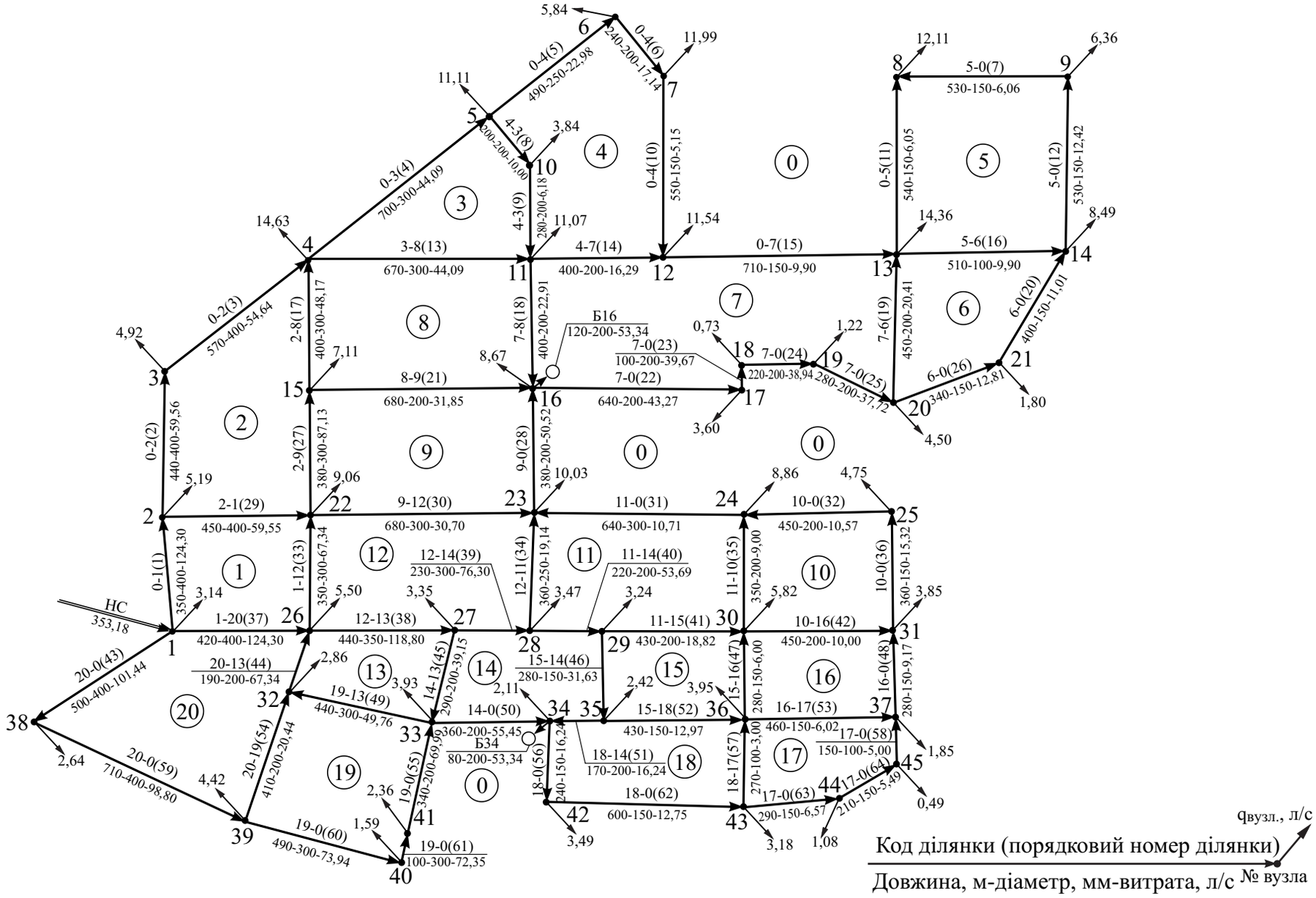


Рисунок К.6 - Початковий потокорозподіл при максимальному транзиті в башти для варіанта В3.4

Таблиця Л1 - Результати розрахунку мережі при моделюванні
аварійних ділянок для варіанта В1.3
e= .01000 nk= 20 ny= 64
вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	224.18	400.00	c	2	440.00	233.96	400.00	c	3	570.00	225.32	400.00	c
4	700.00	82.10	300.00	c	5	490.00	26.40	250.00	c	6	240.00	15.26	200.00	c
7	530.00	11.56	150.00	c	8	200.00	34.49	200.00	c	9	280.00	27.16	200.00	c
10	550.00	7.63	150.00	c	11	540.00	11.56	150.00	c	12	530.00	23.69	150.00	c
13	670.00	82.10	300.00	c	14	400.00	64.66	200.00	c	15	710.00	35.42	150.00	c
16	510.00	11.42	100.00	c	17	400.00	34.17	300.00	c	18	400.00	24.17	200.00	c
19	450.00	14.17	200.00	c	20	400.00	28.14	150.00	c	21	680.00	40.58	200.00	c
22	640.00	63.13	200.00	c	23	100.00	56.80	200.00	c	24	220.00	55.52	200.00	c
25	280.00	53.38	200.00	c	26	340.00	31.30	150.00	c	27	380.00	18.89	300.00	c
28	380.00	13.60	200.00	c	29	450.00	18.89	400.00	c	30	680.00	13.75	300.00	c
31	640.00	5.03	300.00	c	32	450.00	5.57	200.00	c	33	350.00	39.93	300.00	c
34	360.00	39.93	250.00	c	35	350.00	15.02	200.00	c	36	360.00	13.91	150.00	c
37	420.00	112.09	400.00	c	38	440.00	75.51	350.00	c	39	230.00	90.31	300.00	c
40	220.00	44.27	200.00	c	41	430.00	44.57	200.00	c	42	450.00	6.45	200.00	c
43	500.00	106.53	400.00	c	44	190.00	13.07	200.00	c	45	290.00	20.74	200.00	c
46	280.00	6.06	150.00	c	47	280.00	12.80	150.00	c	48	280.00	14.26	150.00	c
49	440.00	13.06	300.00	c	50	360.00	40.84	200.00	c	51	170.00	16.45	200.00	c
52	430.00	6.06	150.00	c	53	460.00	6.06	150.00	c	54	410.00	31.25	200.00	c
55	340.00	55.56	200.00	c	56	240.00	20.60	150.00	c	57	270.00	5.71	100.00	c
58	150.00	11.52	100.00	c	59	710.00	101.81	400.00	c	60	490.00	62.64	300.00	c
61	100.00	59.79	300.00	c	62	600.00	14.35	150.00	c	63	290.00	14.35	150.00	c
64	210.00	12.41	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	222.35	1.77	3.86
2	0- 2	400.00	440.00	140.01	1.11	1.95
3	0- 2	400.00	570.00	131.37	1.05	2.24
4	0- 3	300.00	700.00	72.19	1.02	3.83
5	0- 4	250.00	490.00	44.16	.90	2.69
6	0- 4	200.00	240.00	33.02	1.05	2.35
7	5- 0	150.00	530.00	-1.36	.08	.07
8	4- 3	200.00	200.00	6.82	.22	.11
9	4- 3	200.00	280.00	-.51	.02	.00
10	4- 0	150.00	550.00	-10.13	.57	2.56
11	0- 5	150.00	540.00	24.48	1.39	13.06
12	5- 0	150.00	530.00	10.77	.61	2.76
13	3- 8	300.00	670.00	75.05	1.06	3.95
14	4- 7	200.00	400.00	46.15	1.47	7.49
15	0- 7	150.00	710.00	34.66	1.96	34.44
16	5- 6	100.00	510.00	7.53	.96	10.37
17	8- 2	300.00	400.00	-42.82	.61	.84
18	7- 8	200.00	400.00	7.97	.25	.30
19	7- 6	200.00	450.00	23.96	.76	2.43
20	6- 0	150.00	400.00	19.11	1.08	6.00
21	8- 9	200.00	680.00	28.56	.91	5.08
22	7- 0	200.00	640.00	63.89	2.03	22.95
23	7- 0	200.00	100.00	57.56	1.83	2.91
24	7- 0	200.00	220.00	56.28	1.79	6.12
25	7- 0	200.00	280.00	54.14	1.72	7.21
26	6- 0	150.00	340.00	22.27	1.26	6.80
27	2- 9	300.00	380.00	83.86	1.19	2.75
28	9- 0	200.00	380.00	42.58	1.36	6.05
29	1- 2	400.00	450.00	-73.23	.58	.60
30	12- 9	300.00	680.00	-48.44	.69	1.78
31	11- 0	300.00	640.00	-28.98	.41	.66
32	10- 0	200.00	450.00	-9.04	.29	.42
33	1-12	300.00	350.00	74.97	1.06	2.06
34	12-11	250.00	360.00	40.73	.83	1.70
35	11-10	200.00	350.00	-4.38	.14	.09
36	10- 0	150.00	360.00	-.70	.04	.02
37	1-20	400.00	420.00	160.30	1.28	2.41
38	12-13	350.00	440.00	65.56	.68	.93

:	39	: 12-14 :	300.00 :	230.00 :	70.55 :	1.00 :	1.21 :
:	40	: 11-14 :	200.00 :	220.00 :	23.71 :	.75 :	1.17 :
:	41	: 11-15 :	200.00 :	430.00 :	17.37 :	.55 :	1.29 :
:	42	: 10-16 :	200.00 :	450.00 :	8.10 :	.26 :	.34 :
:	43	: 20- 0 :	400.00 :	500.00 :	60.15 :	.48 :	.47 :
:	44	: 20-13 :	200.00 :	190.00 :	-10.05 :	.32 :	.21 :
:	45	: 13-14 :	200.00 :	290.00 :	10.93 :	.35 :	.38 :
:	46	: 14-15 :	150.00 :	280.00 :	-.58 :	.03 :	.01 :
:	47	: 16-15 :	150.00 :	280.00 :	3.35 :	.19 :	.18 :
:	48	: 16- 0 :	150.00 :	280.00 :	-2.00 :	.11 :	.07 :
:	49	: 13-19 :	300.00 :	440.00 :	24.84 :	.35 :	.34 :
:	50	: 14- 0 :	200.00 :	360.00 :	27.39 :	.87 :	2.49 :
:	51	: 14-18 :	200.00 :	170.00 :	12.28 :	.39 :	.27 :
:	52	: 15-18 :	150.00 :	430.00 :	8.54 :	.48 :	1.47 :
:	53	: 16-17 :	150.00 :	460.00 :	2.97 :	.17 :	.24 :
:	54	: 20-19 :	200.00 :	410.00 :	19.91 :	.63 :	1.58 :
:	55	: 19- 0 :	200.00 :	340.00 :	20.52 :	.65 :	1.38 :
:	56	: 18- 0 :	150.00 :	240.00 :	11.31 :	.64 :	1.37 :
:	57	: 17-18 :	100.00 :	270.00 :	1.82 :	.23 :	.42 :
:	58	: 17- 0 :	100.00 :	150.00 :	-1.65 :	.21 :	.20 :
:	59	: 20- 0 :	400.00 :	710.00 :	55.43 :	.44 :	.58 :
:	60	: 19- 0 :	300.00 :	490.00 :	27.60 :	.39 :	.46 :
:	61	: 19- 0 :	300.00 :	100.00 :	24.75 :	.35 :	.08 :
:	62	: 18- 0 :	150.00 :	600.00 :	5.06 :	.29 :	.80 :
:	63	: 17- 0 :	150.00 :	290.00 :	1.18 :	.07 :	.03 :
:	64	: 17- 0 :	150.00 :	210.00 :	-.76 :	.04 :	.01 :

Таблиця Л2 - Результати розрахунку мережі при моделюванні аварійних ділянок для варіанта В1.4

e= .01000 nk= 20 ny= 64

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	250.41	400.00	c	2	440.00	164.96	400.00	c	3	570.00	156.32	400.00	c
4	700.00	66.61	300.00	c	5	490.00	61.68	250.00	c	6	240.00	50.54	200.00	c
7	530.00	11.56	150.00	c	8	200.00	16.28	200.00	c	9	280.00	63.61	200.00	c
10	550.00	27.67	150.00	c	11	540.00	11.56	150.00	c	12	530.00	23.69	150.00	c
13	670.00	101.30	300.00	c	14	400.00	55.33	200.00	c	15	710.00	61.39	150.00	c
16	510.00	32.97	100.00	c	17	400.00	38.55	300.00	c	18	400.00	38.07	200.00	c
19	450.00	9.75	200.00	c	20	400.00	6.59	150.00	c	21	680.00	20.13	200.00	c
22	640.00	37.16	200.00	c	23	100.00	30.83	200.00	c	24	220.00	29.55	200.00	c
25	280.00	27.41	200.00	c	26	340.00	9.75	150.00	c	27	380.00	71.16	300.00	c
28	380.00	70.32	200.00	c	29	450.00	76.34	400.00	c	30	680.00	56.94	300.00	c
31	640.00	10.68	300.00	c	32	450.00	20.33	200.00	c	33	350.00	67.66	300.00	c
34	360.00	41.67	250.00	c	35	350.00	24.55	200.00	c	36	360.00	28.67	150.00	c
37	420.00	200.35	400.00	c	38	440.00	109.47	350.00	c	39	230.00	113.08	300.00	c
40	220.00	65.30	200.00	c	41	430.00	65.04	200.00	c	42	450.00	32.19	200.00	c
43	500.00	72.04	400.00	c	44	190.00	13.50	200.00	c	45	290.00	9.55	200.00	c
46	280.00	5.51	150.00	c	47	280.00	2.00	150.00	c	48	280.00	3.28	150.00	c
49	440.00	26.31	300.00	c	50	360.00	44.11	200.00	c	51	170.00	20.16	200.00	c
52	430.00	10.32	150.00	c	53	460.00	4.54	150.00	c	54	410.00	17.93	200.00	c
55	340.00	34.39	200.00	c	56	240.00	20.16	150.00	c	57	270.00	3.31	100.00	c
58	150.00	2.06	100.00	c	59	710.00	67.32	400.00	c	60	490.00	41.47	300.00	c
61	100.00	38.62	300.00	c	62	600.00	13.91	150.00	c	63	290.00	4.89	150.00	c
64	210.00	2.95	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	262.26	2.09	5.37
2	0- 2	400.00	440.00	163.47	1.30	2.62
3	0- 2	400.00	570.00	154.83	1.23	3.05
4	0- 3	300.00	700.00	89.52	1.27	5.75
5	0- 4	250.00	490.00	43.75	.89	2.64
6	0- 4	200.00	240.00	32.61	1.04	2.30
7	5- 0	150.00	530.00	-1.35	.08	.07
8	3- 4	200.00	200.00	-24.55	.78	1.13
9	3- 4	200.00	280.00	22.78	.73	1.38
10	0- 4	150.00	550.00	9.74	.55	2.39
11	0- 5	150.00	540.00	24.47	1.38	13.06
12	5- 0	150.00	530.00	10.78	.61	2.76
13	3- 8	300.00	670.00	89.51	1.27	5.50
14	4- 7	200.00	400.00	46.42	1.48	7.57
15	0- 7	150.00	710.00	34.55	1.96	24.22
16	5- 6	100.00	510.00	7.53	.96	10.36
17	2- 8	300.00	400.00	51.16	.72	1.16
18	8- 7	200.00	400.00	.11	.00	.00
19	7- 6	200.00	450.00	24.06	.77	2.45
20	6- 0	150.00	400.00	19.12	1.08	6.00
21	8- 9	200.00	680.00	33.04	1.05	6.66
22	7- 0	200.00	640.00	64.00	2.04	13.03
23	7- 0	200.00	100.00	57.67	1.84	2.92
24	7- 0	200.00	220.00	56.39	1.79	6.15
25	7- 0	200.00	280.00	54.25	1.73	7.24
26	6- 0	150.00	340.00	22.28	1.26	6.81
27	2- 9	300.00	380.00	96.67	1.37	3.64
28	9- 0	200.00	380.00	46.29	1.47	7.16
29	2- 1	400.00	450.00	89.68	.71	.87
30	9-12	300.00	680.00	65.98	.93	3.15
31	0-11	300.00	640.00	54.60	.77	2.09
32	10- 0	200.00	450.00	-6.38	.20	.23
33	1-12	300.00	350.00	88.88	1.26	2.83
34	12-11	250.00	360.00	52.52	1.07	2.73
35	11-10	200.00	350.00	7.35	.23	.23
36	10- 0	150.00	360.00	1.96	.11	.09
37	1-20	400.00	420.00	190.85	1.52	3.41
38	12-13	350.00	440.00	80.98	.84	1.38

:	39	: 12-14 :	300.00 :	230.00 :	89.42 :	1.27 :	1.88 :
:	40	: 11-14 :	200.00 :	220.00 :	30.79 :	.98 :	1.89 :
:	41	: 11-15 :	200.00 :	430.00 :	26.02 :	.83 :	2.71 :
:	42	: 10-16 :	200.00 :	450.00 :	8.34 :	.27 :	.36 :
:	43	: 20- 0 :	400.00 :	500.00 :	69.69 :	.55 :	.61 :
:	44	: 13-20 :	200.00 :	190.00 :	11.27 :	.36 :	.26 :
:	45	: 13-14 :	200.00 :	290.00 :	14.38 :	.46 :	.62 :
:	46	: 14-15 :	150.00 :	280.00 :	1.00 :	.06 :	.02 :
:	47	: 15-16 :	150.00 :	280.00 :	-.03 :	.00 :	.00 :
:	48	: 16- 0 :	150.00 :	280.00 :	.42 :	.02 :	.01 :
:	49	: 13-19 :	300.00 :	440.00 :	30.59 :	.43 :	.50 :
:	50	: 14- 0 :	200.00 :	360.00 :	34.70 :	1.10 :	3.87 :
:	51	: 14-18 :	200.00 :	170.00 :	17.34 :	.55 :	.51 :
:	52	: 15-18 :	150.00 :	430.00 :	12.01 :	.68 :	2.73 :
:	53	: 16-17 :	150.00 :	460.00 :	3.73 :	.21 :	.36 :
:	54	: 20-19 :	200.00 :	410.00 :	24.43 :	.78 :	2.30 :
:	55	: 19- 0 :	200.00 :	340.00 :	25.53 :	.81 :	2.07 :
:	56	: 18- 0 :	150.00 :	240.00 :	13.57 :	.77 :	1.91 :
:	57	: 18-17 :	100.00 :	270.00 :	-1.23 :	.16 :	.21 :
:	58	: 17- 0 :	100.00 :	150.00 :	.01 :	.00 :	.00 :
:	59	: 20- 0 :	400.00 :	710.00 :	64.97 :	.52 :	.77 :
:	60	: 19- 0 :	300.00 :	490.00 :	32.61 :	.46 :	.63 :
:	61	: 19- 0 :	300.00 :	100.00 :	29.76 :	.42 :	.11 :
:	62	: 18- 0 :	150.00 :	600.00 :	7.32 :	.41 :	1.55 :
:	63	: 17- 0 :	150.00 :	290.00 :	2.84 :	.16 :	.14 :
:	64	: 17- 0 :	150.00 :	210.00 :	.90 :	.05 :	.01 :

Таблиця Л3 - Результати розрахунку мережі при моделюванні
аварійних ділянок для варіанта В2.3
e= .01000 nk= 20 ny= 64

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.23	400.00	c	2	440.00	73.06	400.00	c	3	570.00	64.42	400.00	c
4	700.00	17.14	300.00	c	5	490.00	42.02	250.00	c	6	240.00	42.02	200.00	c
7	530.00	11.56	150.00	c	8	200.00	3.67	200.00	c	9	280.00	3.66	200.00	c
10	550.00	19.13	150.00	c	11	540.00	11.56	150.00	c	12	530.00	23.69	150.00	c
13	670.00	73.16	300.00	c	14	400.00	75.05	200.00	c	15	710.00	72.57	150.00	c
16	510.00	26.49	100.00	c	17	400.00	18.55	300.00	c	18	400.00	25.98	200.00	c
19	450.00	7.91	200.00	c	20	400.00	13.07	150.00	c	21	680.00	19.38	200.00	c
22	640.00	25.98	200.00	c	23	100.00	19.65	200.00	c	24	220.00	18.37	200.00	c
25	280.00	16.23	200.00	c	26	340.00	16.23	150.00	c	27	380.00	50.41	300.00	c
28	380.00	47.80	200.00	c	29	450.00	73.06	400.00	c	30	680.00	40.41	300.00	c
31	640.00	6.67	300.00	c	32	450.00	3.90	200.00	c	33	350.00	33.66	300.00	c
34	360.00	31.67	250.00	c	35	350.00	5.00	200.00	c	36	360.00	12.24	150.00	c
37	420.00	120.35	400.00	c	38	440.00	63.47	350.00	c	39	230.00	75.41	300.00	c
40	220.00	37.63	200.00	c	41	430.00	37.38	200.00	c	42	450.00	15.30	200.00	c
43	500.00	72.04	400.00	c	44	190.00	13.50	200.00	c	45	290.00	17.88	200.00	c
46	280.00	5.51	150.00	c	47	280.00	6.78	150.00	c	48	280.00	3.73	150.00	c
49	440.00	26.31	300.00	c	50	360.00	35.78	200.00	c	51	170.00	17.98	200.00	c
52	430.00	8.14	150.00	c	53	460.00	2.12	150.00	c	54	410.00	17.93	200.00	c
55	340.00	34.39	200.00	c	56	240.00	14.01	150.00	c	57	270.00	5.71	100.00	c
58	150.00	4.93	100.00	c	59	710.00	67.32	400.00	c	60	490.00	41.47	300.00	c
61	100.00	38.62	300.00	c	62	600.00	7.76	150.00	c	63	290.00	7.76	150.00	c
64	210.00	5.82	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	164.64	1.31	2.12
2	0- 2	400.00	440.00	89.97	.72	.86
3	0- 2	400.00	570.00	81.33	.65	.93
4	3- 0	300.00	700.00	-9.09	.13	.09
5	4- 0	250.00	490.00	40.36	.82	2.28
6	0- 4	200.00	240.00	43.68	1.39	4.02
7	5- 0	150.00	530.00	-1.89	.11	.13
8	4- 3	200.00	200.00	28.24	.90	1.46
9	3- 4	200.00	280.00	-20.91	.67	1.18
10	0- 4	150.00	550.00	20.79	1.18	9.66
11	0- 5	150.00	540.00	25.01	1.42	13.64
12	5- 0	150.00	530.00	10.24	.58	2.52
13	3- 8	300.00	670.00	61.64	.87	2.74
14	4- 7	200.00	400.00	49.93	1.59	8.76
15	0- 7	150.00	710.00	49.11	1.56	15.04
16	5- 6	100.00	510.00	7.87	1.00	11.25
17	2- 8	300.00	400.00	16.34	.23	.15
18	8- 7	200.00	400.00	-12.19	.39	.63
19	6- 7	200.00	450.00	-10.39	.33	.54
20	6- 0	150.00	400.00	18.24	1.03	5.50
21	8- 9	200.00	680.00	23.41	.75	3.52
22	7- 0	200.00	640.00	49.44	1.57	13.75
23	7- 0	200.00	100.00	43.11	1.37	1.63
24	7- 0	200.00	220.00	41.83	1.33	3.38
25	7- 0	200.00	280.00	39.69	1.26	3.88
26	6- 0	150.00	340.00	21.40	1.21	6.28
27	2- 9	300.00	380.00	52.23	.74	1.14
28	9- 0	200.00	380.00	29.06	.93	2.93
29	2- 1	400.00	450.00	65.56	.52	.49
30	9-12	300.00	680.00	47.77	.68	1.74
31	0-11	300.00	640.00	32.57	.46	.82
32	10- 0	200.00	450.00	-9.85	.31	.49
33	1-12	300.00	350.00	50.34	.71	.98
34	12-11	250.00	360.00	31.48	.64	1.06
35	11-10	200.00	350.00	-7.15	.23	.21
36	10- 0	150.00	360.00	-1.51	.09	.06
37	1-20	400.00	420.00	130.22	1.04	1.63
38	12-13	350.00	440.00	58.65	.61	.76

39	12-14	300.00	230.00	60.37	.85	.90
40	11-14	200.00	220.00	22.78	.73	1.08
41	11-15	200.00	430.00	15.18	.48	1.01
42	10-16	200.00	450.00	7.94	.25	.33
43	20- 0	400.00	500.00	52.76	.42	.37
44	13-20	200.00	190.00	11.52	.37	.27
45	13-14	200.00	290.00	7.66	.24	.20
46	14-15	150.00	280.00	-1.84	.10	.06
47	16-15	150.00	280.00	4.09	.23	.26
48	16- 0	150.00	280.00	-2.66	.15	.12
49	13-19	300.00	440.00	22.61	.32	.29
50	14- 0	200.00	360.00	24.73	.79	2.06
51	14-18	200.00	170.00	10.16	.32	.19
52	15-18	150.00	430.00	7.67	.43	1.21
53	16-17	150.00	460.00	2.68	.15	.20
54	20-19	200.00	410.00	16.21	.52	1.09
55	19- 0	200.00	340.00	16.82	.54	.96
56	18- 0	150.00	240.00	10.78	.61	1.25
57	17-18	100.00	270.00	1.99	.25	.49
58	17- 0	100.00	150.00	-2.02	.26	.28
59	20- 0	400.00	710.00	48.04	.38	.44
60	19- 0	300.00	490.00	23.90	.34	.36
61	19- 0	300.00	100.00	21.05	.30	.06
62	18- 0	150.00	600.00	4.53	.26	.66
63	17- 0	150.00	290.00	.81	.05	.02
64	17- 0	150.00	210.00	-1.13	.06	.02

Таблиця Л4 - Результати розрахунку мережі при моделюванні
аварійних ділянок для варіанта В2.4
e= .01000 nk= 20 ny= 64
вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.71	400.00	c	2	440.00	190.04	400.00	c	3	570.00	185.12	400.00	c
4	700.00	88.20	300.00	c	5	490.00	92.90	250.00	c	6	240.00	19.60	200.00	c
7	530.00	6.05	150.00	c	8	200.00	15.81	200.00	c	9	280.00	19.65	200.00	c
10	550.00	31.59	150.00	c	11	540.00	6.06	150.00	c	12	530.00	12.41	150.00	c
13	670.00	98.03	300.00	c	14	400.00	79.63	200.00	c	15	710.00	36.50	150.00	c
16	510.00	8.64	100.00	c	17	400.00	15.74	300.00	c	18	400.00	12.32	200.00	c
19	450.00	7.44	200.00	c	20	400.00	12.26	150.00	c	21	680.00	16.67	200.00	c
22	640.00	16.67	200.00	c	23	100.00	13.07	200.00	c	24	220.00	12.34	200.00	c
25	280.00	11.12	200.00	c	26	340.00	14.06	150.00	c	27	380.00	39.52	300.00	c
28	380.00	20.99	200.00	c	29	450.00	39.52	400.00	c	30	680.00	43.51	300.00	c
31	640.00	35.11	300.00	c	32	450.00	34.97	200.00	c	33	350.00	44.59	300.00	c
34	360.00	39.42	250.00	c	35	350.00	9.00	200.00	c	36	360.00	39.72	150.00	c
37	420.00	129.41	400.00	c	38	440.00	65.26	350.00	c	39	230.00	82.31	300.00	c
40	220.00	39.42	200.00	c	41	430.00	24.12	200.00	c	42	450.00	15.30	200.00	c
43	500.00	64.92	400.00	c	44	190.00	14.06	200.00	c	45	290.00	20.40	200.00	c
46	280.00	12.06	150.00	c	47	280.00	6.00	150.00	c	48	280.00	28.27	150.00	c
49	440.00	25.57	300.00	c	50	360.00	40.78	200.00	c	51	170.00	26.36	200.00	c
52	430.00	36.00	150.00	c	53	460.00	20.05	150.00	c	54	410.00	14.37	200.00	c
55	340.00	39.54	200.00	c	56	240.00	12.31	150.00	c	57	270.00	6.00	100.00	c
58	150.00	10.07	100.00	c	59	710.00	62.28	400.00	c	60	490.00	43.49	300.00	c
61	100.00	41.90	300.00	c	62	600.00	8.82	150.00	c	63	290.00	11.64	150.00	c
64	210.00	10.56	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	187.37	1.49	2.74
2	0- 2	400.00	440.00	131.84	1.05	1.74
3	0- 2	400.00	570.00	126.92	1.01	2.10
4	0- 3	300.00	700.00	92.60	1.31	6.15
5	0- 4	250.00	490.00	104.18	2.12	14.32
6	4- 0	200.00	240.00	8.32	.26	.19
7	5- 0	150.00	530.00	-.66	.04	.02
8	3- 4	200.00	200.00	22.69	.72	.98
9	3- 4	200.00	280.00	26.53	.84	1.83
10	4- 0	150.00	550.00	20.31	1.15	9.25
11	0- 5	150.00	540.00	12.77	.72	3.84
12	5- 0	150.00	530.00	5.70	.32	.88
13	3- 8	300.00	670.00	68.69	.97	3.35
14	4- 7	200.00	400.00	46.77	1.49	7.69
15	0- 7	150.00	710.00	14.92	.84	6.73
16	5- 6	100.00	510.00	3.82	.49	2.99
17	2- 8	300.00	400.00	48.99	.69	1.07
18	8- 7	200.00	400.00	15.69	.50	1.00
19	6- 7	200.00	450.00	-16.03	.51	1.17
20	6- 0	150.00	400.00	10.37	.59	1.94
21	8- 9	200.00	680.00	23.04	.73	3.42
22	7- 0	200.00	640.00	38.25	1.22	8.23
23	7- 0	200.00	100.00	34.65	1.10	1.07
24	7- 0	200.00	220.00	33.92	1.08	2.26
25	7- 0	200.00	280.00	32.70	1.04	2.69
26	6- 0	150.00	340.00	12.17	.69	2.21
27	2- 9	300.00	380.00	79.14	1.12	2.47
28	9- 0	200.00	380.00	39.57	1.26	5.23
29	1- 2	400.00	450.00	-50.34	.40	.31
30	12- 9	300.00	680.00	-28.11	.40	.66
31	11- 0	300.00	640.00	-11.29	.16	.12
32	10- 0	200.00	450.00	-4.25	.14	.11
33	1-12	300.00	350.00	65.98	.93	1.62
34	12-11	250.00	360.00	32.77	.67	1.14
35	11-10	200.00	350.00	1.82	.06	.02
36	10- 0	150.00	360.00	.50	.03	.01
37	1-20	400.00	420.00	121.37	.97	1.43
38	12-13	350.00	440.00	45.54	.47	.48

:	39	: 12-14 :	300.00 :	230.00 :	51.23 :	.72 :	.67 :
:	40	: 11-14 :	200.00 :	220.00 :	14.99 :	.48 :	.51 :
:	41	: 11-15 :	200.00 :	430.00 :	12.81 :	.41 :	.74 :
:	42	: 10-16 :	200.00 :	450.00 :	4.52 :	.14 :	.12 :
:	43	: 20- 0 :	400.00 :	500.00 :	41.30 :	.33 :	.24 :
:	44	: 13-20 :	200.00 :	190.00 :	4.35 :	.14 :	.05 :
:	45	: 13-14 :	200.00 :	290.00 :	9.03 :	.29 :	.27 :
:	46	: 15-14 :	150.00 :	280.00 :	-1.06 :	.06 :	.02 :
:	47	: 15-16 :	150.00 :	280.00 :	-.65 :	.04 :	.01 :
:	48	: 16- 0 :	150.00 :	280.00 :	-.17 :	.01 :	.00 :
:	49	: 13-19 :	300.00 :	440.00 :	16.43 :	.23 :	.17 :
:	50	: 14- 0 :	200.00 :	360.00 :	18.81 :	.60 :	1.25 :
:	51	: 14-18 :	200.00 :	170.00 :	9.51 :	.30 :	.17 :
:	52	: 15-18 :	150.00 :	430.00 :	6.03 :	.34 :	.79 :
:	53	: 16-17 :	150.00 :	460.00 :	1.96 :	.11 :	.12 :
:	54	: 20-19 :	200.00 :	410.00 :	14.94 :	.48 :	.94 :
:	55	: 19- 0 :	200.00 :	340.00 :	15.35 :	.49 :	.82 :
:	56	: 18- 0 :	150.00 :	240.00 :	7.19 :	.41 :	.60 :
:	57	: 17-18 :	100.00 :	270.00 :	.77 :	.10 :	.09 :
:	58	: 17- 0 :	100.00 :	150.00 :	-.28 :	.04 :	.01 :
:	59	: 20- 0 :	400.00 :	710.00 :	38.66 :	.31 :	.30 :
:	60	: 19- 0 :	300.00 :	490.00 :	19.30 :	.27 :	.25 :
:	61	: 19- 0 :	300.00 :	100.00 :	17.71 :	.25 :	.04 :
:	62	: 18- 0 :	150.00 :	600.00 :	3.70 :	.21 :	.46 :
:	63	: 17- 0 :	150.00 :	290.00 :	1.29 :	.07 :	.04 :
:	64	: 17- 0 :	150.00 :	210.00 :	.21 :	.01 :	.00 :

Таблиця Л5 - Результати розрахунку мережі при моделюванні
аварійних ділянок для варіанта В3.3
e= .01000 nk= 20 ny= 64

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	155.23	400.00	c	2	440.00	111.01	400.00	c	3	570.00	102.37	400.00	c
4	700.00	78.96	300.00	c	5	490.00	70.42	250.00	c	6	240.00	59.28	200.00	c
7	530.00	11.56	150.00	c	8	200.00	12.67	200.00	c	9	280.00	20.00	200.00	c
10	550.00	36.39	150.00	c	11	540.00	11.56	150.00	c	12	530.00	23.69	150.00	c
13	670.00	78.96	300.00	c	14	400.00	61.15	200.00	c	15	710.00	75.93	150.00	c
16	510.00	18.15	100.00	c	17	400.00	82.50	300.00	c	18	400.00	22.62	200.00	c
19	450.00	19.61	200.00	c	20	400.00	21.41	150.00	c	21	680.00	22.62	200.00	c
22	640.00	22.62	200.00	c	23	100.00	16.29	200.00	c	24	220.00	15.01	200.00	c
25	280.00	12.87	200.00	c	26	340.00	24.57	150.00	c	27	380.00	72.36	300.00	c
28	380.00	35.49	200.00	c	29	450.00	35.11	400.00	c	30	680.00	19.21	300.00	c
31	640.00	11.04	300.00	c	32	450.00	9.52	200.00	c	33	350.00	72.36	300.00	c
34	360.00	44.93	250.00	c	35	350.00	5.00	200.00	c	36	360.00	17.86	150.00	c
37	420.00	120.35	400.00	c	38	440.00	81.74	350.00	c	39	230.00	85.35	300.00	c
40	220.00	34.31	200.00	c	41	430.00	24.68	200.00	c	42	450.00	21.16	200.00	c
43	500.00	72.04	400.00	c	44	190.00	43.47	200.00	c	45	290.00	9.55	200.00	c
46	280.00	3.87	150.00	c	47	280.00	1.78	150.00	c	48	280.00	3.50	150.00	c
49	440.00	30.66	300.00	c	50	360.00	12.86	200.00	c	51	170.00	12.86	200.00	c
52	430.00	12.40	150.00	c	53	460.00	4.76	150.00	c	54	410.00	17.93	200.00	c
55	340.00	34.39	200.00	c	56	240.00	18.08	150.00	c	57	270.00	1.23	100.00	c
58	150.00	2.06	100.00	c	59	710.00	67.32	400.00	c	60	490.00	41.47	300.00	c
61	100.00	38.62	300.00	c	62	600.00	11.83	150.00	c	63	290.00	4.89	150.00	c
64	210.00	2.95	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,л/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	184.38	1.47	2.65
2	0- 2	400.00	440.00	120.98	.96	1.49
3	0- 2	400.00	570.00	112.34	.89	1.68
4	0- 3	300.00	700.00	65.40	.93	3.19
5	0- 4	250.00	490.00	47.44	.97	3.07
6	0- 4	200.00	240.00	36.30	1.16	2.80
7	5- 0	150.00	530.00	-1.82	.10	.12
8	3- 4	200.00	200.00	3.25	.10	.03
9	3- 4	200.00	280.00	10.58	.34	.34
10	0- 4	150.00	550.00	13.41	.76	4.28
11	0- 5	150.00	540.00	24.94	1.41	13.56
12	5- 0	150.00	530.00	10.31	.58	2.55
13	3- 8	300.00	670.00	62.59	.89	2.82
14	4- 7	200.00	400.00	54.72	1.74	10.53
15	0- 7	150.00	710.00	46.52	1.48	13.50
16	5- 6	100.00	510.00	7.83	1.00	11.13
17	2- 8	300.00	400.00	42.59	.60	.83
18	8- 7	200.00	400.00	23.15	.74	2.03
19	6- 7	200.00	450.00	-12.86	.41	.78
20	6- 0	150.00	400.00	18.35	1.04	5.57
21	9- 8	200.00	680.00	-15.27	.49	1.62
22	7- 0	200.00	640.00	52.03	1.66	15.22
23	7- 0	200.00	100.00	45.70	1.45	1.84
24	7- 0	200.00	220.00	44.42	1.41	3.81
25	7- 0	200.00	280.00	42.28	1.35	4.40
26	6- 0	150.00	340.00	21.51	1.22	6.35
27	2- 9	300.00	380.00	70.35	1.00	1.98
28	9- 0	200.00	380.00	27.53	.88	2.65
29	2- 1	400.00	450.00	54.29	.43	.35
30	9-12	300.00	680.00	34.24	.48	.95
31	0-11	300.00	640.00	24.10	.34	.47
32	10- 0	200.00	450.00	-7.74	.25	.32
33	1-12	300.00	350.00	66.19	.94	1.63
34	12-11	250.00	360.00	35.00	.71	1.29
35	10-11	200.00	350.00	.80	.03	.00
36	10- 0	150.00	360.00	.60	.03	.01
37	1-20	400.00	420.00	118.96	.95	1.37
38	12-13	350.00	440.00	47.66	.50	.52

:	39	: 12-14 :	300.00 :	230.00 :	55.44 :	.78 :	.77 :
:	40	: 11-14 :	200.00 :	220.00 :	14.33 :	.46 :	.47 :
:	41	: 11-15 :	200.00 :	430.00 :	17.47 :	.56 :	1.30 :
:	42	: 10-16 :	200.00 :	450.00 :	7.51 :	.24 :	.30 :
:	43	: 20- 0 :	400.00 :	500.00 :	44.28 :	.35 :	.27 :
:	44	: 20-13 :	200.00 :	190.00 :	4.62 :	.15 :	.05 :
:	45	: 13-14 :	200.00 :	290.00 :	13.72 :	.44 :	.57 :
:	46	: 15-14 :	150.00 :	280.00 :	-8.90 :	.50 :	1.03 :
:	47	: 15-16 :	150.00 :	280.00 :	-.46 :	.03 :	.01 :
:	48	: 16- 0 :	150.00 :	280.00 :	-.11 :	.01 :	.00 :
:	49	: 19-13 :	300.00 :	440.00 :	-3.34 :	.05 :	.01 :
:	50	: 0-14 :	200.00 :	360.00 :	5.94 :	.19 :	.16 :
:	51	: 14-18 :	200.00 :	170.00 :	24.28 :	.77 :	.94 :
:	52	: 15-18 :	150.00 :	430.00 :	11.06 :	.63 :	2.35 :
:	53	: 16-17 :	150.00 :	460.00 :	3.35 :	.19 :	.30 :
:	54	: 20-19 :	200.00 :	410.00 :	13.07 :	.42 :	.74 :
:	55	: 19- 0 :	200.00 :	340.00 :	11.49 :	.37 :	.48 :
:	56	: 18- 0 :	150.00 :	240.00 :	13.58 :	.77 :	1.91 :
:	57	: 18-17 :	100.00 :	270.00 :	-1.07 :	.14 :	.17 :
:	58	: 17- 0 :	100.00 :	150.00 :	-.14 :	.02 :	.00 :
:	59	: 20- 0 :	400.00 :	710.00 :	39.56 :	.31 :	.31 :
:	60	: 19- 0 :	300.00 :	490.00 :	18.57 :	.26 :	.23 :
:	61	: 19- 0 :	300.00 :	100.00 :	15.72 :	.22 :	.03 :
:	62	: 18- 0 :	150.00 :	600.00 :	7.33 :	.41 :	1.56 :
:	63	: 17- 0 :	150.00 :	290.00 :	2.69 :	.15 :	.13 :
:	64	: 17- 0 :	150.00 :	210.00 :	.75 :	.04 :	.01 :

Таблиця Л6 - Результати розрахунку мережі при моделюванні
аварійних ділянок для варіанта В3.4
e= .01000 nk= 20 ny= 64
вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	350.00	124.30	400.00	c	2	440.00	59.56	400.00	c	3	570.00	54.64	400.00	c
4	700.00	44.09	300.00	c	5	490.00	22.98	250.00	c	6	240.00	17.14	200.00	c
7	530.00	6.06	150.00	c	8	200.00	10.00	200.00	c	9	280.00	6.18	200.00	c
10	550.00	5.15	150.00	c	11	540.00	6.05	150.00	c	12	530.00	12.42	150.00	c
13	670.00	44.09	300.00	c	14	400.00	16.29	200.00	c	15	710.00	9.90	150.00	c
16	510.00	9.90	100.00	c	17	400.00	48.17	300.00	c	18	400.00	22.91	200.00	c
19	450.00	20.41	200.00	c	20	400.00	11.01	150.00	c	21	680.00	31.85	200.00	c
22	640.00	43.27	200.00	c	23	100.00	39.67	200.00	c	24	220.00	38.94	200.00	c
25	280.00	37.72	200.00	c	26	340.00	12.81	150.00	c	27	380.00	87.13	300.00	c
28	380.00	50.52	200.00	c	29	450.00	59.55	400.00	c	30	680.00	30.70	300.00	c
31	640.00	10.71	300.00	c	32	450.00	10.57	200.00	c	33	350.00	67.34	300.00	c
34	360.00	19.14	250.00	c	35	350.00	9.00	200.00	c	36	360.00	15.32	150.00	c
37	420.00	124.30	400.00	c	38	440.00	118.80	350.00	c	39	230.00	76.30	300.00	c
40	220.00	53.69	200.00	c	41	430.00	18.82	200.00	c	42	450.00	10.00	200.00	c
43	500.00	101.44	400.00	c	44	190.00	67.34	200.00	c	45	290.00	39.15	200.00	c
46	280.00	31.63	150.00	c	47	280.00	6.00	150.00	c	48	280.00	9.17	150.00	c
49	440.00	49.76	300.00	c	50	360.00	55.45	200.00	c	51	170.00	16.24	200.00	c
52	430.00	12.97	150.00	c	53	460.00	6.02	150.00	c	54	410.00	20.44	200.00	c
55	340.00	69.99	200.00	c	56	240.00	16.24	150.00	c	57	270.00	3.00	100.00	c
58	150.00	5.00	100.00	c	59	710.00	98.80	400.00	c	60	490.00	73.94	300.00	c
61	100.00	72.35	300.00	c	62	600.00	12.75	150.00	c	63	290.00	6.57	150.00	c
64	210.00	5.49	150.00	c	65	.00	.00	.00		66	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 1	400.00	350.00	168.83	1.34	2.23
2	0- 2	400.00	440.00	98.83	.79	1.02
3	0- 2	400.00	570.00	93.91	.75	1.20
4	0- 3	300.00	700.00	47.21	.67	1.75
5	0- 4	250.00	490.00	24.34	.50	.90
6	0- 4	200.00	240.00	18.50	.59	.81
7	5- 0	150.00	530.00	-.94	.05	.04
8	4- 3	200.00	200.00	11.76	.37	.30
9	4- 3	200.00	280.00	7.94	.25	.21
10	0- 4	150.00	550.00	6.51	.37	1.15
11	0- 5	150.00	540.00	13.05	.74	4.00
12	5- 0	150.00	530.00	5.42	.31	.80
13	3- 8	300.00	670.00	55.49	.79	2.25
14	4- 7	200.00	400.00	25.13	.80	2.36
15	0- 7	150.00	710.00	20.09	1.14	11.70
16	5- 6	100.00	510.00	3.99	.51	3.23
17	2- 8	300.00	400.00	23.42	.33	.28
18	7- 8	200.00	400.00	27.24	.87	2.74
19	7- 6	200.00	450.00	11.31	.36	.62
20	6- 0	150.00	400.00	9.92	.56	1.79
21	8- 9	200.00	680.00	29.14	.93	5.28
22	7- 0	200.00	640.00	33.08	1.05	6.29
23	7- 0	200.00	100.00	29.48	.94	.79
24	7- 0	200.00	220.00	28.75	.92	1.66
25	7- 0	200.00	280.00	27.53	.88	1.95
26	6- 0	150.00	340.00	11.72	.66	2.07
27	2- 9	300.00	380.00	59.67	.84	1.46
28	9- 0	200.00	380.00	38.71	1.23	5.00
29	2- 1	400.00	450.00	64.82	.52	.48
30	9-12	300.00	680.00	47.76	.68	1.74
31	11- 0	300.00	640.00	-29.33	.41	.67
32	10- 0	200.00	450.00	-9.01	.29	.42
33	1-12	300.00	350.00	51.68	.73	1.03
34	12-11	250.00	360.00	30.31	.62	.99
35	11-10	200.00	350.00	-11.46	.36	.50
36	10- 0	150.00	360.00	-4.26	.24	.36
37	1-20	400.00	420.00	132.37	1.05	1.68
38	12-13	350.00	440.00	61.82	.64	.84

39	12-14	300.00	230.00	61.84	.87	.95
40	11-14	200.00	220.00	28.06	.89	1.59
41	11-15	200.00	430.00	11.06	.35	.57
42	10-16	200.00	450.00	7.15	.23	.28
43	20- 0	400.00	500.00	48.84	.39	.32
44	20-13	200.00	190.00	-13.37	.43	.36
45	14-13	200.00	290.00	-3.37	.11	.05
46	15-14	150.00	280.00	13.77	.78	2.29
47	15-16	150.00	280.00	-9.55	.54	1.17
48	16- 0	150.00	280.00	-7.55	.43	.77
49	19-13	300.00	440.00	-28.38	.40	.44
50	14- 0	200.00	360.00	41.04	1.31	5.33
51	18-14	200.00	170.00	16.19	.52	.45
52	15-18	150.00	430.00	-4.84	.27	.53
53	16-17	150.00	460.00	-2.04	.12	.13
54	20-19	200.00	410.00	17.88	.57	1.30
55	19- 0	200.00	340.00	19.95	.64	1.31
56	18- 0	150.00	240.00	1.78	.10	.05
57	18-17	100.00	270.00	-2.80	.36	.90
58	17- 0	100.00	150.00	-3.66	.47	.82
59	20- 0	400.00	710.00	46.20	.37	.41
60	19- 0	300.00	490.00	23.90	.34	.36
61	19- 0	300.00	100.00	22.31	.32	.06
62	18- 0	150.00	600.00	-1.71	.10	.12
63	17- 0	150.00	290.00	-2.09	.12	.08
64	17- 0	150.00	210.00	-3.17	.18	.12

ДОДАТОК М

Результат гідравлічного розрахунку для мережі з моделюванням аварійних ділянок

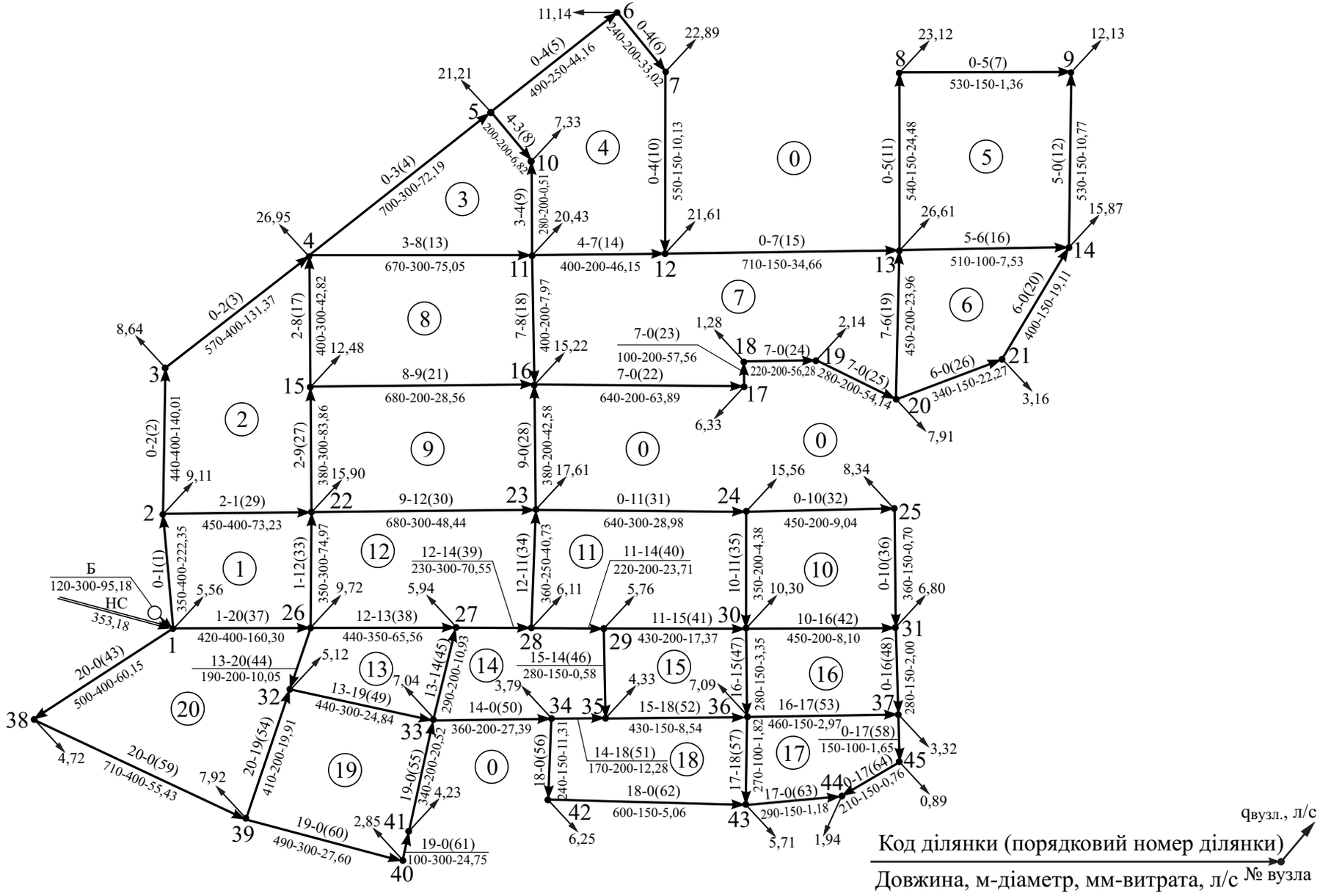


Рисунок М.1 - Результат гідравлічного розрахунку при максимальному водоспоживанні для варіанта В1.3

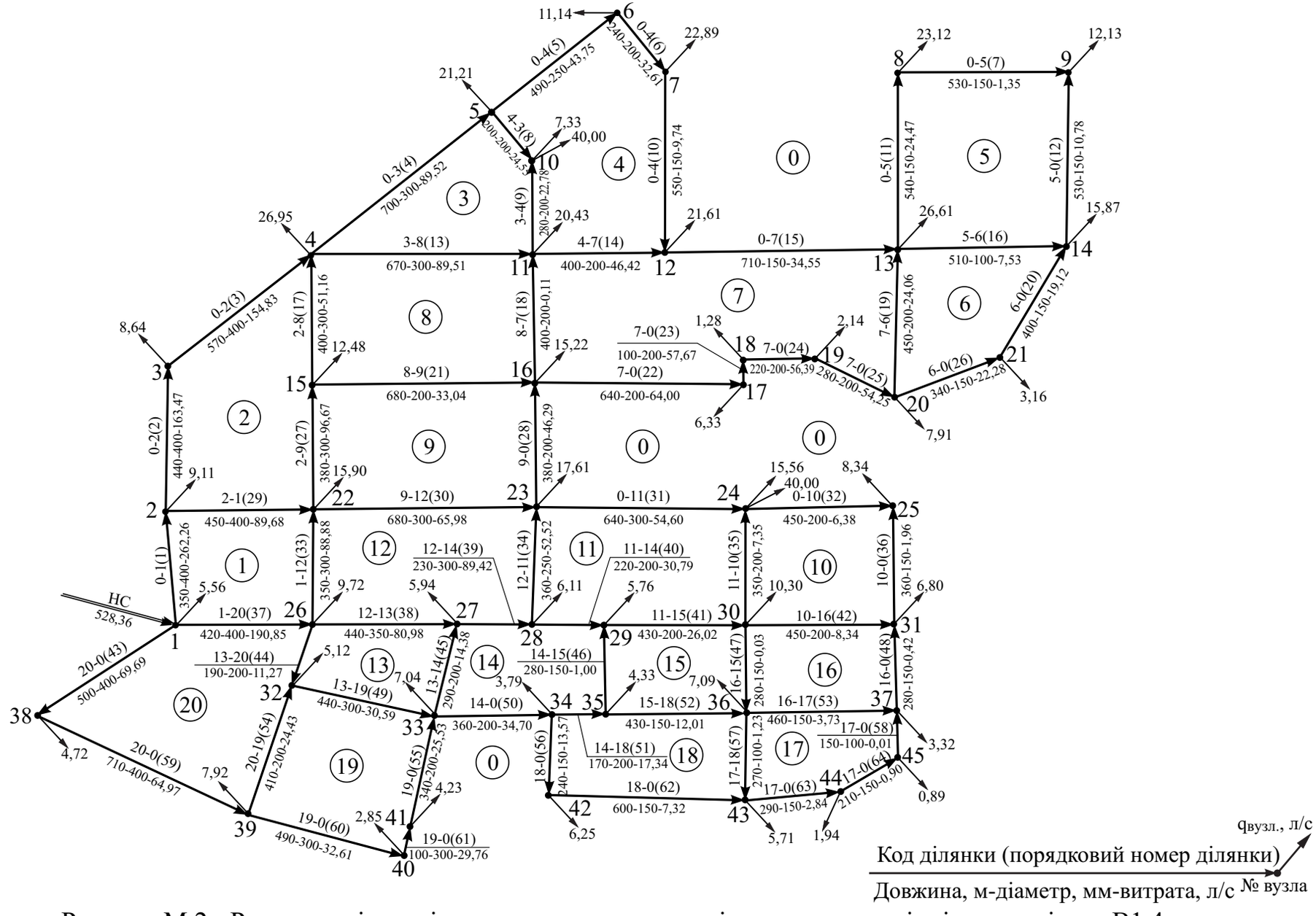


Рисунок М.2 - Результат гідравлічного розрахунку мережі при пожежогасінні для варіанта В1.4

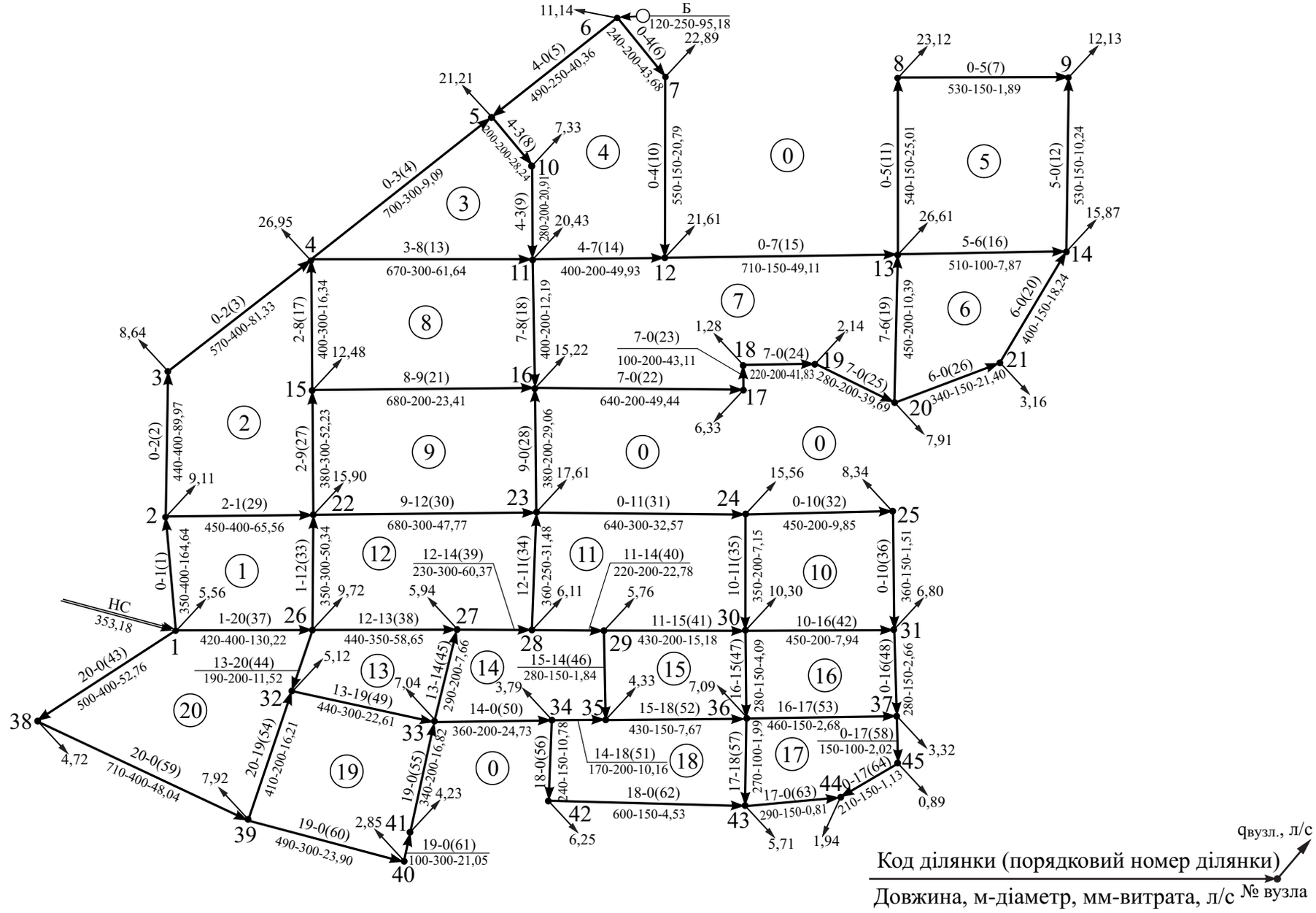


Рисунок М.3 - Результат гідравлічного розрахунку при максимальному водоспоживанні для варіанта В2.3

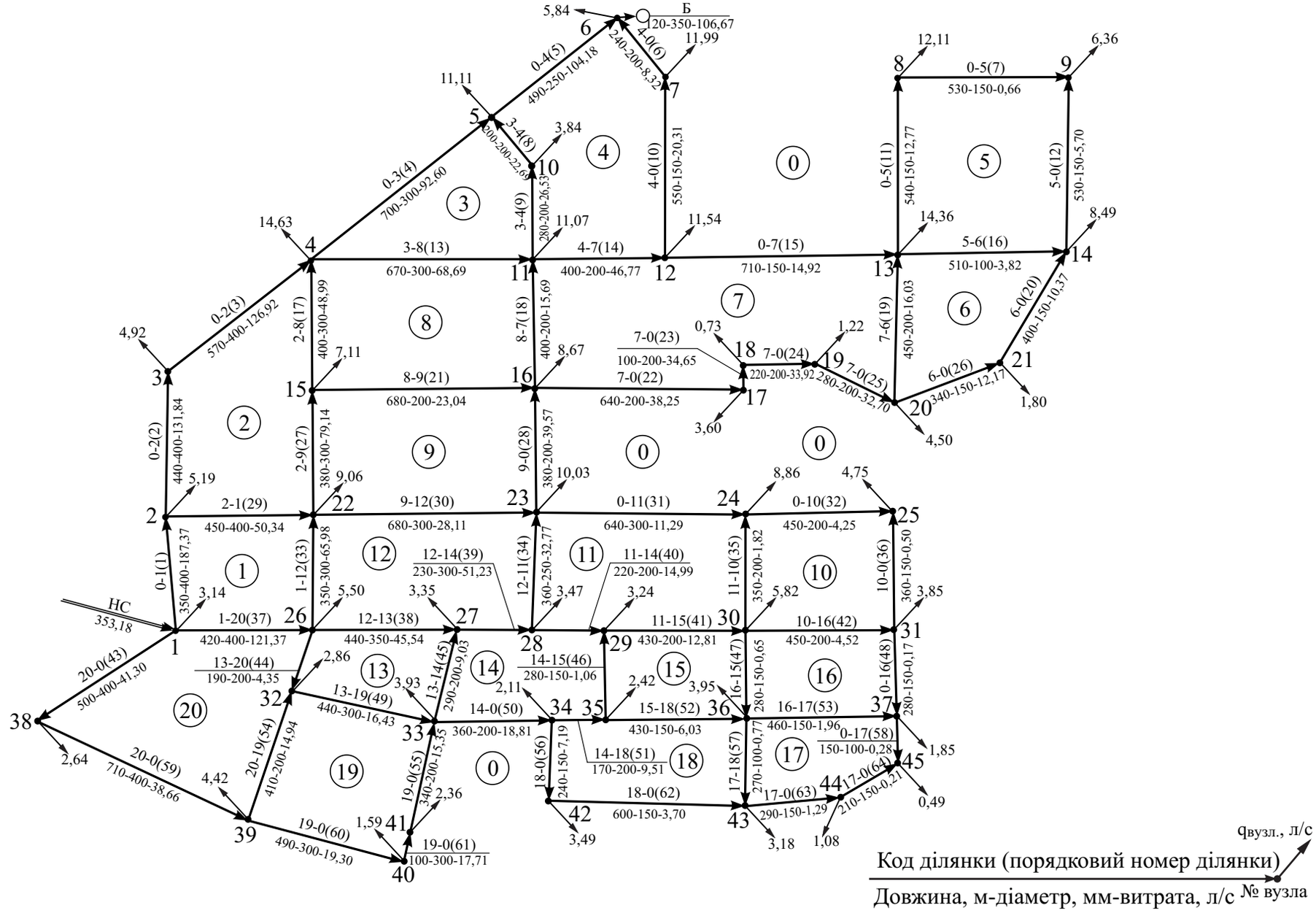


Рисунок М.4 - Результат гідравлічного розрахунку при максимальному транзиті в башту для варіанта В2.4

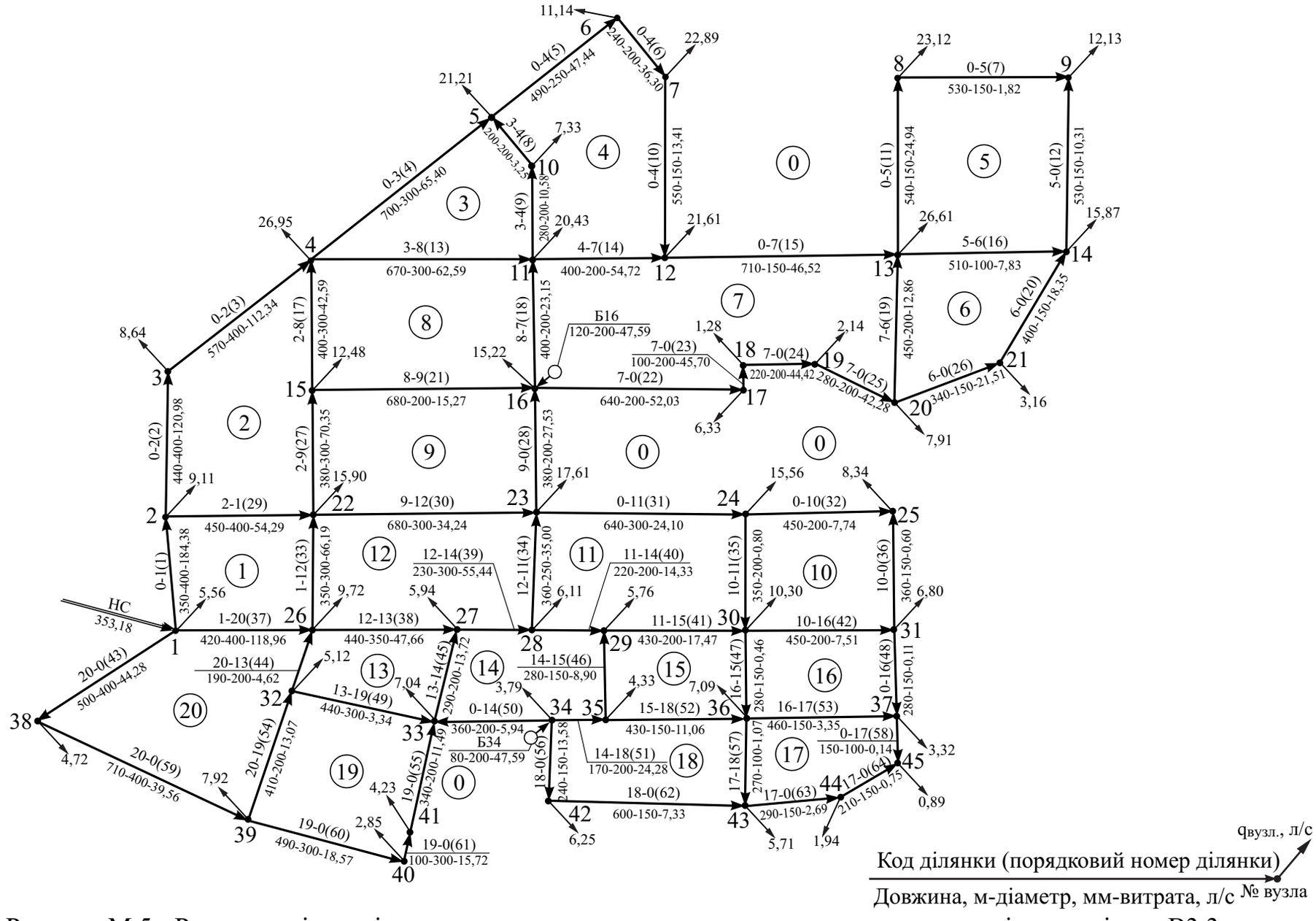


Рисунок М.5 - Результат гідравлічного розрахунку при максимальному водоспоживанні для варіанта В3.3

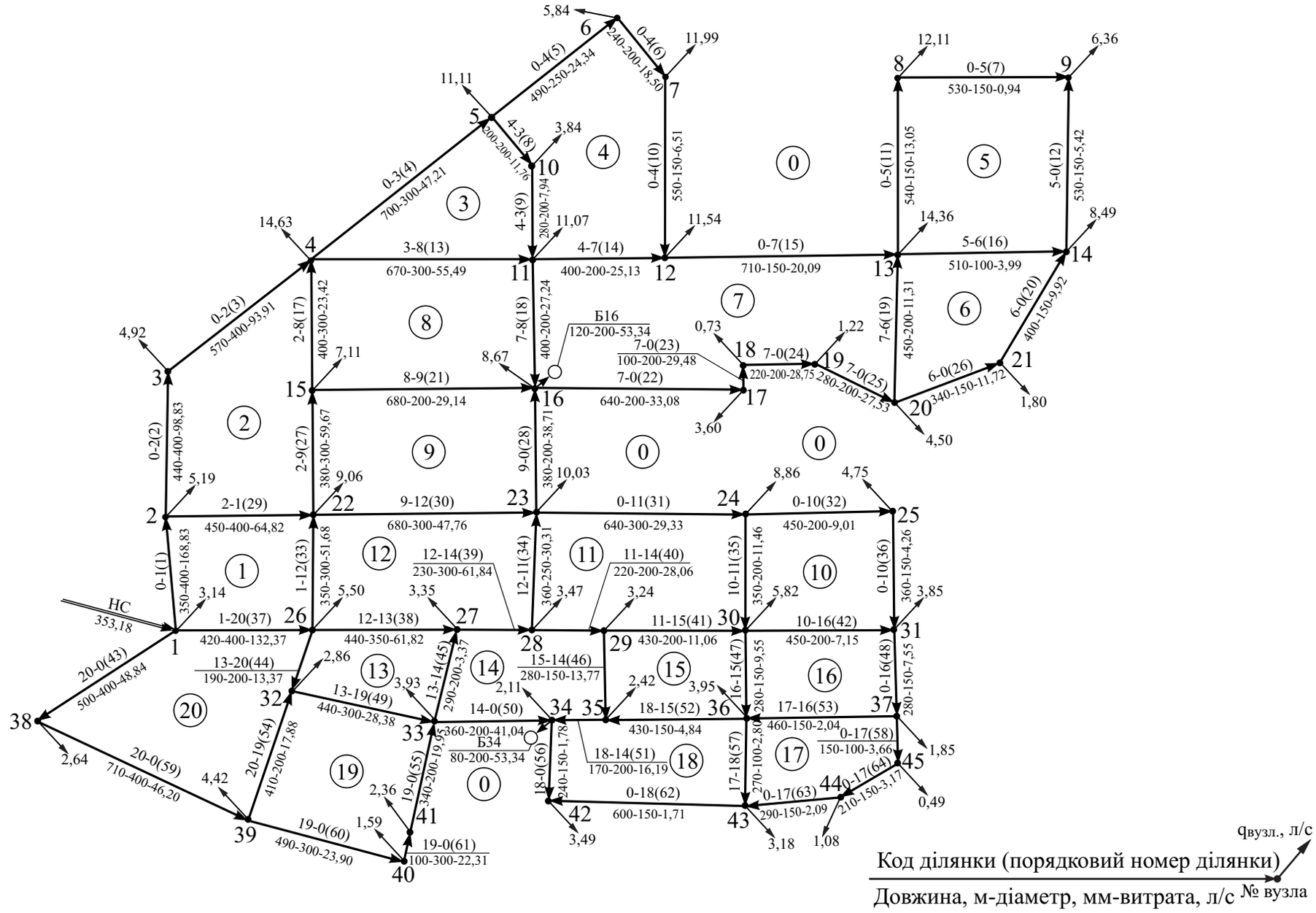


Рисунок М.6 - Результат гідравлічного розрахунку при максимальному транзиті в башти для варіанта В3.4

ДОДАТОК Н
Розрахунок п'єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі при моделюванні аварійних ділянок

Таблиця Н.1 – П'єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В1, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П'єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П'єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В1.3)						
1	127,81	2	3,86	123,95	63,80	60,15
2	123,95	3	1,95	122,00	64,30	57,70
3	122,00	4	2,24	119,76	63,55	56,21
4	119,76	5	3,83	115,93	63,67	52,26
5	115,93	10	0,11	115,82	62,67	53,15
10	115,82	11	0,01	115,83	61,73	54,10
5	115,93	6	2,69	113,24	64,54	48,70
6	113,24	7	2,35	110,89	63,27	47,62
7	110,89	12	2,56	108,33	61,33	46,99
12	108,33	13	24,44	83,89	61,32	**22,56**
13	83,89	8	13,06	70,83	62,41	**8,42**
8	70,83	9	0,07	70,76	62,16	**8,60**
9	70,76	14	2,76	73,52	61,37	**12,15**
14	73,52	21	6,00	79,52	61,00	**18,52**
21	79,52	20	6,80	86,32	61,10	**25,22**
20	86,32	19	7,21	93,53	61,04	32,49
19	93,53	18	6,12	99,65	61,06	38,59
18	99,65	17	2,91	102,56	61,14	41,42
17	102,56	16	12,95	115,51	61,33	54,17
16	115,51	15	5,08	120,59	62,71	57,88
15	120,59	22	2,75	123,34	62,80	60,54
22	123,34	23	1,78	121,56	61,71	59,85
23	121,56	24	0,66	120,90	61,52	59,38
24	120,90	25	0,42	120,48	61,46	59,02
25	120,48	31	0,02	120,46	61,85	58,61
31	120,46	30	0,34	120,80	61,87	58,93
30	120,80	29	1,29	122,09	62,00	60,09
29	122,09	28	1,17	123,26	62,38	60,87

Продовження табл.Н.1

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В1.3)						
28	123,26	27	1,21	124,47	62,75	61,72
27	124,47	26	0,93	125,40	63,67	61,73
26	125,40	32	0,21	125,19	64,25	60,94
32	125,19	33	0,34	124,85	63,80	61,05
33	124,85	34	2,49	122,36	63,30	59,06
34	122,36	35	0,27	122,09	63,03	59,06
35	122,09	36	1,47	120,62	62,53	58,09
36	120,62	37	0,24	120,38	62,47	57,91
37	120,38	45	0,20	120,18	62,98	57,20
45	120,18	44	0,01	120,17	63,19	56,98
44	120,17	43	0,03	120,20	63,46	56,73
43	120,20	42	0,80	121,00	64,25	56,75
1	127,81	38	0,47	127,34	63,24	64,10
38	127,34	39	0,58	126,76	63,62	63,14
39	126,76	40	0,46	126,30	63,91	62,39
40	126,30	41	0,08	126,22	64,82	61,40
Пожежогасіння (варіант В1.4)						
1	100,46	2	5,37	95,09	63,80	31,29
2	95,09	3	2,62	92,47	64,30	28,17
3	92,47	4	3,05	89,42	63,55	25,87
4	89,42	5	5,75	83,67	63,67	20,00
5	83,67	10	1,13	82,54	62,67	19,87
10	82,54	11	1,38	83,92	61,73	22,19
5	83,67	6	2,64	81,03	64,54	16,49
6	81,03	7	2,30	78,73	63,27	15,46
7	78,73	12	2,39	76,34	61,33	15,00
12	76,34	13	7,57	68,77	61,32	**7,44**
13	68,77	8	3,06	65,71	62,41	**3,30**
8	65,71	9	0,07	65,64	62,16	**3,48**
9	65,64	14	2,76	68,40	61,37	**7,03**
14	68,40	21	6,00	74,40	61,00	13,40
21	74,40	20	6,81	81,21	61,10	20,11

Продовження табл.Н.1

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Пожежогасіння (варіант В1.4)						
20	81,21	19	7,24	88,45	61,04	27,41
19	88,45	18	6,15	94,60	61,06	33,54
18	94,60	17	2,92	97,52	61,14	36,38
17	97,52	16	13,03	110,55	61,33	49,21
16	110,55	15	6,66	117,21	62,71	54,50
15	117,21	22	3,64	120,85	62,80	58,05
22	120,85	23	3,15	117,70	61,71	55,99
23	117,70	24	2,09	115,61	61,52	54,09
24	115,61	25	0,23	115,38	61,46	53,92
25	115,38	31	0,09	115,47	61,85	53,62
31	115,47	30	0,36	115,83	61,87	53,96
30	115,83	29	2,71	118,54	62,00	56,54
29	118,54	28	1,89	120,43	62,38	58,04
28	120,43	27	1,88	122,31	62,75	59,56
27	122,31	26	1,38	123,69	63,67	60,02
26	123,69	32	0,26	123,43	64,25	59,18
32	123,43	33	0,50	122,93	63,80	59,13
33	122,93	34	3,87	119,06	63,30	55,76
34	119,06	35	0,51	118,55	63,03	55,52
35	118,55	36	2,73	115,82	62,53	53,29
36	115,82	37	0,36	115,46	62,47	52,99
37	115,46	45	0,01	115,47	62,98	52,49
45	115,47	44	0,01	115,48	63,19	52,29
44	115,48	43	0,14	115,62	63,46	52,15
43	115,62	42	1,55	117,17	64,25	52,92
1	100,46	38	0,61	99,85	63,24	36,61
38	99,85	39	0,77	99,08	63,62	35,46
39	99,08	40	0,63	98,45	63,91	34,54
40	98,45	41	0,11	98,34	64,82	33,52

Таблиця Н.2 – П’єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В2, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В2.3)						
1	122,12	2	2,12	120,00	63,80	56,20
2	120,00	3	0,86	119,14	64,30	54,84
3	119,14	4	0,93	118,21	63,55	54,66
4	118,21	5	0,09	118,12	63,67	54,45
5	118,12	10	1,46	116,66	62,67	53,99
10	116,66	11	1,18	115,48	61,73	53,75
5	118,12	6	2,28	120,40	64,54	55,86
6	120,40	7	4,02	116,38	63,27	53,11
7	116,38	12	9,66	106,72	61,33	45,38
12	106,72	13	15,04	91,68	61,32	**30,35**
13	91,68	8	13,64	78,04	62,41	**15,63**
8	78,04	9	0,13	77,91	62,16	**15,75**
9	77,91	14	2,52	80,43	61,37	**19,06**
14	80,43	21	5,50	85,93	61,00	**24,93**
21	85,93	20	6,28	92,21	61,10	31,11
20	92,21	19	3,88	96,09	61,04	35,05
19	96,09	18	3,38	99,47	61,06	38,41
18	99,47	17	1,63	101,10	61,14	39,96
17	101,10	16	13,75	114,85	61,33	53,51
16	114,85	15	3,52	118,37	62,71	55,66
15	118,37	22	1,14	119,51	62,80	56,71
22	119,51	23	1,74	117,77	61,71	56,06
23	117,77	24	0,82	116,95	61,52	55,43
24	116,95	25	0,49	116,46	61,46	55,00
25	116,46	31	0,06	116,40	61,85	54,55
31	116,40	30	0,33	116,73	61,87	54,86
30	116,73	29	1,01	117,74	62,00	55,74
29	117,74	28	1,08	118,82	62,38	56,43
28	118,82	27	0,90	119,72	62,75	56,97
27	119,72	26	0,76	120,48	63,67	56,81
26	120,48	32	0,27	120,21	64,25	55,96
32	120,21	33	0,29	119,92	63,80	56,12

Продовження табл.Н.2

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П'єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П'єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В2.3)						
33	119,92	34	2,06	117,86	63,30	54,56
34	117,86	35	0,19	117,67	63,03	54,64
35	117,67	36	1,21	116,46	62,53	53,93
36	116,46	37	0,20	116,26	62,47	53,79
37	116,26	45	0,28	115,98	62,98	53,00
45	115,98	44	0,02	115,96	63,19	52,77
44	115,96	43	0,02	115,98	63,46	52,51
43	115,98	42	0,66	116,64	64,25	52,39
1	122,12	38	0,37	121,75	63,24	58,51
38	121,75	39	0,44	121,31	63,62	57,69
39	121,31	40	0,36	120,95	63,91	57,04
40	120,95	41	0,06	120,89	64,82	56,07
Максимальний транзит в башту 6 (варіант В2.4)						
1	122,12	2	2,74	119,38	63,80	55,58
2	119,38	3	1,74	117,64	64,30	53,34
3	117,64	4	2,10	115,54	63,55	51,99
4	115,54	5	6,15	109,39	63,67	45,72
5	109,39	10	0,98	110,37	62,67	47,70
10	110,37	11	1,83	112,20	61,73	50,47
5	109,39	6	14,32	95,07	64,54	**30,53**
6	95,07	7	0,19	95,26	63,27	**31,99**
7	95,26	12	9,25	104,51	61,33	43,17
12	104,51	13	6,73	97,78	61,32	**36,45**
13	97,78	8	3,84	93,94	62,41	**31,53**
8	93,94	9	0,02	93,92	62,16	**31,76**
9	93,92	14	0,88	94,80	61,37	**33,43**
14	94,80	21	1,94	96,74	61,00	35,74
21	96,74	20	2,21	98,95	61,10	37,85
20	98,95	19	2,69	101,64	61,04	40,60
19	101,64	18	2,26	103,90	61,06	42,84
18	103,90	17	1,07	104,97	61,14	43,83
17	104,97	16	8,23	113,20	61,33	51,86

Продовження табл.Н.2

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальний транзит в башту 6 (варіант В2.4)						
16	113,20	15	3,42	116,62	62,71	53,91
15	116,62	22	2,47	119,09	62,80	56,29
22	119,09	23	0,66	118,43	61,71	56,72
23	118,43	24	0,12	118,31	61,52	56,79
24	118,31	25	0,11	118,20	61,46	56,74
25	118,20	31	0,01	118,21	61,85	56,36
31	118,21	30	0,12	118,33	61,87	56,46
30	118,33	29	0,74	119,07	62,00	57,07
29	119,07	28	0,51	119,58	62,38	57,19
28	119,58	27	0,67	120,25	62,75	57,50
27	120,25	26	0,48	120,73	63,67	57,06
26	120,73	32	0,05	120,68	64,25	56,43
32	120,68	33	0,17	120,51	63,80	56,71
33	120,51	34	1,25	119,26	63,30	55,96
34	119,26	35	0,17	119,09	63,03	56,06
35	119,09	36	0,79	118,30	62,53	55,77
36	118,30	37	0,12	118,18	62,47	55,71
37	118,18	45	0,01	118,17	62,98	55,19
45	118,17	44	0,01	118,18	63,19	54,99
44	118,18	43	0,04	118,22	63,46	54,75
43	118,22	42	0,46	118,68	64,25	54,43
1	122,12	38	0,24	121,88	63,24	58,64
38	121,88	39	0,30	121,58	63,62	57,96
39	121,58	40	0,25	121,33	63,91	57,42
40	121,33	41	0,04	121,29	64,82	56,47

Таблиця Н.3 – П’єзометричні позначки і вільні напори для варіанта В3, м

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В3.3)						
1	125,27	2	2,65	122,62	63,80	58,82
2	122,62	3	1,49	121,13	64,30	56,83
3	121,13	4	1,68	119,45	63,55	55,90
4	119,45	5	3,19	116,26	63,67	52,59
5	116,26	10	0,03	116,29	62,67	53,62
10	116,29	11	0,34	116,63	61,73	54,90
5	116,26	6	3,07	113,19	64,54	48,65
6	113,19	7	2,80	110,39	63,27	47,12
7	110,39	12	4,28	106,11	61,33	44,77
12	106,11	13	13,50	92,61	61,32	**31,28**
13	92,61	8	13,56	79,05	62,41	**16,64**
8	79,05	9	0,12	78,93	62,16	**16,77**
9	78,93	14	2,55	81,48	61,37	**20,11**
14	81,48	21	5,57	87,05	61,00	26,05
21	87,05	20	6,35	93,40	61,10	32,30
20	93,40	19	4,40	97,80	61,04	36,76
19	97,80	18	3,81	101,61	61,06	40,55
18	101,61	17	1,84	103,45	61,14	42,31
17	103,45	16	15,22	118,67	61,33	57,33
16	118,67	15	1,62	120,29	62,71	57,58
15	120,29	22	1,98	122,27	62,80	59,47
22	122,27	23	0,95	121,32	61,71	59,61
23	121,32	24	0,47	120,85	61,52	59,33
24	120,85	25	0,49	120,36	61,46	58,90
25	120,36	31	0,01	120,37	61,85	58,52
31	120,37	30	0,30	120,67	61,87	58,80
30	120,67	29	1,30	121,97	62,00	59,97
29	121,97	28	0,47	122,44	62,38	60,05
28	122,44	27	0,77	123,21	62,75	60,46
27	123,21	26	0,52	123,73	63,67	60,06
26	123,73	32	0,05	123,78	64,25	59,53
32	123,78	33	0,01	123,77	63,80	59,97

Продовження табл.Н.3

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П'єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П'єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальне водоспоживання (варіант В3.3)						
33	123,77	34	0,16	123,93	63,30	60,63
34	123,93	35	0,94	122,99	63,03	59,96
35	122,99	36	2,35	120,64	62,53	58,11
36	120,64	37	0,30	120,34	62,47	57,87
37	120,34	45	0,01	120,33	62,98	57,35
45	120,33	44	0,01	120,34	63,19	57,15
44	120,34	43	0,13	120,47	63,46	57,00
43	120,47	42	1,56	122,03	64,25	57,78
1	125,27	38	0,27	125,00	63,24	61,76
38	125,00	39	0,31	124,69	63,62	61,07
39	124,69	40	0,23	124,46	63,91	60,55
40	124,46	41	0,03	124,43	64,82	59,61
Максимальний транзит в башти 16 та 34 (варіант В3.4)						
1	125,27	2	2,23	123,04	63,80	59,24
2	123,04	3	1,02	122,02	64,30	57,72
3	122,02	4	1,20	120,82	63,55	57,27
4	120,82	5	1,75	119,07	63,67	55,40
5	119,07	10	0,30	118,77	62,67	56,10
10	118,77	11	0,21	118,56	61,73	56,83
5	119,07	6	0,90	118,17	64,54	53,63
6	118,17	7	0,81	117,36	63,27	54,09
7	117,36	12	1,15	116,21	61,33	54,87
12	116,21	13	11,70	104,51	61,32	43,18
13	104,51	8	4,00	100,51	62,41	**38,10**
8	100,51	9	0,04	100,47	62,16	**38,31**
9	100,47	14	0,80	101,27	61,37	**39,90**
14	101,27	21	1,79	103,06	61,00	42,06
21	103,06	20	2,07	105,13	61,10	44,03
20	105,13	19	1,95	107,08	61,04	46,04
19	107,08	18	1,66	108,74	61,06	47,68
18	108,74	17	0,79	109,53	61,14	48,39
17	109,53	16	6,29	115,82	61,33	54,48

Продовження табл.Н.3

Вихідний вузол		Розглянутий вузол				
№ вузла	П’єзомет. позначка	№ вузла	Втрати напору	П’єзомет. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір
Максимальний транзит в башти 16 та 34 (варіант В3.4)						
16	115,82	15	5,28	121,10	62,71	58,39
15	121,10	22	1,46	122,56	62,80	59,76
22	122,56	23	1,74	120,82	61,71	59,11
23	120,82	24	0,67	120,15	61,52	58,63
24	120,15	25	0,42	119,73	61,46	58,27
25	119,73	31	0,36	119,37	61,85	57,52
31	119,37	30	0,28	119,65	61,87	57,78
30	119,65	29	0,57	120,22	62,00	58,22
29	120,22	28	1,59	121,81	62,38	59,42
28	121,81	27	0,95	122,76	62,75	60,01
27	122,76	26	0,84	123,60	63,67	59,93
26	123,60	32	0,36	123,24	64,25	58,99
32	123,24	33	0,44	122,80	63,80	59,00
33	122,80	34	5,33	117,47	63,30	54,17
34	117,47	35	0,45	117,92	63,03	54,89
35	117,92	36	0,53	118,45	62,53	55,92
36	118,45	37	0,13	118,58	62,47	56,11
37	118,58	45	0,82	117,76	62,98	54,78
45	117,76	44	0,12	117,64	63,19	54,45
44	117,64	43	0,08	117,56	63,46	54,09
43	117,56	42	0,12	117,44	64,25	53,19
1	125,27	38	0,32	124,95	63,24	61,71
38	124,95	39	0,41	124,54	63,62	60,92
39	124,54	40	0,36	124,18	63,91	60,27
40	124,18	41	0,06	124,12	64,82	59,30

ДОДАТОК П

П’єзокарти для мережі з моделюванням аварійних ділянок

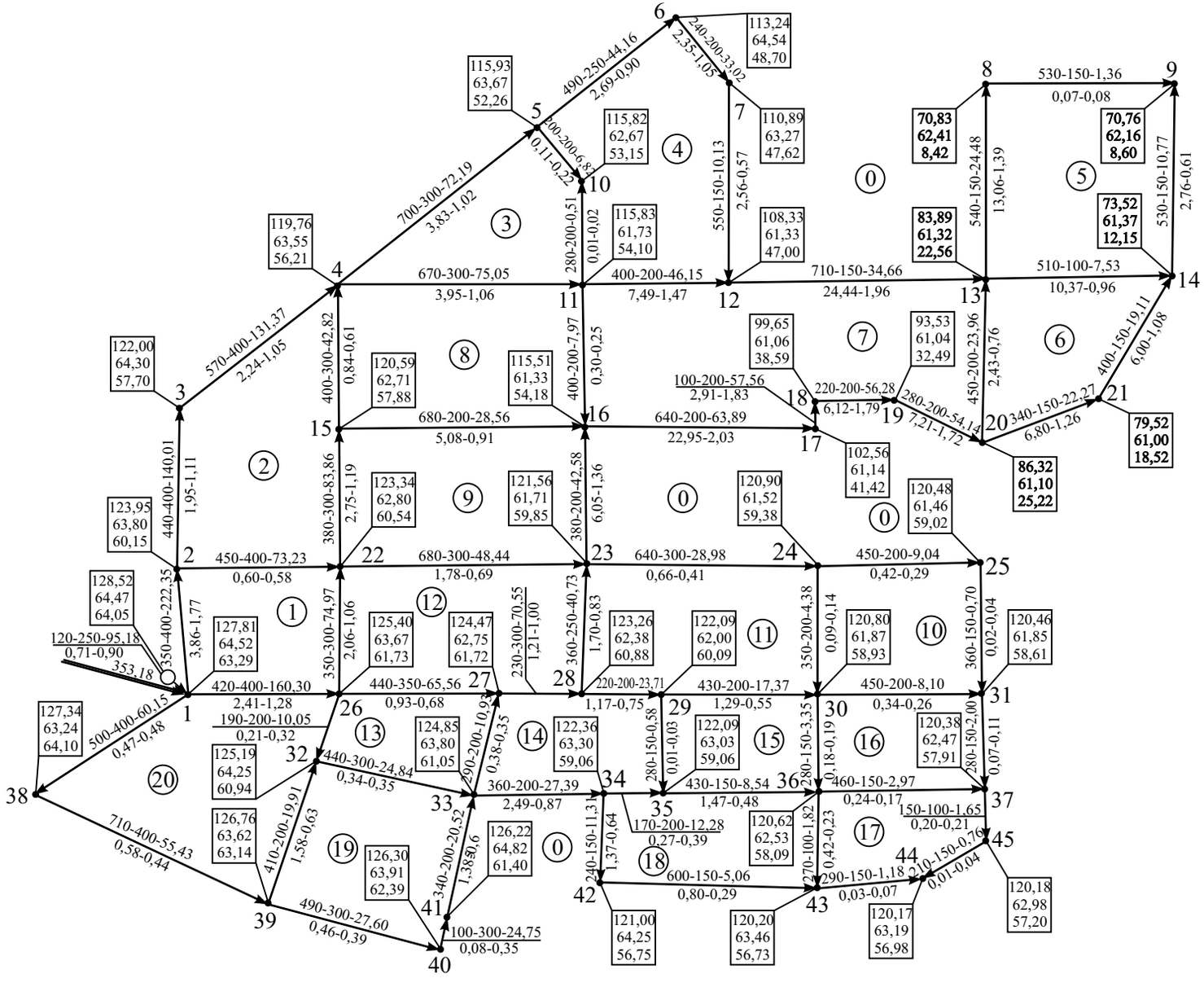


Рисунок П.1 - П’єзокарта при максимальному водоспоживанні для варіанта В1.3

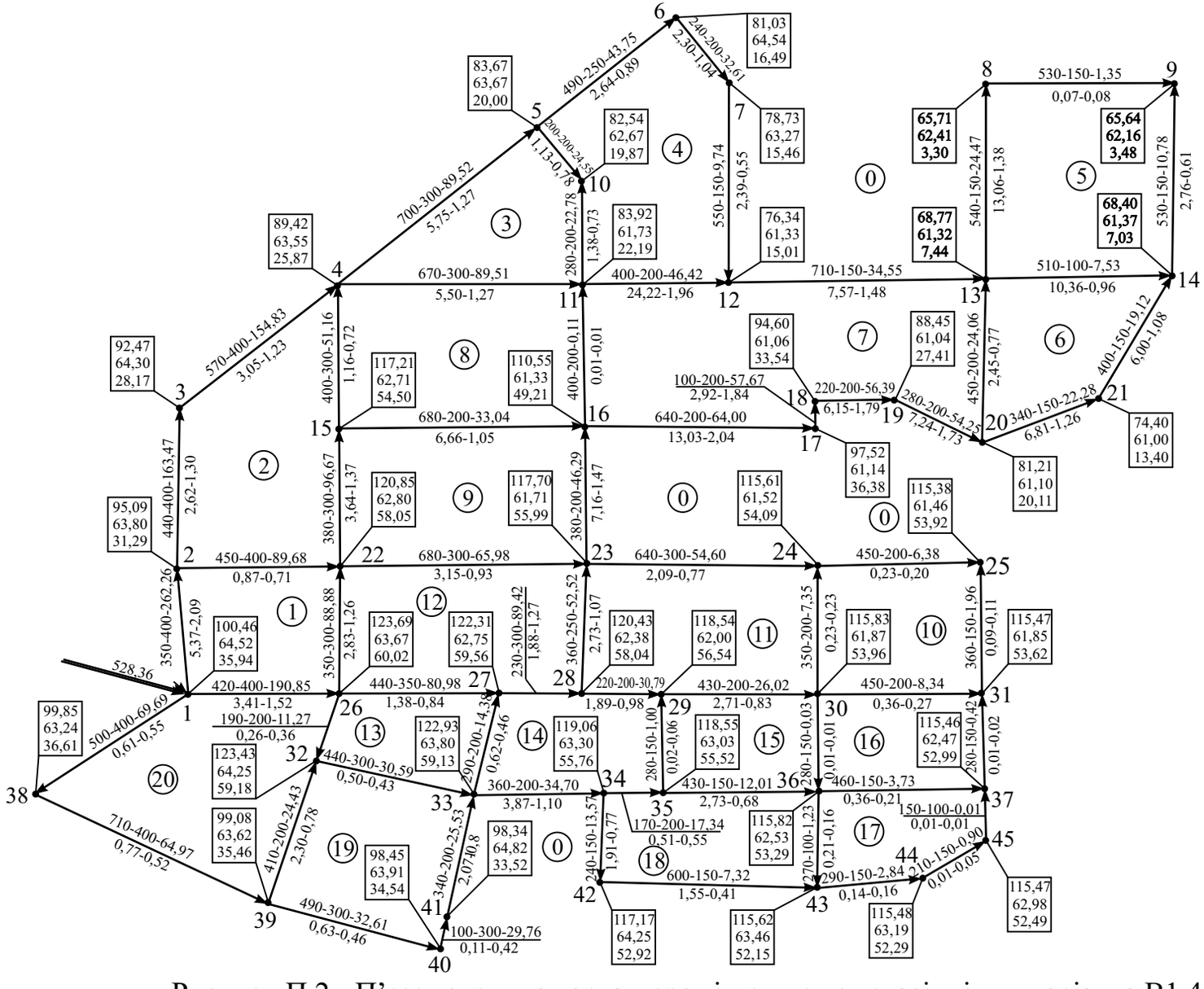


Рисунок П.2 - П’єзометрична карта мережі при пожежогасінні для варіанта В1.4

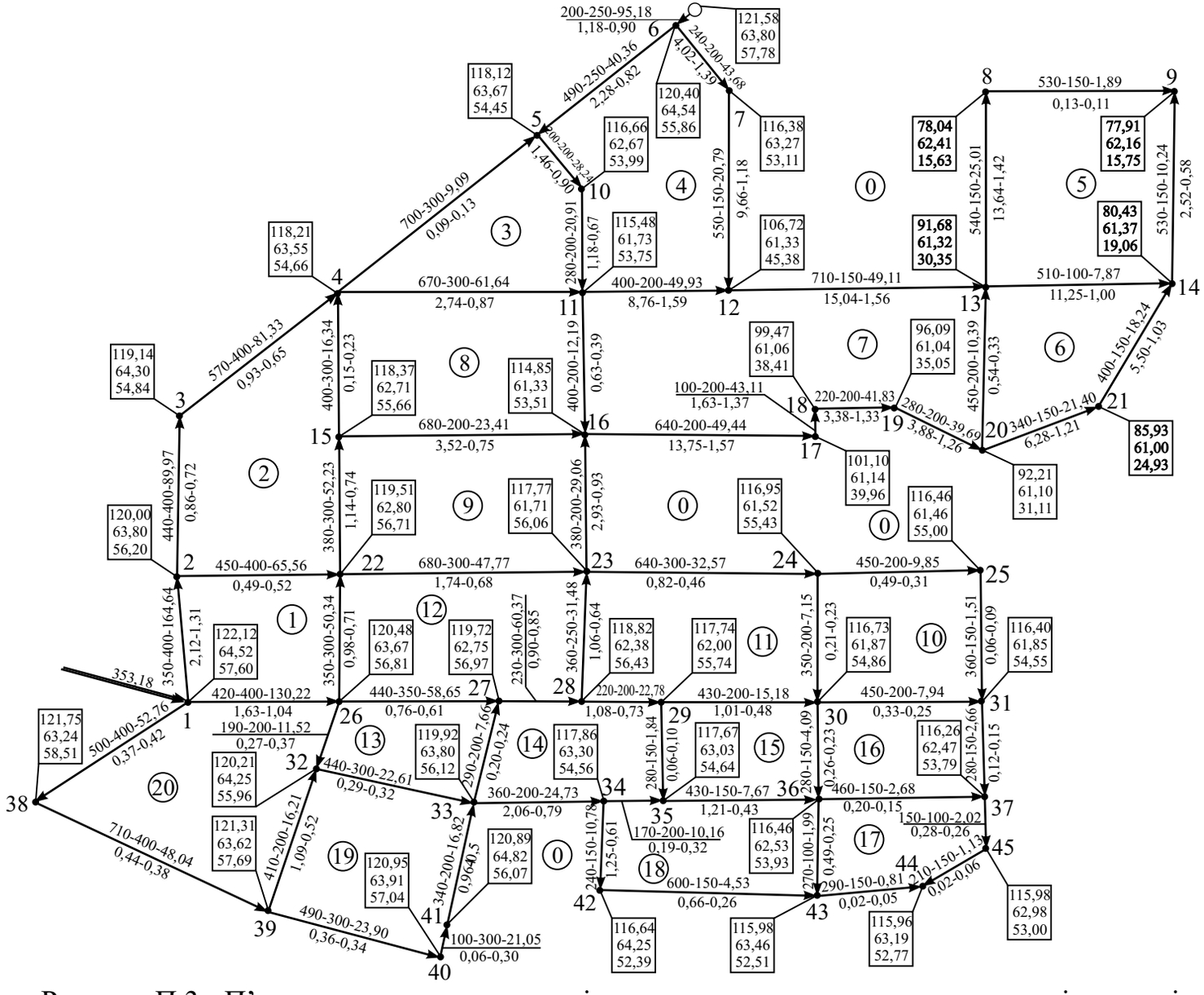


Рисунок П.3 - П’єзометрична карта мережі при максимальному водоспоживанні для варіанта В2.3

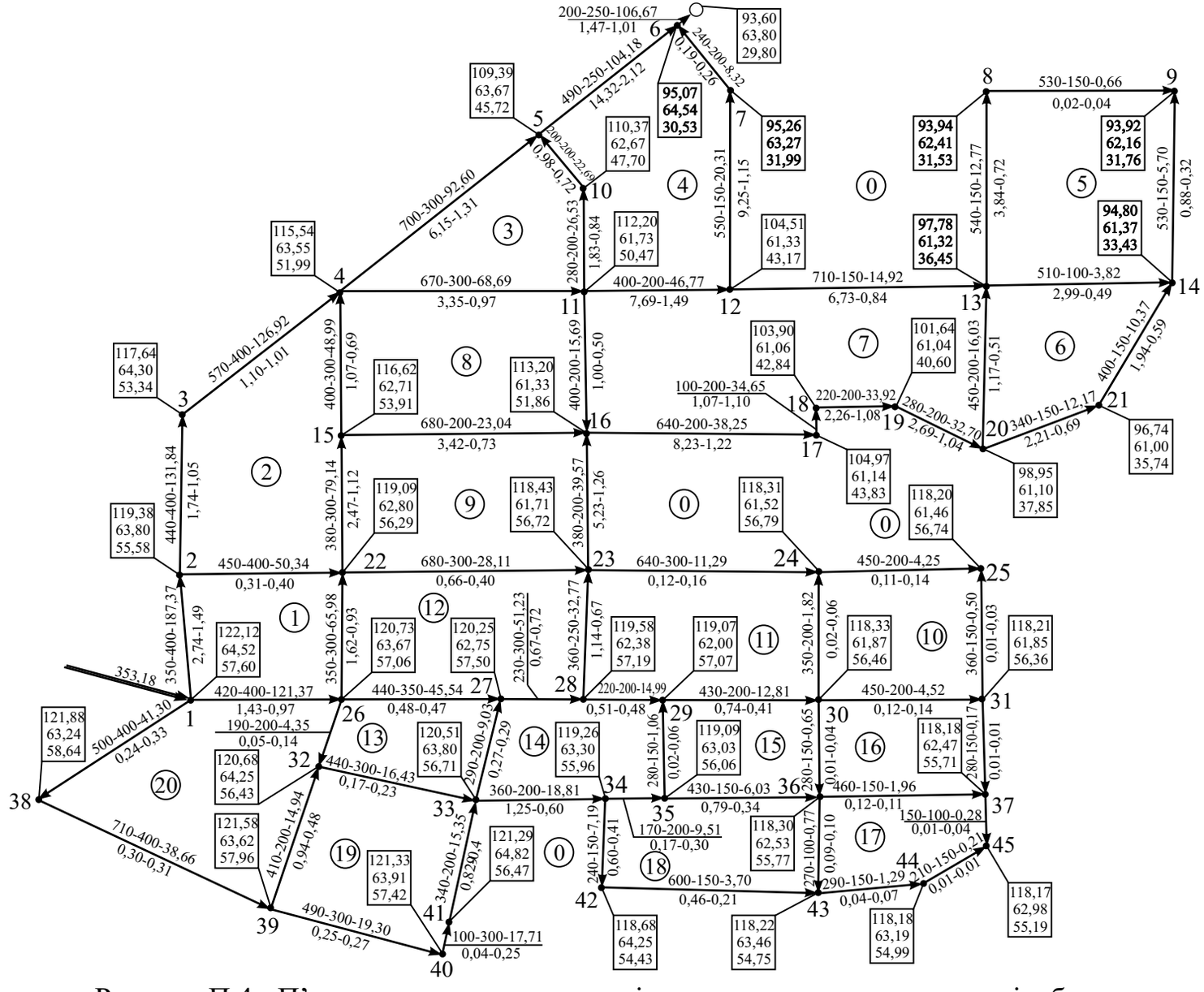


Рисунок П.4 - П’єзометрична карта мережі при максимальному транзиті в башту для варіанта В2.4

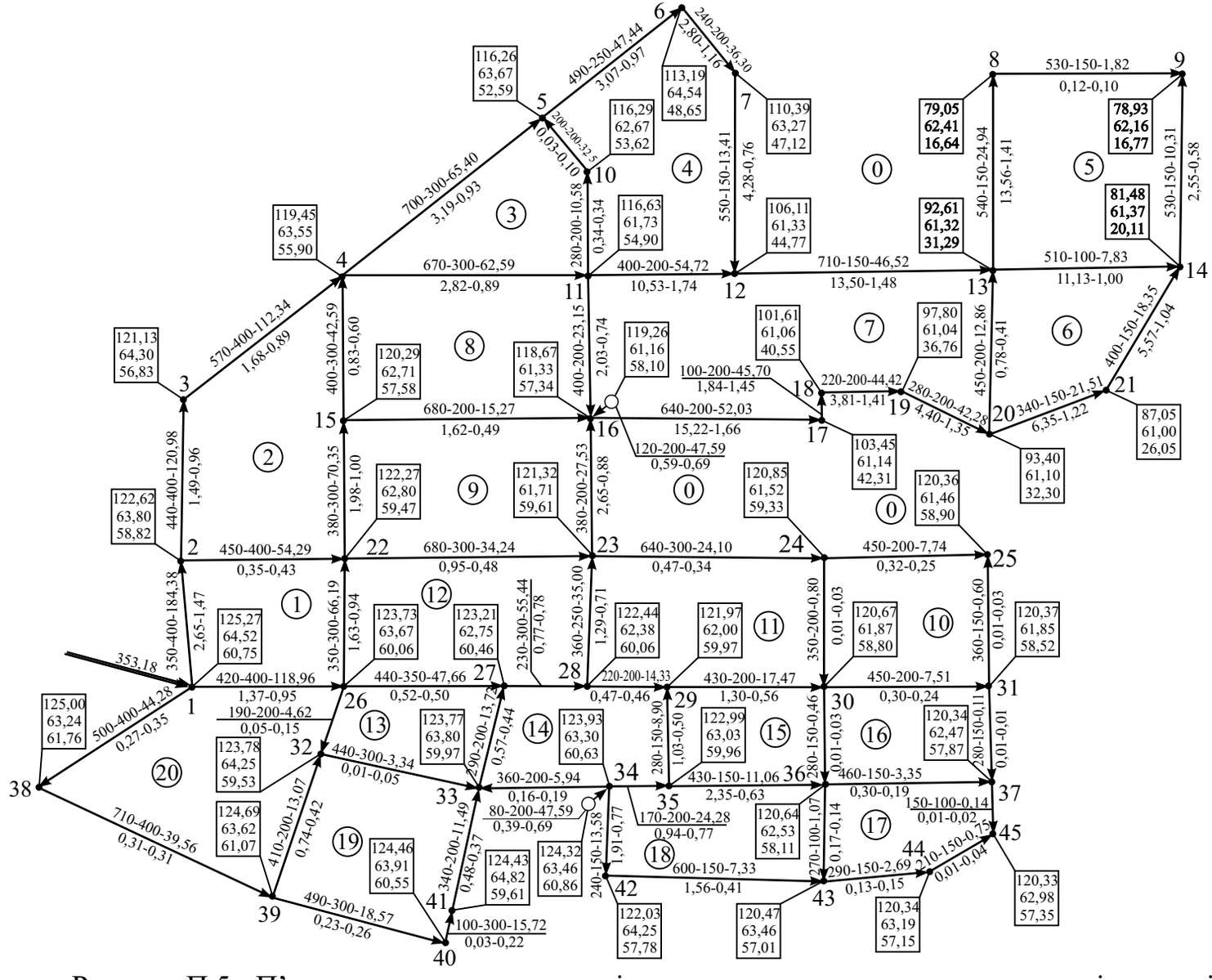


Рисунок П.5 - П’єзометрична карта мережі при максимальному водоспоживанні для варіанта В3.3

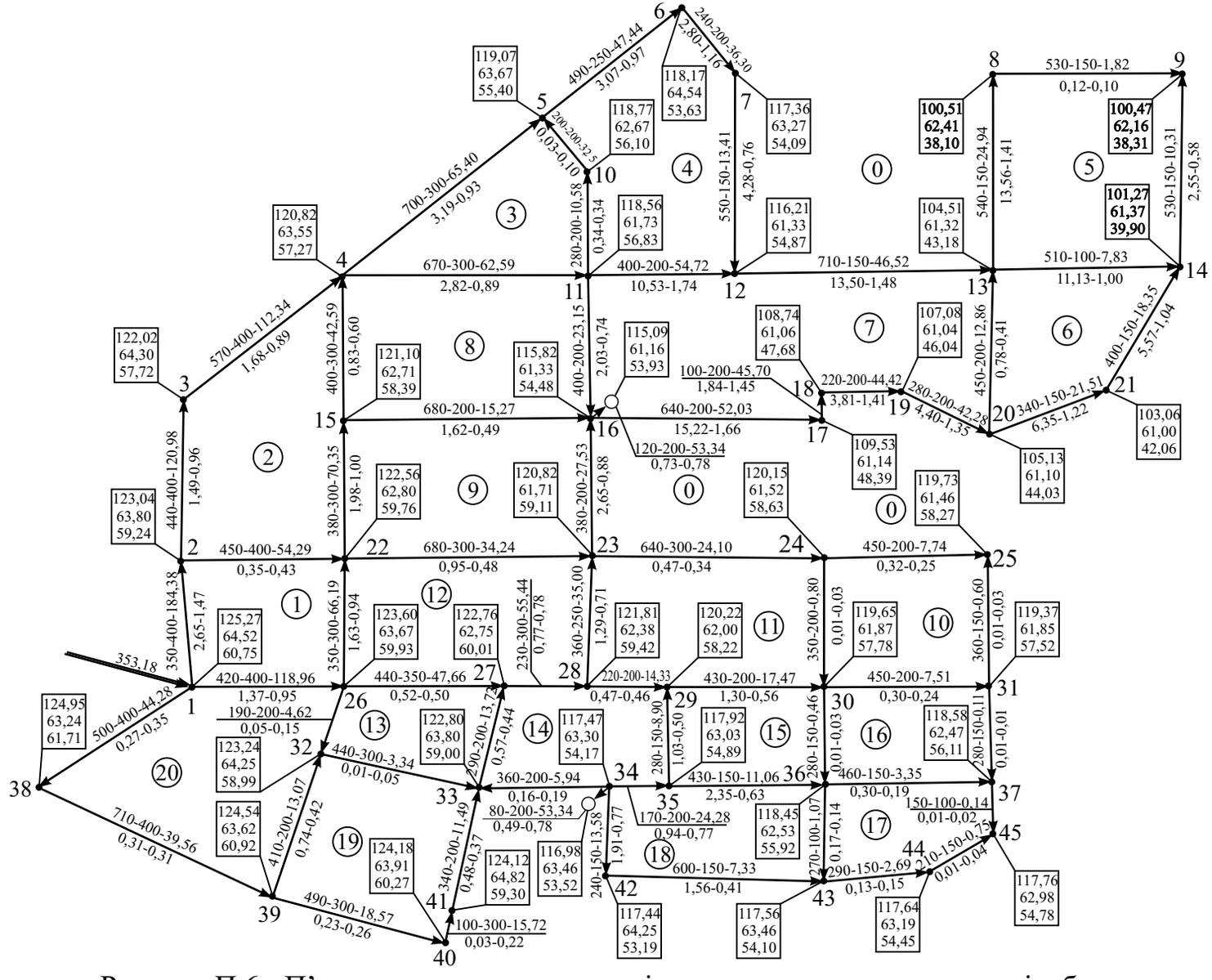


Рисунок П.6 - П’єзометрична карта мережі при максимальному транзиті в башти для варіанта В3.4

Декларація

академічної доброчесності

здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ

Я, Бурлаченко А. Д., магістрант(ка) 2 курсу, заочної форми здобуття освіти, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія освітньої програми „Водопостачання та водовідведення", адреса електронної пошти aanb1106@gmail.com,

- підтверджую, що виконана мною кваліфікаційна робота на тему: „Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням ємкості регулювальних місткостей" відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений(на);

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

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

підпис

підпис

Бурлаченко А. Д.
П.І.П. здобувача

Патровольська О.Т.
П.І.П. керівника

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи (проєкту)
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему «**ДОСЛІДЖЕННЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РЕЖИМІВ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ КІЛЬКОСТІ РЕГУЛЮВАЛЬНИХ МІСТКОСТЕЙ**» здобувачем групи 8.1922-вв-з

Бурлаченко Андрієм Андрійовичем

Представлена кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці методики визначення оптимальних умов живлення мережі транспортування води з урахуванням розміщення водонапірних башт та їх кількості. Для підвищення надійності водопровідної системи можливе використання регулювальних та запасних місткостей. Водонапірна башта є одним з різновидів регулювальних місткостей, її використання має багато переваг, а саме: підвищується надійність роботи водопровідної системи, зменшується вірогідність виникнення гідравлічних ударів та аварій в мережі, зменшуються витрати на електроенергію, також можливе використання водонапірних башт як архітектурних пам`яток або оглядових майданчиків. Тому розташування цих елементів впливає на гідравлічні параметри водопровідної мережі та повинно враховуватись при проєктуванні та відновленні міської інфраструктури.

Виконана кваліфікаційна робота повністю відповідає поставленому завданню.

Автором представлена застосована методика дослідження, відповідно до якої в роботі розроблені схеми водопровідної мережі з різною кількістю та розташуванням регулювальних місткостей, виконані гідравлічні розрахунки, за результатами яких визначено розподіл тиску у вузлах мережі, фактичні витрати на її ділянках.

Етапи виконання кваліфікаційної роботи відобразили застосування здобувачем отриманих знань у галузі наукових досліджень та вмінь і навичок самостійного виконання наукової роботи (здатність проводити критичний аналіз сучасного стану питань виконувати дослідження, презентувати результати

науково-дослідні діяльності, готувати наукові публікації, брати участь наукових конференціях).

Матеріал в основних розділах викладено послідовно із наданням необхідної аргументації, всі структурні елементи кваліфікаційної роботи логічно пов'язані між собою, висновки відповідають поставленим завданням.

Під час виконання роботи автор проявив здатність самостійно вирішувати поставлені завдання.

В роботі відсутні елементи запозичення чужих матеріалів, представлено аналіз літературних джерел із зазначенням відповідних посилань, що не дає підстави для виявлення плагіату та компіляції.

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

Елементи плагіату (компіляції) у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кваліфікаційна робота другого (магістерського) рівня вищої освіти виконана у повному обсязі, відповідає встановленим вимогам і заслуговує позитивної оцінки, а її автору, **Бурлаченко Андрію Андрійовичу** може бути присвоєна кваліфікація магістра з будівництва та цивільної інженерії.

Кількість балів за шкалою ECTS 95
(відмінно)

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат технічних наук, доцент О.Г. Добровольська

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему «Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням кількості регулювальних місткостей»
здобувачем групи 8.1922-вв-з
Бурлаченко Андрієм Андрійовичем

Актуальність дослідження. Актуальність дослідження впливу кількості регулювальних місткостей на гідравлічні режими роботи мереж транспортування води в контексті відбудови зруйнованої міської інфраструктури очевидна в умовах сучасних викликів, пов'язаних з воєнними подіями та відбудовою держави. У сфері інженерного проєктування проблеми гідравлічних розрахунків та визначення оптимальних рішень для підвищення надійності водопровідної мережі тісно пов'язані. Для дієвої водопровідної системи заходи з підвищення її надійності зводяться до проведення гідравлічних розрахунків для ідентифікації найбільш вразливих елементів системи та їхньої подальшої заміни на більш надійні.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. *Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні, в ній детально розглядається визначена проблема, враховуючи різні аспекти. Застосовані загальнонаукові методи досліджень, робота має елементи наукової новизни. Висновки є обґрунтованими та логічно послідовними, вони відображають основні результати виконаної кваліфікаційної роботи.*

Використання наукових методів дослідження. *Під час дослідження теми були використані наукові статті вітчизняних та закордонних фахівців, опубліковані в періодичних виданнях, збірки тез доповідей науково-практичних конференцій та інтернет-ресурси.*

Вміння студента чітко, грамотно та аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. *Кваліфікаційна робота впорядкована, тема розглянута у повному обсязі, розділи взаємно пов'язані, використані інформаційно-комп'ютерні технології. Матеріал викладений чітко з дотриманням наукового стилю, а оформлення відповідає стандартам технічної грамотності.*

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. *Магістрант Бурлаченко Андрій Андрійович активно брав участь у проведенні досліджень та виконанні теоретичного та аналітичного аналізу отриманих результатів у межах своєї кваліфікаційної роботи. Пропоновані в ній науково-практичні рішення відрізняються глибоким обґрунтуванням, повнотою розкриття теми та наявністю різноманітних аргументів, що підтверджує ефективність використаних методик досліджень.*

Якість виконання. *Кваліфікаційна робота представлена у впорядкованому вигляді, всі розділи в ній логічно взаємопов'язані та підтверджені обґрунтованим матеріалом. Кожен розділ чітко формулює свої завдання та сприяє досягненню загальної мети дослідження. Висновки виглядають*

послідовними та обґрунтованими, вони відображають основні результати, отримані в процесі виконання кваліфікаційної роботи.

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

Можливості впровадження результатів роботи. *Результати роботи мають практичну значущість, запропоновані рекомендації можуть бути використані при проєктуванні, реконструкції та відбудові мереж транспортування води. За темою роботи опубліковані тези доповіді у науково-технічних конференціях студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів*

Недоліки роботи. *Бажано було б детальніше представити результати дослідження у висновках з цифровою аргументацією. Але це зауваження суттєво не впливає на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.*

Оцінки кваліфікаційної роботи та можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації.

Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Бурлаченко Андрія Андрійовича на тему: «Дослідження гідравлічних режимів мереж транспортування води з урахуванням кількості регулювальних місткостей» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних та експериментальних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Водопостачання та водовідведення».

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

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

Елементи плагіату у кваліфікаційній роботі не виявлені.

Кількість балів за шкалою ECTS *95 (відмінно) A*

Рецензент кваліфікаційної роботи
професор кафедри промислового
та цивільного будівництва, докт. техн. наук *В. А. Банах*