

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ

Програми міського будівництва та газифікації
(повна назва кафедри)

Кваліфікаційна робота (проект)

другий магістерський

(рівень вищої освіти)

на тему Аналіз роботи водопровідної мережі в об'єкті цукрового

Виконав: студент _____ курсу, групи 9.1929-ВВ-З
спеціальності 192.Будівництво та цивільна інженерія
(код і назва спеціальності)

спеціалізації _____

(код і назва спеціалізації)

освітньої програми Водопостачання та водовідведення
(назва освітньої програми)

О. В. Стасюк
(ініціали та прізвище)

Керівник д-р екон. наук, ген. інж. Досіровський О. І.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Рецензент директор, проф. ф.т.н. Бачал В. П.
(посада, вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя

2010

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

Інженерний інститут _____ навчально-науковий
Кафедра Міського будівництва та господарства
Рівень вищої освіти магістр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
(код та назва)
Спеціалізація _____
(код та назва)
Освітня програма Водогосподарство та водовідведення

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____
« 28 » 09 20 20 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ (ПРОЄКТ) СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Гецца Олександр Кітільович

(прізвище, ім'я, по батькові)

1 Тема роботи (проєкту) Аналіз роботи водопровідної мережі в об'єктивних умовах

керівник роботи

Добробольова Оксана Станіславівна канд. техн. наук

(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)

затверджені наказом ЗНУ від « 25 » 05 2020 року

№ 599-С

2 Строк подання студентом роботи 01.12.2020р

3 Вихідні дані до роботи схема водопровідної мережі продуктивністю 7,944 м³/доб

4 Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Розділ 1 Аналіз вимірювань об'єктивних умов. 2. Розрахунок роботи водопровідної мережі. 3. Визначення нормативних витрат води. 4. Оцінка витрат. 5. Висновки

5 Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Схема конфігурації мережі з результатами вимірювань розрешення. 2-3. Конфігурація мережі з урахуванням умов вимірювань та фактичних даних. 4. Висновки щодо роботи мережі з урахуванням умов вимірювань та фактичних даних. 5. Висновки щодо роботи мережі з урахуванням умов вимірювань та фактичних даних. 6. Висновки щодо роботи мережі з урахуванням умов вимірювань та фактичних даних.

6 Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Літературальні твори	Добровольська О.І. доцент		
2. Фольклорні твори	Добровольська О.І. доцент		
3. Висвітлення історії України	Добровольська О.І. доцент		
4. Окремі твори	Добровольська О.І. доцент		

7 Дата видачі завдання 28. 09. 2020

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Зрозуміти пред. фільмової приклади	12.10 - 08.11	визок.
	Збір оригінальних матеріалів звіт	01.11 - 08.11	визок.
2	Аналіз літературних джерел розділ 1. мист. 1.2	08.11 - 16.11	визок.
3	Виконання роботи виконавчої частини вихідних	09.11 - 16.11	визок.
4	Розділ 3. Економічні розрахунки до шари МІТМІ	17.11 - 29.11	визок.
5	Розділ 4. Окремі прози	17.11 - 29.11	визок.
6	роботи на вилновокши, райони чужою А.Б.В	29.11 - 7.12	визок.
7	Оформлення пояснювальної записки		визок.

Студент (підпис) О.В. Герас (ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту) (підпис) О.І. Добровольська (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер (підпис) Ростащенко О.М. (ініціали та прізвище)

АНОТАЦІЯ

Стецюк О.В. Аналіз роботи водопровідної мережі в аварійних умовах.

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 - будівництво та цивільна інженерія. Науковий керівник – О. Г. Добровольська, Інженерний навчально-науковий інститут ЗНУ. Кафедра міського будівництва та господарства, 2020 р.

Виконано аналіз роботи водопровідної мережі в аварійних умовах. Проведені гідравлічні розрахунки роботи мережі при нормальному та аварійних режимах роботи для проектованої мережі та мережі, що знаходиться в експлуатації. Побудовано сумісні характеристики роботи мережі та насосної станції. Визначені площі зон з недостатніми напорами, які утворюються в мережі при виникненні аварій на її ділянках. Розраховано економію за рахунок попередження втрат води із мережі при аваріях. Розроблено рекомендації щодо підвищенню надійності роботи мережі при проектуванні та експлуатації.

Ключові слова: ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, АВАРІЙНИЙ РЕЖИМ, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, ЗОНИ НЕДОСТАТНЬОГО НАПОРУ, СУМІСНА ХАРАКТЕРИСТИКА НАСОСІВ ТА ВОДОВОДІВ, ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ.

SUMMARY

Stetsyuk O. Analysis of the water network operation in emergency conditions.

Qualification final work for obtaining a master's degree in higher education by specialty 192 - construction and civil engineering. Scientific supervisor - O.G. Dobrovolskaya, Engineering Educational and Scientific Institute of ZNU. Department of Urban Construction and Economy, 2020.

The analysis of water supply network operation in emergency conditions is performed. Hydraulic calculations of network operation at normal and emergency modes of operation for the designed network and the network in operation are carried out. Compatible characteristics of the network and pumping station are built. The areas of zones with insufficient pressures which are formed in a network at occurrence of accidents on its sites are defined. Savings are calculated by preventing water losses from the network in case of accidents. Recommendations for improving the reliability of the network during design and operation have been developed.

Keywords: WATER SUPPLY NETWORK, HYDRAULIC CALCULATION, ZONES OF INSUFFICIENT PRESSURE, COMPATIBLE CHARACTERISTICS OF PUMPS AND WATER SUPPLY NETWORK, ECONOMIC EFFICIENCY.

Зміст

	стор.
Вступ.....	8
1. Літературний огляд «Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій та шляхи підвищення надійності систем подачі і розподілу води».....	10
1.1. Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій на водопровідних мережах в Україні.....	10
1.2. Принципи забезпечення надійності роботи систем подачі та розподілу води.....	13
1.3 Шляхи підвищення надійності роботи систем подачі та розподілу води.....	15
1.4 Аналіз впливу матеріалу трубопроводів на надійність роботи водопровідних мереж.....	19
1.5 Мета і задачі дослідження.....	27
2. Дослідження роботи водопровідної мережі в аварійних умовах.....	28
2.1 Методика дослідження.....	28
2.2 Вихідні дані для розрахунку системи водопостачання.....	30
2.2.1 Розрахунок режиму водоспоживання населеного пункту.....	30
2.2.2 Визначення режиму роботи насосної станції другого підйому та визначення ємностей регулюючих резервуарів.....	41
2.2.3 Вибір розрахункових режимів роботи водопровідної мережі.....	42
2.2.4 Розрахунок вузлових та шляхових витрат.....	43
2.3 Дослідження роботи водопровідної мережі М1.....	48
2.3.1 Гідравлічний розрахунок мережі М1 при нормальних умовах.....	48
2.3.2 Гідравлічний розрахунок мережі М1 при аваріях.....	53
2.3.3 Розрахунок характеристики водоводів та вибір обладнання насосної станції 2-го підйому для мережі М1.....	53
2.3.4 Визначення площі зон недостатніх напорів при аваріях для мережі М1.....	58
2.3.5 Аналіз техніко-гідравлічних показників мережі М1 при аваріях.....	59
2.3.6 Рекомендації щодо підвищення надійності роботи мережі М1.....	63

2.4 Дослідження роботи водопровідної мережі М2.....	64
2.4.1 Методика дослідження мережі М2.....	64
2.4.2 Гідравлічний розрахунок мережі М2.....	65
2.4.3 Розрахунок характеристики водоводів та вибір обладнання насосної станції 2-го підйому для мережі М2.....	67
2.4.4 Рекомендації щодо підвищення надійності роботи мережі М2.....	69
3 Визначення економічних показників для мереж М1 та М2.....	71
3.1 Розрахунок капітальних витрат для мереж М1 та М2.....	71
3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат для мережі М1.....	73
3.2.1 Розрахунок витрат на електроенергію на технологічні цілі для мережі М1.....	73
3.2.2 Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування для мереж М1.....	75
3.3 Визначення приведених витрат для мереж М1.....	76
3.4 Визначення економії за рахунок попередження значних втрат води для мереж М1 та М2.....	76
4 Охорона праці.....	79
4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих виробничого середовища при роботі з ПК.....	79
4.2 Вимоги до устрою робочого місця і розташуванню робочих місць в аудиторії.....	80
4.3 Виробнича санітарія робочого місця (характеристика мікроклімату приміщення).....	82
4.4 Електробезпека.....	84
4.5 Пожежна безпека.....	86
4.6 Розрахунок штучного освітлення в аудиторії л1 ІЗ.....	87
5. Висновки.....	88
Перелік використаних джерел.....	90
Перелік додатків:	
Додаток А.....	93

Додаток Б.....	99
Додаток В.....	124
Додаток Г.....	134

Вступ

Актуальність теми магістерської роботи. Водопровідні мережі населених пунктів є складною гідравлічною системою, забезпечення надійності роботи якої є першочерговою задачею. Наявність недостатніх напорів знижує якість водозабезпеченості, надмірні напори є причиною нераціональних витрат води. Низький технічний стан мереж і споруд водопостачання часто призводить до відмов та порушень в їх роботі. При аваріях на окремих ділянках поточкорозподіл в мережі може змінюватись спонтанно в залежності від місця розташування аварійної ділянки, при цьому також зростає загальний опір мережі, що призводить до утворення зон з недостатніми напорами. Таким чином, ще на стадії проектування водопровідної мережі важливого значення набуває питання забезпечення споживачів водою навіть під час проведення аварійно-відновлювальних робіт

Більшість праць М.М. Абрамова присвячена дослідженню надійності роботи водопровідних мереж. На Україні цією проблемою займаються В.Г. Новохатній, П.Д. Хоружий, І.І. Науменко., М.О. Українець.

Об'єкт дослідження – кільцеві водопровідні мережі.

Предмет дослідження – моделювання аварійних ситуацій та аналіз впливу окремих ділянок на надійність роботи водопровідної мережі в аварійних умовах..

Методи дослідження: При плануванні, проведенні досліджень та обробці отриманих результатів використані математичне і комп'ютерне моделювання, методи гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

Мета роботи – дослідження впливу окремих ділянок водопровідної мережі на надійність водопостачання в нормальних і аварійних умовах для мереж при їх проектуванні та в процесі експлуатації.

Задачі досліджень. Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- провести розрахунки режимів водоспоживання;
- розробити розрахункові схеми мережі, які необхідно дослідити;

- виконати гідравлічні розрахунки при нормальній роботі системи подачі та розподілу води;
- промоделювати прийняті аварійні ситуації;
- виконати гідравлічні розрахунки при аваріях на окремих ділянках;
- виконати гідравлічні розрахунки при зміні гідравлічних опорів на ділянках мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки сумісної мережі з урахуванням заміни окремих ділянок;
- провести аналіз сумісної роботи насосних станцій і мереж при різних режимах;
- розрахувати і порівняти економічні показники варіантів мереж;
- проаналізувати отримані результати і зробити висновки.

Наукова новизна отриманих результатів. Розроблено рекомендації щодо підвищення надійності водопостачання в населеному пункті для проектованої мережі та мережі, що знаходиться деякий період часу в експлуатації.

Практичне значення отриманих результатів. Проведені дослідження дозволяють проектним відділам комунальних підприємств на стадії проектування визначити найбільш проблемні ділянки мережі та передбачити їх резервування, а для мереж, що знаходяться в експлуатації – визначити ділянки, які підлягають реконструкції в першу чергу.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на IV Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти і молодих вчених «Перспективи розвитку територій: теорія і практика», яка проводилась 19-20 листопада 2020 року в Харківському національному університеті міського господарства імені О.М. Бекетова.

Структура й обсяг роботи. Робота складається зі вступу, 4-ох розділів, загальних висновків, переліку використаних джерел з 25-ти найменувань. Робота викладена на 92 сторінках, містить 31 таблицю, 9 рисунків, 4 додатки.

1. Літературний огляд «Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій та шляхи підвищення надійності систем подачі і розподілу води»

1.1 Аналіз причин виникнення аварійних ситуацій на водопровідних мережах в Україні

Водопровідна система України доволі складний інженерний комплекс, річна продуктивність якого сягає 2×10^9 м³. Значна частина споруд цього комплексу відпрацювала нормативний термін і потребує оновлення. За час експлуатації існуючих систем відбулися суттєві технічні, соціально-економічні, екологічні та інші зміни, які зумовили потребу пріоритетного відтворення на сучасному світовому рівні системи водопостачання в державі [2].

Найбільшою проблемою системи водопостачання України є її спрацьованість, яка становить 30 %. Відновлення ефективної працездатності водопровідної мережі вимагає майже 76 % коштів, необхідних для відновлення системи в цілому (рисунок 1.1.) [2].

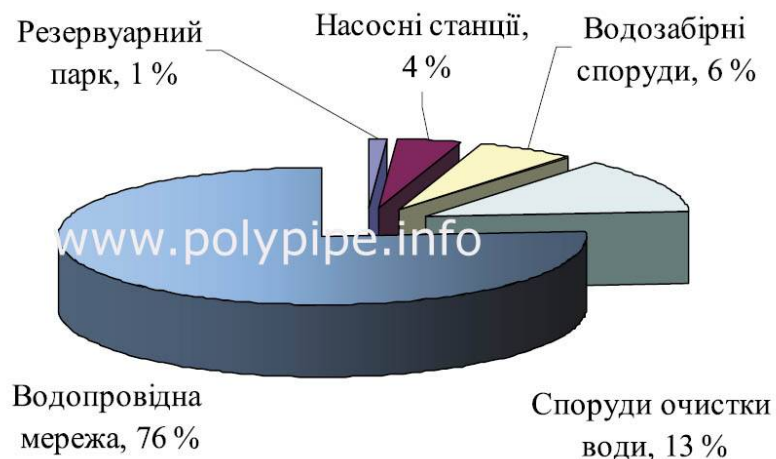


Рисунок 1.1 - Потреба в капіталовкладеннях у централізовані системи водопостачання

Виходячи із загальної довжини водопровідної мережі в 180 тис. км та відповідної довжини трубопроводів певних діаметрів, загальний об'єм труб мережі складає 14,8 млн. м³, а середнє значення її діаметра – 324 мм. Варто

відзначити, що не по усіх регіонах України протяжність та стан водопровідних мереж однаковий. Найбільша кількість водопровідних мереж в регіонах, що розташовані на сході і півдні держави та в Львівській області. Найменша протяжність водопровідних мереж припадає на Волинську, Чернівецьку, Закарпатську, Тернопільську та Івано-Франківську області.

Найбільш зношені комунальні мережі в м. Севастополі (59,6 %), Луганській (52,7 %), Дніпропетровській (51,4 %), Львівській (48,4 %) областях та в АР Крим (47,6 %), найменш – у Волинській (16,5 %), Полтавській (17,1 %) та Київській (17,2 %) областях (див. рис. 1.2.). Подібна ситуація і зі станом водопровідних мереж на селі [2].

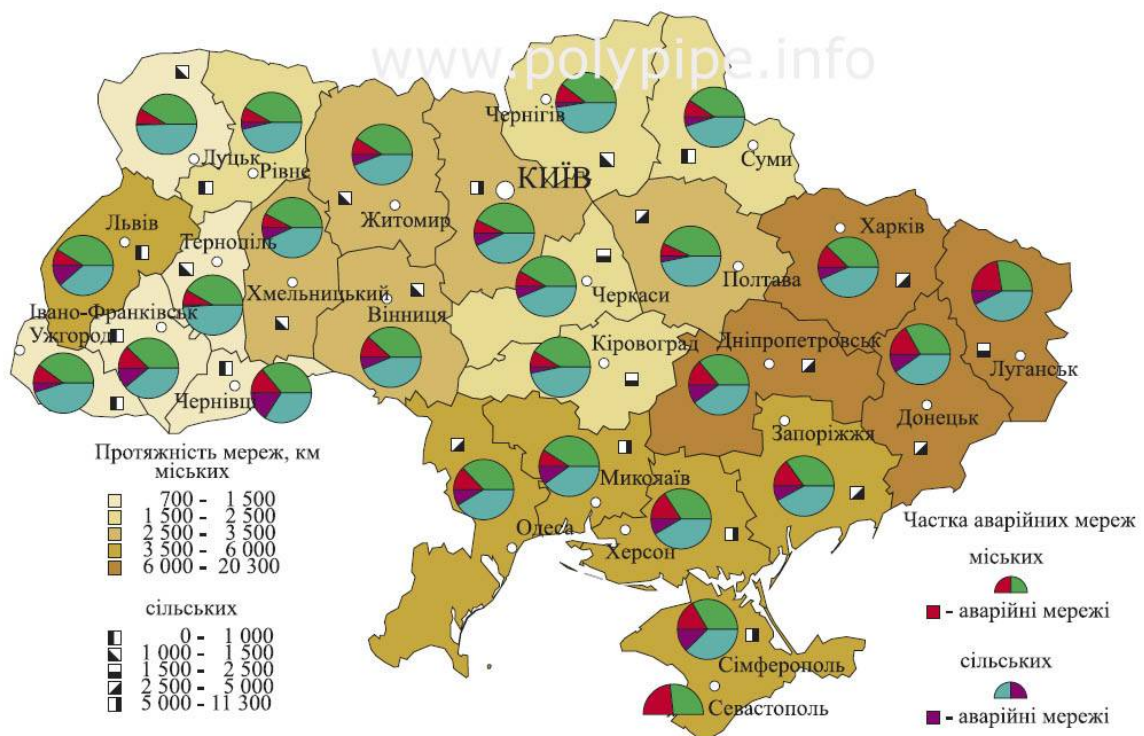


Рисунок 1.2 - Стан водопровідних мереж в Україні

Втрати води у розподільчій мережі коливаються в межах 30-50 % або й більше від загального обсягу поданої у мережу води. Найбільшими вони є у м.Севастополі (45,3 %), Закарпатській (39,6 %), Чернівецькій (37,8 %), Івано-Франківській (37,2 %) та Миколаївській (36,9 %), найменшими – у Херсонській (9,4 %), Київській (11,5 %) і Рівненській (17,9 %) областях та в м. Києві (15,3 %) [2].

Для оцінки порушень у роботі мереж водопроводу проведений статистичний аналіз більше 3000 аварій (рис. 1.3) який показав, що 77 % з них доводиться на чавунні труби, що становлять 2/3 всієї довжини трубопровідних мереж, причому 41 % пов'язаний з розривом швів та 44 % - з деформацією ґрунту [3].

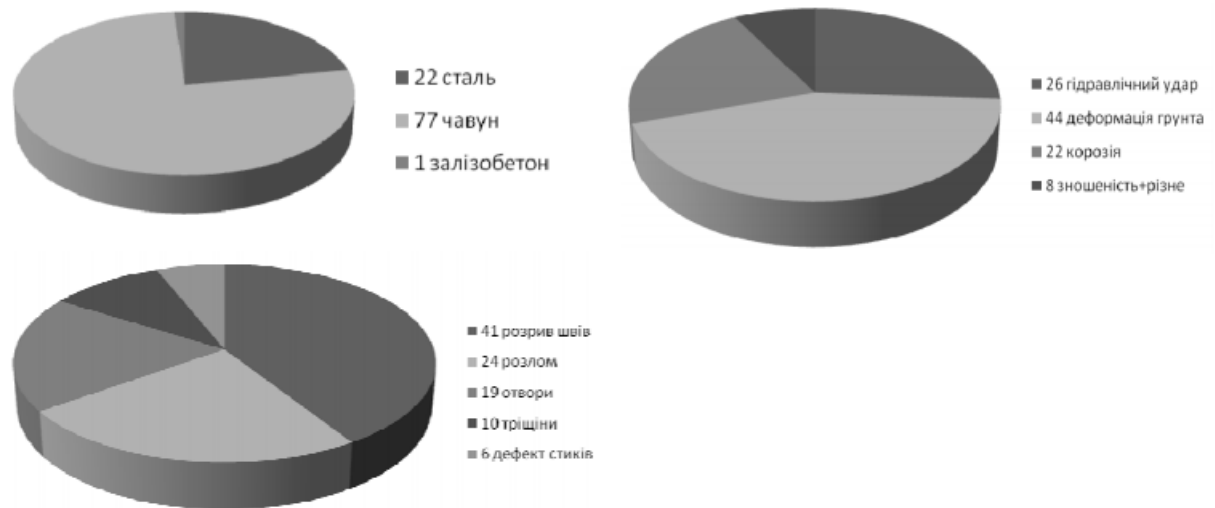


Рисунок 1.3 – Статистичний аналіз аварій на водопровідних мережах

Аналіз причин аварій на трубопроводах показав, що причиною розривів швів у більшості випадків є гідравлічний удар, а причиною утворення наскрізних отворів - корозія матеріалу труб (85 %). У той же час основною причиною розламів і тріщин у трубопроводах є деформація ґрунту. [3].

Згідно статистичних даних, аварії на трубах великого діаметра (1000– 1200 мм) відбуваються рідше, ніж на трубах середнього діаметра. Проте, аварії на трубах великого діаметра, завдають більшої шкоди безпеці роботи системі водопостачання. Ушкодження дорожніх покриттів, розмиви, пошкодження інженерних комунікацій, що проходять поруч, більші втрати води, створюють додаткові складності в локалізації ушкоджених ділянок і приводять до порушення водопостачання. Як правило, експлуатаційні терміни відновлення таких трубопроводів не витримуються [3].

З погіршенням технічного стану водопровідних систем помітно знижується ефективність їх роботи та зростають нераціональні втрати води, витоки. Показник втрат води у міських мережах є надто високим і знаходиться в межах 0,4-3,0 м³/км/год, в порівнянні з показниками у Західній Європі, які становлять 0,1-0,4 м³/км/год [2].

Низький технічний стан мереж і споруд водопостачання часто призводить до відмов та порушень в їх роботі, зниженню надійності якості надання послуг. Така ситуація призводить до необхідності підвищення вимог до надійності роботи систем комунального господарства, втілення безпечних форм організації експлуатації та будівництва мереж та споруд водопостачання [3].

1.2 Принципи забезпечення надійності роботи систем подачі та розподілу води

Надійність системи - одна з найважливіших властивостей і істотних показників якості функціонування. Надійність водопровідних систем необхідно розглядати окремо – показники надійності і показники рівня (якості) їхнього функціонування по обслуговуванню споживачів відносно їх кількості і якості води. Кожна реалізація процесу функціонування системи і кожний стан може бути охарактеризовані одночасно:

- показниками якості її функціонування (ступеня задоволення потреб споживачів);
- ймовірністю перебування в цьому стані (показниками надійності)[3].

Поняття надійності будь-якого об'єкту включає наступні властивості: безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, здатність до збереження, а також ефективність.

Безвідмовність – властивість об'єкта безупинно зберігати працездатність протягом деякого часу.

Довговічність – властивість об'єкта зберігати працездатність до настання граничного стану при встановленій системі технічного обслуговування і

ремонту. Граничний стан визначається неможливістю подальшого використання об'єкта.

Ремонтопридатність – властивість об'єкта, що полягає в пристосованості його до попередження і виявлення причин виникнення відмов, ушкоджень, а також підтримуванню і відновленню працездатного стану шляхом проведення технічного обслуговування і ремонтів.

Здатність до збереження – властивість об'єкта протистояти негативному впливу умов і тривалості зберігання і транспортування та їх вплив на його безвідмовність, довговічність і ремонтпридатність.

Ефективність застосовується іноді для оцінки якості систем. У загальному виді модель ефективності W має вигляд:

$$W = \frac{D}{C}, \quad (1.1)$$

де D – відвернений збиток;

C – витрати на запобігання збитку.

Перераховані властивості мають різну відносну значимість залежно від виду об'єкта системи водопостачання. Так, для великих споруд (греблі, резервуари, очисні станції) безвідмовність і довговічність мають першорядне значення. Для насосних станцій найбільш важливими є: безвідмовність, ремонтпридатність і довговічність [3].

1.3 Шляхи підвищення надійності роботи систем подачі та розподілу води

Забезпечення надійності системи водопостачання, як і інших систем масового обслуговування, є однією з основних задач при їх проектуванні. Система повинна бути запроектована і побудована так, щоб в процесі експлуатації вона виконувала свої функції з заданим ступенем безперебійності. Оскільки функцією систем водопостачання є подача споживачам води відповідно до заданого режиму споживання, то виконання цих умов відповідає

працездатний стан системи. Якщо в результаті будь-яких причин знижується якість водозабезпечення об'єкта нижче допустимої межі, то має місце «відмова» системи.

Для створення систем з заданим ступенем надійності використовуються наступні методи:

- 1) Резервування (дублювання);
- 2) Спрощення систем з метою зниження інтенсивності відмов і самих відмов;
- 3) Можливість створення систем з обмеженими наслідками відмови, при яких значення розрахункових параметрів не буде різко відрізнятися від формулювання відмови;
- 4) Забезпечення режимів роботи;
- 5) Контроль за основними робочими параметрами в процесі експлуатації системи.

Перший, другий та третій із перерахованих методів є методи, які застосовуються ще на стадії проектування, а 4-ий та 5-тий можливо використовувати вже на стадії експлуатації.

Резервування. Під резервуванням розуміється застосування певних засобів та можливостей з метою забезпечення працездатності об'єкта при відмові. У системах з резервуванням виділяють основний і резервний елементи: перший являє собою елемент структури об'єкта, відмова якого при відсутності резервування призводить до втрати працездатності об'єкта, другий - елемент, призначений для забезпечення працездатності об'єкта в разі відмови основного елемента.

Розрізняють загальне і роздільне резервування: загальним називають метод підвищення надійності, при якому резервується об'єкт (система) в цілому, роздільним - метод резервування окремих елементів для системи.

Наприклад, кільцева водопровідна мережа є резервованою системою. Більшість точок відбору води пов'язане з точками живлення мережі багатьма можливими шляхами, тому аварії окремих ділянок мережі не повинні

порушувати істотно процесу водозабезпечення при правильно підібраній схемі живлення на стадії проектування.

Забезпечення режимів роботи та контроль за основними робочими параметрами в процесі експлуатації системи. Загальне оперативне керівництво експлуатацією систем водопостачання та водовідведення та додержання заданих режимів їх роботи покладається на диспетчерську службу виробника згідно з Правилами технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України [4].

Завдання диспетчерської служби наведено на рис.1.4.

Структуру диспетчерської служби встановлюють залежно від схем і потужності систем водопостачання, довжини мереж, з урахуванням складності технологічних процесів.

До компетенції диспетчерської служби входить вирішення оперативних питань забезпечення надійності, безперебійності та економічності роботи окремих споруд і всієї системи (рис.1.5).

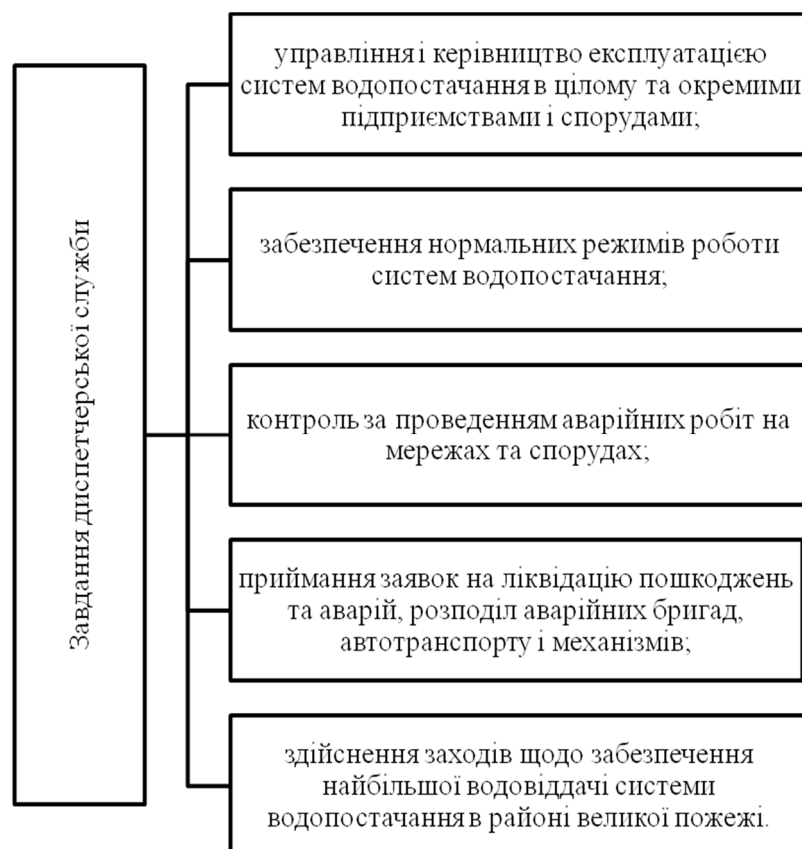


Рисунок 1.4 – Завдання диспетчерської служби



Рисунок 1.5 – Компетенція диспетчерської служби

Черговий диспетчер здійснює загальне технічне і оперативне керівництво згідно з правилами, місцевими інструкціями, вказівками і розпорядженнями керівництва виробника.

На диспетчерському пункті організують цілодобове чергування. Диспетчери працюють за графіком, затвердженим керівництвом виробника або структурних підрозділів виробника.

До обов'язків диспетчера входять:

- 1) контроль за додержанням заданих режимів роботи споруд і устаткування;
- 2) коригування заданих режимів, пов'язане із забезпеченням надійності і економічності роботи споруд;
- 3) оперативне керівництво персоналом змін діляниць і підрозділів у питаннях вмикання і відключення споруд, устаткування;
- 4) збір відомостей про стан устаткування і режим роботи споруд;
- 5) вчасне оповіщення керівництва виробника про аварії та порушення;
- 6) керівництво діями персоналу щодо локалізації та ліквідації аварій;
- 7) ведення оперативного журналу для реєстрації помічених порушень в роботі мереж, споруд і обладнання, а також службових переговорів з черговим персоналом;
- 8) ведення технічної звітності протягом зміни;

9) виклик керівних працівників виробника під час аварій чи у разі важких нещасних випадків;

10) реєстрація в оперативному журналі аварійних випадків із зазначенням часу виникнення і характеру аварії, а також оперативних заходів, вжитих для локалізації та ліквідації аварій;

11) систематичний аналіз виконання заданих режимів для виявлення найбільш економічних і надійних умов експлуатації;

12) участь у розробці і впровадженні заходів вдосконалення методів контролю за роботою споруд;

13) аналіз аварій і участь в розробці заходів для підвищення надійності роботи як всієї системи, так і її окремих елементів;

14) оперативний зв'язок з пожежною охороною, направлення представника служби мережі на місце великої пожежі для швидкого знаходження і використання пожежних гідрантів, вжиття термінових заходів щодо збільшення робочого тиску у водопровідній мережі;

15) інформування місцевих органів Державного санітарного нагляду про аварії на спорудах і мережах. Крім цього, при аварії на спорудах і мережах системи водопостачання необхідно інформувати органи пожежної охорони.

Зміна стану водопровідної мережі потребує додаткових уточнень в процесі роботи диспетчерської служби. Зокрема, зміна пропускної здатності окремих ділянок позначається на зміни вузлових напорів. Це може привести до утворення зон з напорами, що відрізняються від розрахункових. Для того, щоб попередити виникнення аварійних ситуацій, забезпечити якісне, надійне водоспоживання ці фактори слід враховувати в процесі експлуатації.

В цілому робота диспетчерської служби орієнтована на вирішення стандартних технологічних ситуацій, що трапляються під час експлуатації водопровідних мереж. Але оперативність реагування на подібні ситуації пов'язана із витрачанням часу на встановлення аварійних ділянок. Тому актуальним є розробка методики, що дозволяє прогнозувати на стадії проектування мереж можливі варіанти гідравлічного стану мережі.

1.4 Аналіз впливу матеріалу трубопроводів на надійність роботи водопровідних мереж

Відповідно до умов роботи водопровідних мереж у процесі їх експлуатації до них пред'являються наступні основні вимоги:

1. Міцність, тобто високий опір всім можливим внутрішнім і зовнішнім навантаженням;
2. Герметичність (водонепроникність);
3. Гладкість внутрішньої поверхні стінок, що забезпечує найменші втрати напору при русі води у трубах;
4. Довговічність;
5. Мінімальна вартість [5].

Відповідно до вимог нормативного документа з проектування та будівництва зовнішніх мереж водопостачання [1] для водопровідних ліній необхідно застосовувати насамперед неметалічні труби - азбестоцементні, залізобетонні, пластмасові й, якщо буде потреба, металеві - сталеві, чавунні.

Сталеві труби застосовуються:

1. При техніко-економічному обґрунтуванні;
2. Для переходу під залізницями і шосейними дорогами (під ділянками, де є динамічні навантаження);
3. При робочому тиску більше 1,2 МПа;
4. При переході через яри, водні перешкоди;
5. При прокладці у вічномерзлих ґрунтах, просадних, що набухають та на заторфованих ґрунтах [5].

Сталеві вироби для водопостачання представлені трьох видів:

- чорні (неоцинковані);
- оцинковані;
- з нержавіючої сталі.

Переваги сталевих труб:

- відносно низька вартість;

- невеликий коефіцієнт лінійного розширення (0,012 мм/м.К);
- коефіцієнт теплопровідності сталеві труби — 74 Вт/м.К, що є плюсом для системи опалення і мінусом для системи холодного водопостачання (утворюється конденсат, що сприяє процесу корозії);
- стійкість до механічних пошкоджень, що дуже важливо для відкритих систем;
- незначна деформація при високих температурах теплоносія;
- для гарячої води є можливість придбати з ізоляцією;
- для трубопроводів питної води застосовується оцинкована зварна сталева труба і матеріал з внутрішнім покриттям з полімерів.

Недоліки сталевих труб:

- корозія і схильність до накопичення біологічних відкладень, внаслідок чого знижується пропускна здатність системи;
- необхідність в систематичному профілактичному обслуговуванні (фарбування, очищення внутрішньої поверхні);
- при прокладці зовнішніх мереж потребує залучення спеціальної техніки;
- для монтажу потрібні значні часові та трудові затрати;
- відносно невеликий термін служби сталевих водопровідних труб (25-30 років).

Таким чином, *сталеві труби* мають високу міцність, порівняно з невеликою масою, здатністю чинити опір зовнішнім динамічним навантаженням і вібраціям. До основного недоліку сталевих труб відносять їх сильну корозію і у порівнянні з іншими трубами вони мають менший термін служби [5].

Чавунні розтрубні труби ($d = 65-1200\text{мм}$; $l = 2-7\text{м}$), відрізняються високою міцністю, значною протикорозійною опірністю, простотою з'єднань і довговічністю. Стилки розтрубних з'єднань зашпаровують гумовими ущільненнями або смоленим, бітумним пасмом і чеканять азбестоцементною сумішшю [5].

За своєю класифікації та складом чавун ділиться на 2 види: сірий і високо міцний чавун із кульовидним графітом (ВЧШГ). До першої категорії відноситься

непластичний, важкий і досить крихкий матеріал. Його найчастіше застосовують для спорудження трубопроводів каналізації та водопостачання в приміщенні. Зазвичай діаметр даних моделей не перевищує 100.

Труби з міцного чавуну відносяться до класу напівжорстких труб, а значить, більш підходять для підземного закладення, внаслідок рівномірного розподілу навантажень навколо труби, і красивих механічних параметрів.

Механічні характеристики труб з міцного чавуну практично такі ж, як у залізних труб, і набагато вище, ніж у всіх пластмасових труб. Дуже важливо відзначити, що ці характеристики не схильні погіршення з плином часу, що є проблемою для полімерних труб.

Труби ВЧШГ не бояться також точкових навантажень (на відмінно від пластмасових трубопроводів), ударів, вакууму (на відмінно від тонкостінних труб і пластмасових труб невідповідному жорсткості), гідравлічних ударів і т.д [5].

Труби ВЧШГ мають стикові розтрубні з'єднання зі спеціальною формою прокладки і розтруба. Переваги даних сполук полягають у можливості стику залишатися герметичним при будь-якому тиску, витримується самої трубою, і здатності кутового повороту (3-5°), що привласнює пружність секції зібраного трубопроводу і дозволяє робити повороти великого радіусу без використання фасонних частин, що ми вже бачили посеред даного повідомлення [5].

Таким чином, основними перевагами чавунних труб є:

- пожежна безпека;
- активна стійкість до низьких і високих температур води;
- шумоізоляція;
- міцність і якість;
- невеликий коефіцієнт розтягування;
- неохильність до корозій та іншим ушкодженням;
- морозостійкість становить - 60 градусів.

Недоліками використання чавунних труб є:

- при прокладці зовнішніх мереж потребує залучення спеціальної техніки;

- для монтажу потрібні значні часові та трудові затрати;
- відносно невеликий термін служби труб;
- не можна застосовувати для транспортування агресивних речовин.

Азбестоцементні труби - випускають діаметром 100-500 мм і довжиною 3-4 м.

Азбестоцементні труби виготовляються заводським способом з суміші 75-80% (по масі) портландцементу і 20-25% азбестового волокна. З'єднуються за допомогою муфт. Мають ряд переваг у порівнянні із трубами сталевими і чавунними [5].

Властиві азбестоцементних труб роблять цілком доцільне їх застосування в ряді випадків нарівні з металевими трубами. До таких переваг належать:

- а) низька теплопровідність;
- б) стійкість відносно корозії;
- в) діелектричність, вигідно відрізняє ці труби від металевих, схильних до руйнуючій дії блукаючих струмів від електротранспорту;
- г) мала об'ємна маса, що полегшує транспортування і прокладку труб;
- д) збереження в умовах експлуатації гладкою і внутрішньої поверхні, що не кородує і забезпечує їх постійну і відносно високу пропускну здатність.

Великим недоліком азбестоцементних труб є їх погана опірність ударам і динамічним навантаженням.

Залізобетонні труби напірні знаходять все більш широке застосування в системах водопостачання. Вони виготовляються у великому діапазоні діаметрів і на різні внутрішні тиску.

Для виготовлення таких труб з успіхом використовується метод попереднього напруги арматури, в результаті чого збільшується не тільки міцність, але і герметичність залізобетонних труб.

Виготовляються також залізобетонні труби з суцільним тонким сталевим циліндром. В СРСР напірні залізобетонні труби виготовляються поруч заводів.

В 1967 р. у нас введений ГОСТ 1286-67 на напірні попередньо напружені залізобетонні труби, виготовлені методом віброгідропресування. Труби

виготовляються двох класів на розрахунковий надлишковий внутрішній тиск в 15 і 10 кгс/см² з умовним діаметром від 500 до 1600 мм.

Зрозуміло, що залізобетонні труби можуть використовуватися для води, неагресивної по відношенню до бетону.

Залізобетонні труби в порівнянні з металевими (особливо сталевими) мають ряд переваг: вартість відносно корозії; діелектричність; здатність зберігати в умовах експлуатації гладку поверхню, що забезпечує сталість їх пропускної здатності.

Основними недоліками залізобетонних труб є:

- при прокладці зовнішніх мереж потребує залучення спеціальної техніки;
- для монтажу потрібні значні часові та трудові затрати;

У ряді країн напірні залізобетонні труби застосовуються не тільки для водоводів, але і для магістральних ліній водопровідних мереж.

Зазначені переваги сприяли широкому застосуванню залізобетонних труб у ряді зарубіжних країн (США, Франції, Італії, Швеції і ін).

Пластикові труби - дуже широке поняття, що об'єднує групу продуктів, що істотно відрізняються за своїми властивостями і сферою застосування. Пластикові - це загальне часто вживане поняття, більш коректний термін - **полімерні**. Серед полімерних труб розрізняють труби з термопластів і реактопластів. Полімерні труби з термопластів - це труби виготовлені з поліетилену (ПЕ, РЕ), зшитого поліетилену (РЕХ), поліпропілену (ПП, РР), полівінілхлориду (ПВХ, РВС), поліамід (ПА, РА), полібутилен (ПБ, РВ) та ін. Труби, виготовлені з реактопласту - це склопластикові, або скловолоконні, які виготовляються з епоксидної, або поліефірної смоли із застосуванням скловолокна.

Розвиток сучасних полімерних труб йде по шляху зменшення матеріалоемності із збереженням характеристик міцності. Так вага 1 м.п. ПЕ труби з поліетилену першого покоління ПЕ-63 на 40% більше, ніж вага аналогічної пластикової труби виготовленої з ПЕ-100 [6].

Поліетиленові труби довговічні, надійні, не схильні до адгезії. Вони пластичні, морозостійкі, не токсичні, їх добре зварювати. Поліетиленові труби використовують для трубопроводів будь-якого призначення, в тому числі господарсько-питного водопостачання. Напірні поліетиленові труби можна експлуатувати при температурі від 0 до 40°C [7].

Водопровідні поліетиленові труби випускають відрізками по 12 м і бухтами по 100 м. Оскільки напірні поліетиленові труби можна виготовляти набагато довгими, ніж металеві такого самого діаметра, кількість стиків на ділянці зменшується, а отже, знижується й імовірність виникнення аварійних ситуацій. Крім того, водопровідні поліетиленові труби є екологічними і не впливають на якість і хімічний склад води, яка через них проходить [7].

Поліетилен – тверда речовина білого кольору. Він еластичний, гарний діелектрик, стійкий до дії багатьох хімічних реагентів і радіоактивного випромінювання.

Для уповільнення старіння матеріалу і захисту його від сонячної радіації, яка негативно впливає на довговічність полімерів, в поліетилен додають світлостабілізатори, зокрема сажу (до 2,5%), що надає поліетилену і виробам з нього традиційний чорний колір і підвищує стійкість матеріалу до сонячних променів.

Змінюючи параметри технології полімеризації (тиск і температуру), отримують поліетилен:

- високого тиску (ПЕВТ);
- середнього тиску (ПЕСТ);
- низького тиску (ПЕНТ).

Труби з ПЕВТ вирізняються підвищеною гнучкістю, їх випускають діаметром до 160 мм. Порівняно з ПЕВТ, поліетилен низького тиску характеризується підвищеним інтервалом плавлення, міцністю при розтягу, хімічною стійкістю, але низькою стійкістю до ударів. Труби з ПЕНТ випускають діаметром до 1200 мм.

Зшитий поліетилен (РЕХ) – це поліетилен, у якого високомолекулярні лінійні ділянки макромолекул за певною технологією з'єднують (зшивають) між собою поперечними зв'язками зі створенням тривимірної сітчастої структури. Після зшивання матеріал зберігає всі властивості пластику.

Зшитий поліетилен, порівняно зі звичайним, більш стійкий до впливу високих температур і має при цьому підвищені механічні властивості. Він характеризується хорошою термоусадкою. Завдяки зшиванню поліпшуються такі показники, як тривала міцність, хімічна стійкість, стійкість до розтріскування, стійкість до ударів та морозостійкість. Труби РЕХ найкраще використовувати в системах гарячого водопостачання та опалення, їх виготовляють діаметром від 12 до 315 мм [7].

При виборі матеріалу труб необхідно приділяти увагу технологічній безвідмовності трубопроводів, що враховує рівень пошкоджуваності в процесі експлуатації [3].

В якості основного показника безвідмовності труб прийнято параметр потоку відмов ω_0 1км трубопроводу, який обчислено за формулою:

$$\omega_0 = n / T \sum L, \quad (1.2)$$

де n – кількість відмов ділянок водопровідної мережі;

T – термін спостереження;

$\sum L$ – протяжність водопровідної мережі відповідного діаметра, км.

Спілкою Німеччини з водо- та газозабезпечення (DVGW) наводиться наступна статистика щодо кількості аварій на трубопроводах питної води (рис. 1.6). До складу обстежень включено 360 водопостачальних підприємств. Довжина обстежуваних трубопроводів сягає 126000 км і майже 5 млн. км, проведених до житлових будинків. Як видно з наведеної діаграми (рис. 1.6), трубопроводи з сірого чавуну та сталі характеризуються найбільшою кількістю аварій. Сумарне їх значення сягає 72 % від загальної кількості аварій. Найменше значення цього показника належить трубам, виготовленим з ковкого чавуну. Кількість аварій на 100 км трубопроводу виконаного з цього матеріалу

становить 10 % від їх загальної кількості. Проте ці труби дуже важкі, а також мають досить високу вартість порівняно з трубами з інших матеріалів [2].

Достатньо надійними в експлуатації показали себе **поліетиленові труби**. Однак остаточний вибір труб з того чи іншого матеріалу залежить від економічного стану підприємства з надання послуг та інших техніко-економічних чинників.

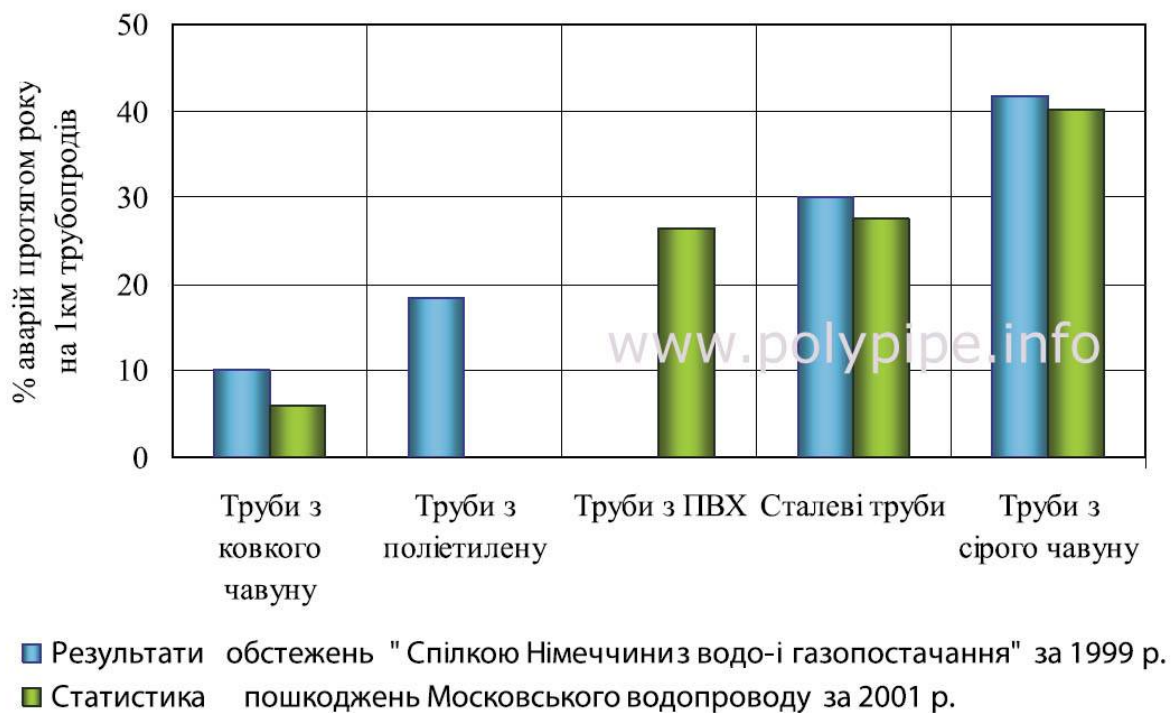


Рисунок 1.6 – Відомості про кількість аварій на 100 км мережі, трубопроводи якої виконано з різних матеріалів

Труби водопровідної мережі України виготовлені зі сталі, чавуну, залізобетону, полімерів та азбестоцементу. На більшості трубопроводів відсутнє зовнішнє протикорозійне покриття, і практично на всіх – внутрішнє покриття. Якість матеріалу труб та будівельно-монтажних робіт була завжди незадовільними, що також здійснює значний вплив на сучасний стан та якість води систем водопостачання [2].

1.5 Мета і задачі дослідження

Мета роботи: оцінка впливу окремих ділянок водопровідної мережі на надійність водопостачання в нормальних і аварійних умовах для мереж при їх проектуванні та в процесі експлуатації.

Задачі, які треба вирішити для досягнення мети:

- провести розрахунки режимів водоспоживання;
- розробити розрахункові схеми мережі, які необхідно дослідити;
- виконати гідравлічні розрахунки при нормальній роботі системи подачі та розподілу води;
- промоделювати прийнятні аварійні ситуації;
- виконати гідравлічні розрахунки при аваріях на окремих ділянках;
- виконати гідравлічні розрахунки при зміні гідравлічних опорів на ділянках мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки сумісної мережі з урахуванням заміни окремих ділянок;
- провести аналіз сумісної роботи насосних станцій і мереж при різних режимах;
- розрахувати і порівняти економічні показники варіантів мереж;
- проаналізувати отримані результати і зробити висновки.

2. Дослідження роботи водопровідної мережі в аварійних умовах

2.1 Методика дослідження

Результати досліджень, проведених в рамках «Розділу 1» показали, що найбільша кількість аварій виникає через розрив швів, які спричиняють гідравлічні удари в мережі. Тому прогнозування гідравлічних показників роботи мережі в аварійних умовах необхідно проводити не тільки для мереж, які знаходяться в експлуатації, але й ще на стадії проектування, для прогнозування утворення не тільки зон з недостатніми напорами у споживачів, але й зон з надмірними напорами. А також з метою встановлення проблемних ділянок в мережі для обладнання їх контролюючими пристроями та передбачення їх резервування, якщо необхідно, ще на стадії проектування для підвищення загальної надійності системи водопостачання.

Аналіз роботи водопровідної мережі в аварійних умовах виконано за наступною методикою:

- 1) Розрахунок режиму водоспоживання населеного пункту з визначенням всіх необхідних витрат води споживачами, в т.ч. для промислових підприємств;
- 2) Визначення розрахункових режимів роботи мережі та вузлових і шляхових витрат води;
- 3) Визначення початкового поточкорозділу для прийнятих режимів роботи мереж при нормальному режимі роботи системи;
- 4) Розрахунок діаметрів ділянок мережі та виконання гідравлічного розрахунку при нормальному режимі роботи СПРВ для прийнятих варіантів мереж (див. таблицю 2.1);
- 5) Розрахунок характеристики водоводів, підбір обладнання насосної станції 2-го підйому та побудова сумісних графіків роботи насосів та водоводів для прийнятих варіантів мереж;

- 6) Виконання гідравлічного перерахунку мережі М1 при виникненні аварій на окремих ділянках, визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі при аваріях та розрахунок площі зон з недостатніми напорами при прийнятих аварійних ситуаціях для мережі М1 (див. таблицю 2.2);
- 7) Проведення аналізу зміни гідравлічних показників при аваріях в мережі М1 та розробка рекомендацій щодо підвищення надійності роботи мережі;
- 8) Виконання гідравлічного перерахунку мережі М2 при підвищенні опору на ділянках мережі та сумісної мережі з урахуванням заміни окремих ділянок;
- 9) Розрахунок економічних показників прийнятих варіантів мереж.

Таблиця 2.1 – Прийняті для дослідження варіанти мереж

№ п/п	Найменування мережі	Стан мережі	Матеріал труб мережі
1	Мережа М1	проектowana	поліетиленові
2	Мережа М2	в експлуатації	сталеві

Таблиця 2.2 – Аварійні ситуації для мережі М1

№ п/п	№ Аварії	№ відключеної ділянки мережі
1	Аварія №1	2-6
2	Аварія №2	6-11
3	Аварія №3	11-15
4	Аварія №4	15-19
5	Аварія №5	11-12
6	Аварія №6	3-7
7	Аварія №7	7-12
8	Аварія №8	12-16
9	Аварія № 9	16-20
10	Аварія №10	15-16

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі виконана для визначення реального поточкорозділу з урахуванням закону Кірхгофу:

$$\sum h_{i-k} = 0, \quad (2.1)$$

де h_{i-k} - втрати напору на ділянках мережі, які утворюють кільце, м.

Ув'язка водопровідної мережі проведена методом Лобачова-Кроса з точністю до 0,01 м з використанням програми «Plumbing» на ЕОМ (ПК).

Основними вхідними даними для ув'язки мережі за допомогою обраного програмного забезпечення є:

- для опису вузлів в кільцях мережі: номер вузла, вузлова витрата і позначка місцевості у вузлі;
- для опису кожної ділянки в кільці: довжина в метрах, діаметр в мм та матеріал труби;
- необхідний вільний напір у невідгідній точці, який залежить від кількості поверхів у житловій забудові районів населеного пункту.

2.2 Вихідні дані для розрахунку системи водопостачання

2.2.1 Розрахунок режиму водоспоживання населеного пункту

Характеристика житлової забудови та визначення розрахункової кількості населення.

Населений пункт, для якого виконано проектування та розрахунки водопровідної мережі, має загальну площу 415,83 га та поділений на три райони:

- перший район має загальну площу 119,7 га та щільність населення 260 люд./га, забудований 9-ти поверховими будівлями. Будинки цього району обладнано внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами;

- другий район має загальну площу 174,1 га та щільність населення 480 люд./га, забудований також 9-ти поверховими будівлями. Будинки цього

району обладнано внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованим гарячим водопостачанням;

- третій район має загальну площу 122 га та щільність населення 320 люд./га, забудований 7-ми поверховими будівлями. Будинки цього району обладнано внутрішнім водопроводом, каналізацією та ваннами з місцевими водонагрівачами.

На території населеного пункту знаходяться два промислових підприємства, які також користуються водою із загального водопроводу населеного пункту. Характеристики цих промислових підприємств наведено в таблиці 2.3.

Промислові підприємства працюють у 3 зміни. На підприємстві №1 кількість робітників у гарячих цехах складає 40 % від загальної кількості працюючих, а на підприємстві №2 – 50 %.

Таблиця 2.3 - Промислові підприємства населеного пункту

№ Підприємства	Найменування підприємства	Витрата води на виробничі потреби, м ³ /добу	Кількість працюючих, люд.		
			1 зміна	2 зміна	3 зміна
№1	Завод залізобетонних конструкцій	6 000	5000	5950	4500
№2	Хлібокомбінат	12 000	2750	3000	2900

Кількість мешканців в районі населеного пункту визначається за формулою:

$$N_i = P_i * F_i \quad (2.2)$$

де P_i – щільність населення i -го району населеного пункту, люд./га;

F_i – площа i -го району міста, га.

Результати розрахунків кількості населення по районах наведено в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Визначення кількості населення в кожному районі населеного пункту

Район населеного пункту	Щільність населення, люд./га	Площа, га	Кількість мешканців, люд
I	260	119,7	31122
II	480	174,1	83568
III	320	122,03	39050
Всього по місту		415,83	153740

Добові розрахункові витрат води.

Система водопостачання населеного пункту та її окремі елементи розраховують виходячи з максимальної добової витрати. Для її визначення необхідно розрахувати наступні витрати води для населення і промислових підприємств:

- на господарсько-питні потреби населення;
- на полив вулиць і зелених насаджень;
- на господарсько-питні потреби, технологічні потреби і на прийняття душу на промисловому підприємстві;
- на внутрішнє та зовнішнє пожежогашіння для населеного пункту и промислових підприємств.

Визначення витрати води на господарсько-питні потреби міста.

Витрата води на господарсько-питні потреби визначають окремо для кожного району населеного пункту.

Середньодобова витрата води для кожного району в м³/доб. визначається:

$$Q_{\text{доб.і}} = N_i * q_i / 1000, \quad (2.3)$$

де q_i – питоме водоспоживання на 1-ну людину, л/доб.люд. (приймається по [1] в залежності від благоустрою району);

Розрахункові витрати води для окремих районів в добу найбільшого і найменшого водоспоживання розраховуються:

$$\begin{aligned} Q_{i \max} &= K_{\text{доб.макс.}i} Q_{\text{доб.}i} \\ Q_{i \min} &= K_{\text{доб.мін.}i} Q_{\text{доб.}i} \end{aligned} \quad (2.4)$$

де $K_{\text{доб.макс.}i}$, $K_{\text{доб.мін.}i}$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання відповідного району населеного пункту (в згідно з [1] приймаємо 1,1; 1,2; 1,1 і 0,7; 0,8; 0,7 відповідно для першого, другого та третього районів);

Результати розрахунків по визначенню добових витрат наведено в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок добових витрат на господарсько-питні потреби населеного пункту

Район міста	Щільність населення, люд/га	Площа, га	Кількість населення, люд.	Питоме середньодобове водоспоживання, л/доб.	Коеф. годинної нерівномірності		Добова витрата води, м ³		
					$K_{\text{доб.макс}}$	$K_{\text{доб.мін}}$	Q_i	$Q_{\text{доб.макс.}i}$	$Q_{\text{доб.мін.}i}$
I	260	119,7	31122	230	1,1	0,7	7158	7874	5011
II	480	174,1	83568	285	1,2	0,8	23817	28580	19054
III	320	122,03	39050	230	1,1	0,7	8981	9880	6287
Всього		415,83	153740				39956	46334	30351

Витрати води на полив вулиць та зелених насаджень.

Добову витрату на полив вулиць і зелених насаджень окремо для кожного району населеного пункту з урахуванням вимог [1] по витраті води з розрахунку на 1-ого мешканця, яка приймається рівною 75 л/доб.люд. для першого району, 85 л/доб.люд – для другого району та 75 л/доб.люд. для третього району. Із загальної витрати води двірники використовують на полив 40% витрати води, а поливальні машини - 60%. Розрахунок водоспоживання на полив вулиць і зелених насаджень приведений в таблиці 2.6.

Таблиця 2.6 – Результати розрахунків добової витрати води на полив вулиць і зелених насаджень

Район населеного пункту	Розрахункова кількість населення, люд.	Питома витрата на полив, л/доб.люд.	Добова витрата води на поливку, м ³ /доб.		
			Всього по району Q _{іпол.}	Двірниками Q ^і _{іпол.}	Машинами, Q ^н _{іпол.}
I	31122	75	2334	934	1400
II	83568	85	7103	2841	4262
III	39050	75	2929	1171	1757
Всього			12366	4946	7420

Витрати води на потреби промислових підприємств. Витрата води на промислових підприємствах складається із витрат на господарсько-питні потреби робітників, прийняття душа і на виробничі потреби підприємства.

Витрата води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на підприємстві, визначають для кожної зміни, виходячи з кількості працюючих і питомої витрати на одного робітника. Питоме водоспоживання для гарячих цехів приймається 45 л/зміну [1], для холодних – 25 л/зміну [1]. Відсоткове розподілення кількості працюючих у гарячих цехах наведено в завданні окремо для кожного промислового підприємства.

Результати розрахунків по визначенню витрат на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств представлено в таблиці 2.7.

Витрата води на користування душових сіток на промислових підприємствах визначається за формулою:

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

де 0,5 – годинна витрата води на 1-ну душову сітку, м³;

N_i – кількість робітників в цехах з i -тою санітарною характеристикою виробничого процесу (приймаємо за завданням);

n_i – розрахункова кількість людей на 1-ну душову сітку для i -тої санітарною характеристикою виробничого процесу.

Таблиця 2.7 – Витрата води на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств

Підприємство	Зміна	Кількість робочих, люд.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Загальна витрата Q_v , м ³
			Кількість робочих N_r , люд.	Питома витрата води на 1 люд., л/зміну	Витрата води Q_r , м ³	Кількість робочих N_r , люд.	Питома витрата води на 1 люд., л/зміну	Витрата води Q_r , м ³	
№1	I	700	280	45	12,6	420	25	10,5	23,1
	II	600	180		8,1	420		10,5	18,6
	III	300	90		4,1	210		5,3	9,3
Всього		1600	550		24,8	1050		26,3	51,0
№2	I	500	250		11,3	250		6,3	17,5
	II	400	160		7,2	240		6,0	13,2
	III	400	160		7,2	240		6,0	13,2
Всього		1300	570		25,7	730		18,3	43,9

Визначивши витрату води за формулою (2.5), розрахункову кількість робітників N_i приймаємо рівною загальній кількості робітників, зайнятих в і-тому процесі, а обставини, що не всі приймають душ, враховуються зміною значення n_i . Групи виробничого процесу для кожного підприємства окремо приймаємо за завданням - 1б для обох промислових підприємств.

Результати розрахунків по визначенню витрат води на використання душових сіток на промислових підприємствах представлені в таблицях 2.8, 2.9.

Таблиця 2.8 – Витрата води на користування душовими сітками на промислового підприємстві №1

Підприємство	Кількість робочих по змінах, люд.			Група вироб. процесу і сан. хар-ка	Кількість люд. на 1 душ. сітку	Кількість робочих душових сіток на зміну			Витрата води по змінам, м ³		
	I	II	III			I	II	III	I	II	III
Гарячі цехи	210	180	90	Iб	7	30	26	13	11,3	9,6	4,8
Холодні цехи	490	420	210	Iб	7	70	60	30	26,3	22,5	11,3
Всього по підприємству	700	600	300						37,5	32,1	16,1

Таблиця 2.9 – Витрата води на користування душовими на промисловому підприємстві №2

Підприємство	Кількість робочих по змінах, люд.			Група вироб. процесу і сан. хар-ка	Кількість люд. на 1 душ. сітку	Кількість робочих душових сіток на зміну			Витрата води по змінам, м ³		
	I	II	III			I	II	III	I	II	III
Гарячі цехи	200	160	160	Іб	7	29	23	23	10,7	8,6	8,6
Холодні цехи	300	240	240	Іб	7	43	34	34	16,1	12,9	12,9
Всього по підприємству	500	400	400						26,8	21,4	21,4

Витрати води на пожежогасіння для населеного пункту та промислових підприємств.

Розрахункова витрата на пожежогасіння і кількість одночасних пожеж для житлової забудови прийнято згідно з [1, табл. 3]: 40 л/с на одну зовнішню пожежу і 2,5 л/с на одну внутрішню пожежу при 2-х одночасних пожежах в місті.

Розрахункова витрата на пожежогасіння промислових підприємств приймаємо згідно з [1]:

- для підприємства №1 (заводу залізобетонних конструкцій) – 15 л/с, що відповідає I-ому ступеню вогнестійкості споруди промислового підприємства при пожежній небезпечності виробництва на ньому категорій «А» та «В» і об'ємом найбільшої будівлі 10 тис. м³;

- для підприємства №2 (хлібокомбінату) – 15 л/с, що відповідає II-ому ступеню вогнестійкості споруди промислового підприємства при пожежній небезпечності виробництва на ньому категорії «В» і об'ємом найбільшої будівлі 20 тис. м³

Територія промислових підприємств не перевищує 150 га, тому кількість можливих одночасних пожеж на двох підприємствах приймаємо рівною одній, при двох одночасних пожежах в житловій забудові населеного пункту.

Розрахункова витрата води на пожежогасіння в населеному пункті складе:

$$Q_{\text{пож.}} = 2 \cdot (40 + 2,5) + 0,5 \cdot 15 + 0,5 \cdot 15 = 100 \text{ л/с.} \quad (2.6)$$

Визначення загального режиму водоспоживання міста.

Для визначення режиму водоспоживання води на господарсько-питні потреби кожного району населеного пункту визначається максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності за формулою:

$$K_{\text{max}} = \alpha_{\text{max}} \beta_{\text{max}}, \quad (2.7)$$

де α_{max} – коефіцієнт, який враховує ступінь упорядкованості будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови (приймається по [1]);

β_{max} – коефіцієнт, який враховує чисельність населення в кожному районі населеного пункту (приймається по [1]);

Розрахований коефіцієнт не співпадає із табличним значенням, тоді значення в % від $Q_{\text{доб.мак}}$ в час максимального водоспоживання замінюємо значенням, яке розраховується за формулою:

$$P_{\text{ск}} = K_{\text{max}} \cdot 4,17, \quad (2.8)$$

де $P_{\text{ск}}$ – витрата води в годину максимального водоспоживання в % від $Q_{\text{доб.мак}}$.

Всі вищеописані в п. 2.1.3 розрахунки представлено в таблиці 2.10.

Таблиця 2.10 – Результати розрахунків коефіцієнтів нерівномірності для районів населеного пункту

Район	$\alpha_{i\text{max}}$	$\beta_{i\text{max}}$	$K_{i\text{max р.}}$	$K_{i\text{max табл.}}$	$P_{\text{ск}}$
I	1,25	1,184	1,480	1,5	6,17
II	1,25	1,116	1,395	1,4	5,82
III	1,25	1,190	1,488	1,5	6,20

Для того, щоб після таких змін не порушився добовий баланс, коректуються витрати води в години із середнім водоспоживанням, що і зроблено в таблиці 2.11.

По відсотковому розподіленню добових витрат визначаємо витрату води для кожної години доби за формулою:

$$Q_i = P_i \cdot Q_{i \text{ доб.мак}} / 100, \quad (2.9)$$

де P_i – значення і-ого годинної витрати, %;

$Q_{i \text{ доб. max}}$ – максимальна витрата для і-того району міста, м³.

Режим витрати води на полив вулиць та зелених насаджень приймаємо рівномірний протягом годин доби, при цьому полив силами двірників планується протягом 4 годин зранку і ввечері, а полив машинами – протягом двох змін (14 годин). Годинна витрата води на полив визначається за формулою:

$$Q_{\text{г.пол.}} = Q_{\text{доб.пол.}} / T_{\text{пол.}} \quad (2.10)$$

де $Q_{\text{доб.пол.}}$ – витрата води на полив (силами двірників або машинами);

$T_{\text{пол.}}$ – тривалість поливу.

Для господарсько-питного водоспоживання на виробництві коефіцієнти годинної нерівномірності приймаються: в гарячих цехах – 2,5 [1], в холодних – 3 [1].

Вода на використання душовими сітками витрачається в визначеній вище кількості по закінченню відповідної зміни на промислових підприємствах.

Режим витрати води на виробничі потреби приймається рівномірним на час роботи підприємства.

Результати вищеописаних розрахунків приведені в таблиці 2.11. За даними цієї таблиці побудований ступінчастий (диференціальний) графік погодинного водоспоживання населеного пункту (рис. 2.1).

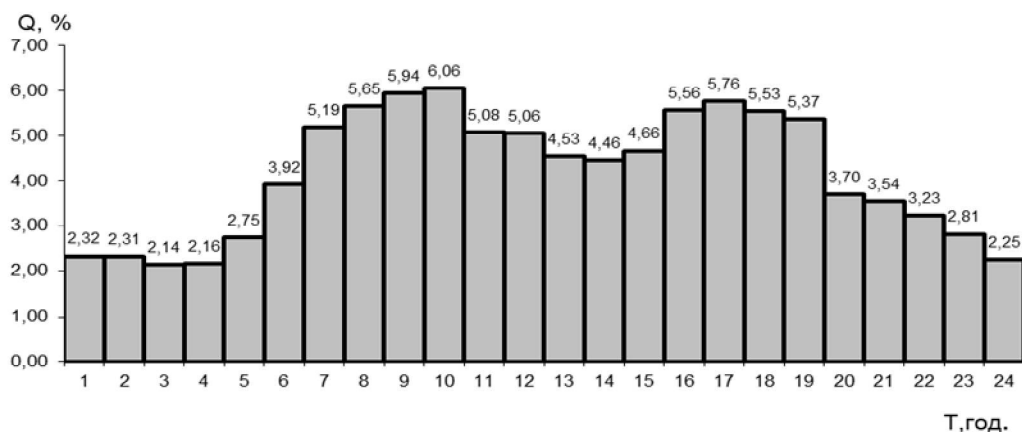


Рисунок 2.1 – Графік загального погодинного водоспоживання населеного пункту

Таблиця 2.11 – Результати розрахунків загального водоспоживання міста

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

Продовження табл. 2.11.

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

2.2.2 Визначення режиму роботи насосної станції другого підйому та визначення ємностей регулюючих резервуарів

Визначаємо регулюючу ємність бака водонапірної башти табличним методом.

Режим роботи насосної станції 2-го підйому приймаємо наступний:

- з 0 до 5-ти ранку та з 20 до 24 годин вечора – подача насосної станції буде дорівнювати 2,6 % від розрахованого добового споживання населеного пункту (приймаємо з таблиці 2.11 – 76 947 м³/добу);

- з 6-ти ранку до 20ти годин вечора – подача насосної станції буде дорівнювати 5,286 % від розрахованого добового споживання населеного пункту (приймаємо з таблиці 2.11 – 76 947 м³/добу).

Результати розрахунків регулюючої ємності бака водонапірної башти представлено в таблиці 2.12.

Повний об'єм баку водонапірної башти визначається за формулою:

$$W_6 = W_{\text{рег}} + W_{\text{нз}}, \quad (2.11)$$

де $W_{\text{рег}}$ – регулюючий об'єм бака, м³ (приймаємо за табл. 2.12);

$W_{\text{нз}}$ – запас води в баці, який дорівнює 10-хвилинній тривалості гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожеж [1], м³.

Ємність регулюючої частини баку водонапірної башти складе: 1,47 + 1,69 = 3,16 %.

$$W_{\text{нз}} = (40+2,5)*600/1000 = 25,5 \text{ м}^3;$$

$$W_6 = 0,0316*76\,947 + 25,5 = 2\,457,03 \text{ м}^3.$$

Таблиця 2.12 – Результати розрахунків регулюючої ємності бака водонапірної башти

Години доби	Витрата води містом, %	Подача води насос. ст., %	Надходження в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0...1	2,32	2,60	0,28	0,00	0,28
1...2	2,31	2,60	0,29	0,00	0,57
2...3	2,14	2,60	0,46	0,00	1,03
3...4	2,16	2,60	0,44	0,00	1,47
4...5	2,75	2,60	0,00	0,15	1,32
5...6	3,92	2,60	0,00	1,32	0,00
6...7	5,19	5,286	0,10	0,00	0,09
7...8	5,65	5,286	0,00	0,36	-0,27
8...9	5,94	5,286	0,00	0,65	-0,92
9...10	6,06	5,286	0,00	0,77	-1,69
10...11	5,08	5,286	0,20	0,00	-1,49
11...12	5,06	5,286	0,23	0,00	-1,26
12...13	4,53	5,286	0,75	0,00	-0,51
13...14	4,46	5,286	0,83	0,00	0,32
14...15	4,66	5,286	0,62	0,00	0,95
15...16	5,56	5,286	0,00	0,28	0,67
16...17	5,76	5,286	0,00	0,48	0,19
17...18	5,53	5,286	0,00	0,25	-0,06
18...19	5,37	5,286	0,00	0,09	-0,14
19...20	3,70	5,286	1,59	0,00	1,44
20...21	3,54	2,600	0,00	0,94	0,50
21...22	3,23	2,600	0,00	0,63	-0,13
22...23	2,81	2,600	0,00	0,21	-0,34
23...24	2,25	2,600	0,35	0,00	0,00
	100,00	100,00	6,14	6,13	

2.2.3 Вибір розрахункових режимів роботи водопровідної мережі

Розрахункові режими роботи мережі залежать переважним чином від положення в ній водонапірної башти на позначки її розташування. Із умови, що висота стовбура водонапірної башти повинна бути мінімальною, її необхідно розташувати на самій високій точці місцевості. Ця точка

знаходиться на початку мережі, тому обираємо схему с баштою на початку мережі. Точкою підключення башти до мережі є вузол № 3. Для прийнятої схеми розрахунковими режимами є:

- режим максимального водоспоживання;
- режим пожежогасіння при максимальному водоспоживанні.

2.2.4 Розрахунок вузлових та шляхових витрат

Питомі і шляхові витрати визначаємо для режиму максимального водоспоживання, вузлові – для кожного з прийнятих розрахункових режимів роботи водопровідної мережі.

Для режиму пожежогасіння приймаємо вузлові розрахункові витрати як для режиму максимального водоспоживання, але із додаванням у відповідні вузли витрат на пожежогасіння, визначені у п. 2.2.1. Такі вузли обираємо з урахуванням можливості пропускання мережею цих додаткових витрат у найвіддаленіші вузли мережі від точки підключення до неї водоводів насосної станції 2-го підйому. Таким чином, додаткові вузлові витрати води на пожежогасіння додаємо у вузли – №№ 9, 25 для промислових підприємств і у вузли №№ 22 та 24 для населеного пункту.

Питома витрата і-того району при максимальному водоспоживанні:

$$q_{num} = (Q_i - \sum Q_{ci}) \sum l, \quad (2.12)$$

де Q_i - повна витрата води, яка відбирається із мережі при максимальному водоспоживанні, л/с;

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

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

Результати всіх вищенаведених розрахунків представлені в таблиці 2.13.

Шляхові витрати води по ділянках мережі визначаємо:

$$Q_{шл} = q_{уди} * l_n, \quad (2.13)$$

де l_n - розрахункова довжина відповідної ділянки, м.

Результати розрахунків шляхових витрат води по ділянках мережі представлені в таблиці 2.14.

Таблиця 2.13 – Питомі витрати води районів населеного пункту при максимальному водоспоживанні

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

Таблиця 2.14 – Результати розрахунків шляхових витрат по ділянках мережі для режиму максимального водоспоживання

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
1-2	500	0,0403	20,15
1-5	380	0,0403	15,31
2-6	600	0,0403	24,18
5-6	400	0,0403	16,12
2-3	180	0,0403	7,25
3-7	500	0,0403	20,15
6-7	500	0,0403	20,15
3-4	200	0,0403	8,06
4-8	150	0,0403	6,04
7-8	560	0,0403	22,57
8-9	140	0,0403	5,64
5-10	160	0,0403	6,45
6-11	400	0,0403	16,12
7-12	400	0,0403	16,12
9-13	200	0,0403	8,06
10-11	250	0,0403	32,91
	250	0,0914	
11-12	160	0,0403	21,06
	160	0,0914	

Продовження табл. 2.14

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Питома витрата, л/с·м	Шляхова витрата, л/с
12-13	400	0,0403	52,66
	400	0,0914	
10-14	300	0,0914	27,41
14-15	440	0,0914	40,20
11-15	600	0,0914	54,82
15-16	420	0,0914	38,37
12-16	840	0,0914	76,74
16-17	800	0,0914	73,09
13-17	400	0,0914	36,54
14-18	250	0,0914	22,84
15-19	600	0,0914	54,82
16-20	500	0,0914	45,68
17-21	430	0,0914	39,28
18-19	210	0,0914	29,02
	210	0,0468	
19-20	150	0,0914	20,73
	150	0,0468	
20-21	310	0,0914	42,84
	310	0,0468	
18-22	260	0,0468	12,18
22-23	310	0,0468	14,52
19-23	1000	0,0468	46,85
23-24	350	0,0468	16,40
20-24	960	0,0468	44,97
24-25	200	0,0468	9,37
21-25	430	0,0468	20,14
Всього	17320		1085,83

Вузлові витрати води для випадку максимального водоспоживання визначаються за формулою:

$$Q_{yzi} = 0,5(\sum Q_n)_{yz}, \quad (2.14)$$

де $(\sum Q_n)_{yz}$ - сума шляхових витрат ділянок, які примикають к і-тому вузлу.

Результати розрахунків вузлових витрат представлені в таблиці 2.15.

Витрати води для промислових підприємств (зосереджені витрати) відбираються із відповідних вузлів мережі, розташованих найближче до

території пром підприємства: для підприємства №1 – з вузла №9, для підприємства №2 – з вузла №25.

Таблиця 2.15 – Результати розрахунків вузлових витрат води

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

Продовження табл. 2.15

№№ вузлів	№№ ділянок	(Qшл)вуз., л/с	Максимальне водоспоживання Qвуз., л/с
12	7-12	16,12	83,29
	11-12	21,06	
	12-16	76,74	
	12-13	52,66	
13	9-13	8,06	48,63
	12-13	52,66	
	13-17	36,54	
14	10-14	27,41	45,22
	14-15	40,20	
	14-18	22,84	
15	14-15	40,20	94,10
	11-15	54,82	
	15-16	38,37	
	15-19	54,82	
16	12-16	76,74	116,94
	15-16	38,37	
	16-20	45,68	
	16-17	73,09	
17	13-17	36,54	74,46
	16-17	73,09	
	17-21	39,28	
18	14-18	22,84	32,02
	18-22	12,18	
	18-19	29,02	
19	18-19	29,02	75,71
	15-19	54,82	
	19-23	46,85	
	19-20	20,73	
20	19-20	20,73	77,12
	16-20	45,68	
	20-24	44,98	
	20-21	42,85	
21	17-21	39,28	51,14
	20-21	42,85	
	21-25	20,15	
22	18-22	12,18	13,35
	22-23	14,52	
23	22-23	14,5235	38,89
	19-23	46,8501	
	23-24	16,3975	

Продовження таблиці 2.15

№№ вузлів	№№ ділянок	(Qшл)вуз., л/с	Максимальне водоспоживання Qвуз., л/с
24	23-24	16,40	35,37
	20-24	44,98	
	24-25	9,37	
25	21-25	20,15	14,76
	24-25	9,37	
Всього			1085,83

2.3 Дослідження роботи водопровідної мережі М1 в аварійних умовах

2.3.1 Гідравлічний розрахунок мережі М1 при нормальних умовах

Визначення початкового потокорозділу та побудова вихідних розрахункових схем мережі.

Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці починаємо з точок сходу потоків в мережі. Витрату води у вузлу сходу розподіляємо по ділянках водопровідної мережі, які сходяться у вузлу, додержуючись умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{\text{вуз.}} = 0, \quad (2.15)$$

де $\sum q_{i-k}$ - сума витрат води на ділянках, які примикають до відповідного вузла, л/с;

$Q_{\text{вуз.}}$ - відбір води із відповідного вузла, л/с.

Щоб визначити діаметри ділянок водопровідної мережі, спочатку визначаємо значення економічного фактору E для заданого району будівництва:

$$\vartheta = \frac{m \cdot \beta}{\alpha \cdot b}, \quad (2.16)$$

де b – коефіцієнт, який приймаємо за [8] рівним 150 для пластмасових труб;

α - коефіцієнт, який приймаємо за [8] рівним 1,95 для пластмасових труб;

m - коефіцієнт, який приймаємо за [8] рівним 4,774 для пластмасових труб;

β – коефіцієнт, який визначаємо за формулою:

$$\beta = \frac{24 \cdot 365}{102} \cdot 10^3 \cdot \frac{\sigma \cdot \gamma \cdot k}{\eta \cdot \left(\frac{1}{T} + R\right)}, \quad (2.17)$$

де σ - вартість електроенергії, грн./кВт·год;

γ – коефіцієнт нерівномірності витрати електроенергії (приймаємо за [8] $\gamma=0,7$);

η – ККД насосних агрегатів, які подають воду (приймаємо за [9] $\eta=0,7$);

T – термін окупності (приймаємо за [8] 8 років);

R – сума амортизаційних відрахувань, включно із затратами на капітальний ремонт і поточні ремонти, % (приймаємо за [8] для сталевих труб $R = 4,6$ %);

k - коефіцієнт, який приймаємо за [8] рівним 0,001052 для пластмасових труб.

$$\beta = \frac{24 \cdot 365}{102} \cdot 10^3 \cdot \frac{1,4 \cdot 0,7 \cdot 0,001052}{0,7 \cdot \left(\frac{1}{8} + 4,6\right)} = 26,77;$$

$$\beta = \frac{4,774 \cdot 26,77}{1,95 \cdot 150} = 0,44.$$

Найближче значення табличного фактору $E = 0,5$ [8], тому діаметр ділянки визначаємо за приведеною витратою:

$$q_{np.i} = q_{i-k} \sqrt[3]{E / E_{табл}}, \quad (2.18)$$

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

За розрахункові витрати, згідно з якими визначаємо діаметр окремих ділянок, в системі з водонапірною баштою на початку мережі приймаємо розрахункові витрати цих ділянок для випадку максимального водоспоживання.

Всі вище приведені вказівки і результати розрахунків приведені на схемі мережі (рис.2.2) і в таблиці 2.16.

Таблиця 2.16 – Результати розрахунків діаметрів ділянок мережі М1

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

Продовження таблиці 2.16

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

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі на ЕОМ та визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі

Гідравлічну ув'язку виконано за методикою, описаною в п. 2.1.

Результати гідравлічного розрахунку для прийнятих режимів водоспоживання представлені в таблицях А.1 - А.2 (дод. А).

Після ув'язки перевіряємо умову:

$$\sum q_{\text{узл.}} = 0; \sum h_k \leq 0,01. \quad (2.19)$$

Визначаємо п'єзометричні позначки у вузлах мережі за формулою:

$$\Pi_i = H_{\text{віль.необх.}i} + Z_i, \quad (2.20)$$

де Z_i - позначка поверхні землі в і-ому вузлу мережі, м;

$H_{\text{віль.необх.}i}$ - необхідний вільний напір у вузлу за результатами гідравлічного розрахунку, м;

Результати розрахунків п'єзометричних позначок у вузлах мережі для двох обраних режимів представлені в таблицях А.3 - А.4 (дод. А).

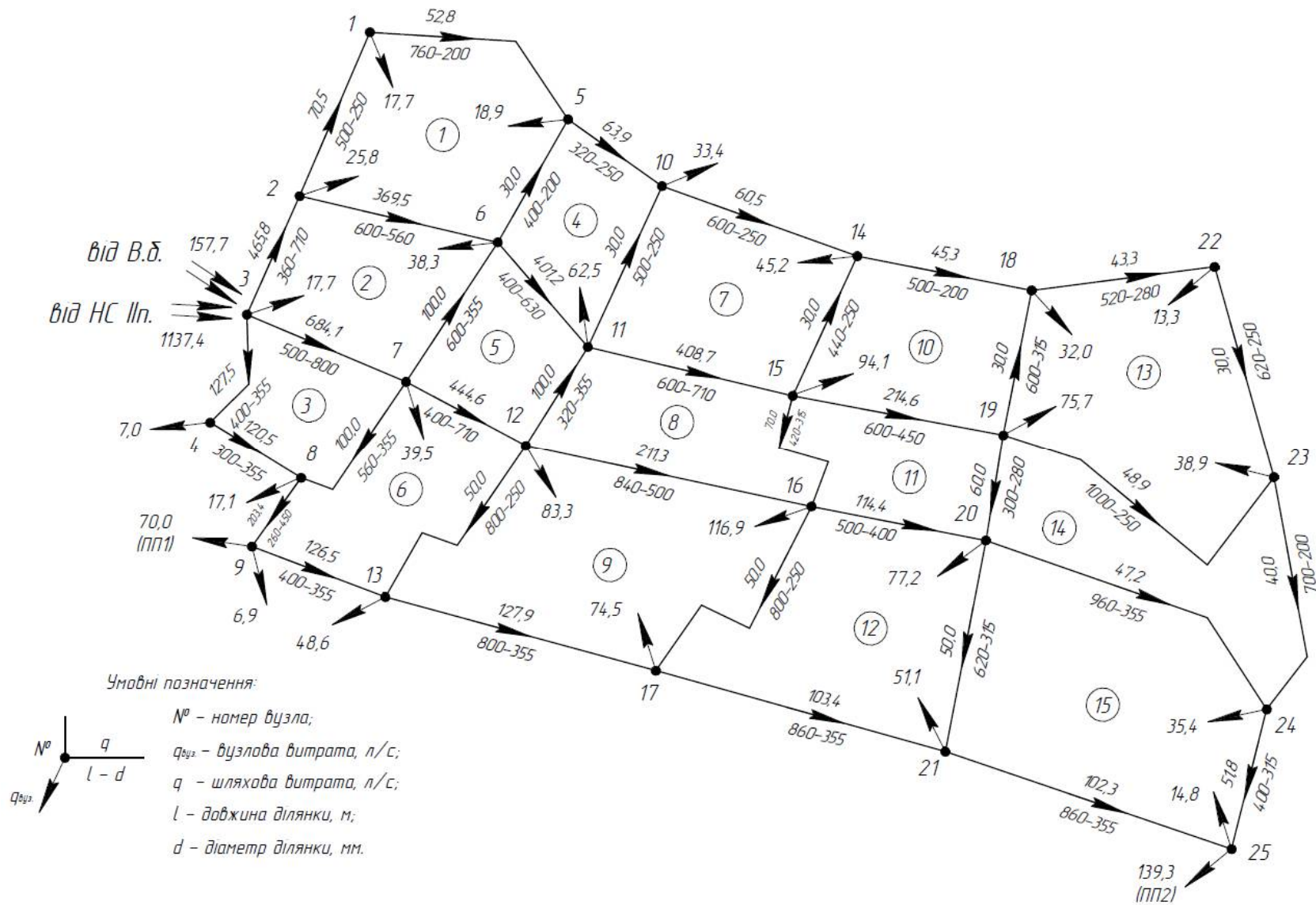


Рисунок 2.2 – Початковий потікорозділ для режиму максимального водоспоживання мережі М1

2.3.2 Гідравлічний розрахунок мережі М1 при аваріях

Для визначення гідравлічних характеристик мережі при 10-ти аварійних ситуаціях, прийнятих в п. 2.1, виконані гідравлічні перерахунки мережі при поперемінному відключенні зазначених в таблиці 2.1 ділянок мережі.

Гідравлічна ув'язка мережі та розрахунок п'єзометричних позначок у вузлах мережі для прийнятих аварійних ситуацій виконані за методикою, описаною у п. п. 2.1 та 2.3.1.

Результати гідравлічної ув'язки та розрахунків п'єзометричних позначок представлені у додатку Б.

2.3.3 Розрахунок характеристики водоводів та вибір обладнання насосної станції 2-го підйому для мережі М1

Розрахунок водогонів насосної станції 2-го підйому при нормальному режимі роботи мережі.

Кількість водоводів приймаємо 2, обидва – робочі, матеріал - пластик, які і для всієї мережа. Економічний фактор прийнятий, як і для мережі, $E=0,5$ [8, табл.12]. Діаметр водоводів приймаємо в залежності від витрати - $d = 800\text{мм}$.

Сумісна характеристика водоводів насосної станції 2-го підйому і мережі розраховується за формулою:

$$H_n = H_g + h_{\text{мер}} + h_{\text{вод}}, \quad (2.21)$$

де H_g – геометрична висота підйому води до споживача, м:

$$H_g = \Pi_{\text{н.т.}} - Z_{\text{дж.}}, \quad (2.22)$$

де $\Pi_{\text{н.т.}}$ – п'єзометрична позначка невідгідної точки, м (розрахована у п.2.3.1);

$Z_{\text{дж.}}$ – позначка рівня води в джерелі, м (прийнята за завданням 70 м).

$h_{\text{вод.}}$ - втрати напору в водоводах, м:

$$h_{\text{вод.}} = 1,15 * i * l, \quad (2.23)$$

де i – гідравлічний опір (приймається за таблицями [8]);

l – довжина водоводів, м (за завданням – 2000 м).

$h_{\text{мер.}}$ - втрати напору в мережі, м.

Фіктивний опір мережі визначається за формулою:

$$S = \frac{(H - H_{н.м})}{Q_{\text{max}}^2} \quad (2.24)$$

H - п'єзометрична позначка у точці підключення водоводів до мережі, (приймаємо за результатами розрахунків п. 2.3.1 із додатку А, $H = 126,81\text{ м}$);

$H_{н.м}$ - п'єзометрична позначка невідгідної точки, (приймаємо за результатами розрахунків п. 2.3.1 із додатку, $H_{н.м} = 116,0\text{ м}$);

Q_{max} - витрата води, яка подається в мережу, л/с;

Відповідно втрати напору в мережі визначаються за формулою:

$$h_{\text{мер.}} = S_{\phi} \cdot q^2. \quad (2.25)$$

Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі приведені у табл. 2.17.

Таблиця 2.17 – Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі М1

Показник	0	0,25Q	0,5Q	0,75Q	Q	1,25Q
Q, м ³ /с	0	0,1422	0,2844	0,4265	0,5687	0,7109
V, м/с	0	0,2830	0,5660	0,8490	1,1320	1,4150
1000i	0	0,149	0,516	1,085	1,852	2,817
$h_{\text{вод.}}$, М	0	0,34	1,19	2,50	4,26	6,48
$S_{\text{мер.}}$ (для q, м ³ /с)	8,36					
$h_{\text{мер.}}$, М	0,00	0,17	0,68	1,52	2,70	4,22
H_{Γ} .	56,81					
$H = H_{\Gamma} + h_{\text{вод.}} + h_{\text{мер.}}$	56,810	57,321	58,672	60,826	63,773	67,511

За даними таблиці 2.17 будуюмо графічні залежності виду $H = f(Q)$. Побудовані залежності представлені на рис. А.1 в дод. А.

Вибір насосного обладнання насосної станції (НС) 2-го підйому. У відповідності до необхідної витрати, яка подається НС 2-го підйому на другому ступені роботи (5,286 %) – 1137,4 л/с та необхідному напору, який повинен бути не менше 63,77 м (див. табл. 2.17), а також з урахуванням зниження подачі насосів при паралельній їх роботі, обираємо до установки на насосній станції 2-го підйому 2 робочих насоси і 2 резервні типу Д2500-62-2.

Загальні характеристики обраного насосу:

- витрата – 2500 м³/год;
- напір – 62 м;
- частота обертання робочого колеса – 980 об./хв.;
- потужність двигуна – 480 кВт;
- ККД – 88,5%

Графічні характеристики обраного насосу показані на рисунку 2.3.

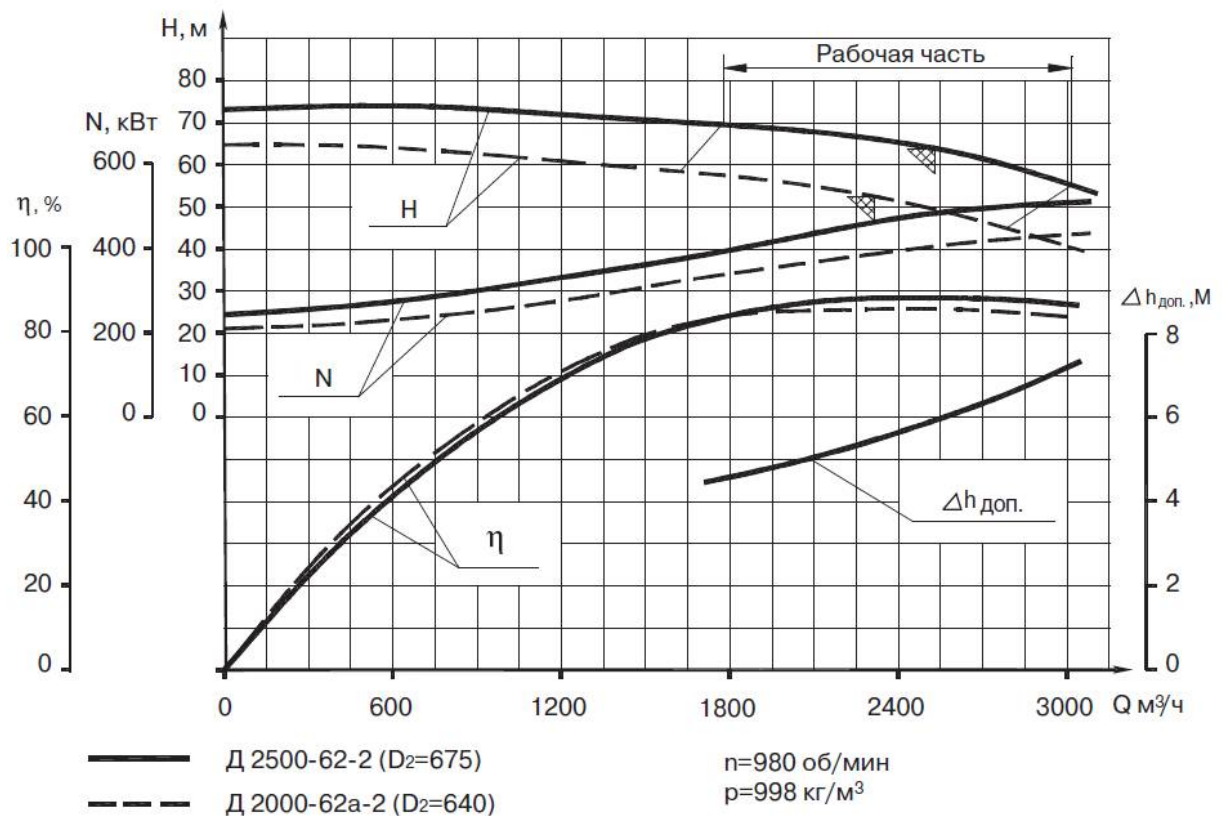


Рисунок 2.3 - Характеристика насосу типу Д2500-62-2

Розрахунок характеристики водоводів при аваріях.

При виникненні аварій розрахунок характеристики водоводів проводиться аналогічно, як і для нормального режиму роботи, описаного вище. Діаметр водоводів, швидкість води та втрати напору в водоводах залишаються незмінними, змінюються п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі, відповідно змінюється і повний фіктивний опір мережі, і втрати напору в мережі.

Позначки точки підключення водоводів (вузла №3) для аварійних ситуацій №№1-10 прийняті за результатами розрахунків, представлених в додатку Б (таблиці Б.11 – Б.21). Результати розрахунків характеристики водоводів для аварійних ситуацій №№1 – 10 показані у табл. 2.18.

Таблиця 2.18 – Результати розрахунків характеристики водоводів та мережі М1 при аварійних ситуаціях №№1 - 10

Аварії	Показник	Значення показників					
		0	0,25Q	0,5Q	0,75Q	Q	1,25Q
	Q, м ³ /с	0,000	0,142	0,284	0,427	0,569	0,711
	h _{вод.} , м	0,000	0,342	1,187	2,496	4,261	6,478
	H _{Г.}	56,810	56,810	56,810	56,810	56,810	56,810
1	S _{мер.} (для q, м ³ /с)	12,685	12,685	12,685	12,685	12,685	12,685
	h _{мер.} , м	0,000	0,256	1,026	2,308	4,103	6,410
	H=H _{Г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	56,810	57,408	59,022	61,613	65,173	69,698
2	S _{мер.} (для q, м ³ /с)	13,504	13,504	13,504	13,504	13,504	13,504
	h _{мер.} , м	0,000	0,273	1,092	2,457	4,368	6,824
	H=H _{Г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	56,810	57,425	59,089	61,762	65,438	70,113
3	S _{мер.} (для q, м ³ /с)	18,606	18,606	18,606	18,606	18,606	18,606
	h _{мер.} , м	0,000	0,376	1,504	3,385	6,018	9,402
	H=H _{Г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	56,810	57,528	59,501	62,690	67,088	72,691
4	S _{мер.} (для q, м ³ /с)	16,117	16,117	16,117	16,117	16,117	16,117
	h _{мер.} , м	0,000	0,326	1,303	2,932	5,213	8,145
	H=H _{Г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	56,810	57,478	59,300	62,238	66,283	71,433

Продовження табл. 2.18

Аварії	Показник	Значення показників					
		0	0,25Q	0,5Q	0,75Q	Q	1,25Q
5	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	8,572	8,572	8,572	8,572	8,572	8,572
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,173	0,693	1,560	2,773	4,332
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,325	58,690	60,865	63,843	67,620
6	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	21,141	21,141	21,141	21,141	21,141	21,141
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,427	1,709	3,846	6,838	10,684
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,579	59,706	63,152	67,908	73,972
7	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	16,411	16,411	16,411	16,411	16,411	16,411
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,332	1,327	2,985	5,308	8,293
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,484	59,324	62,291	66,378	71,581
8	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	15,367	15,367	15,367	15,367	15,367	15,367
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,311	1,243	2,796	4,970	7,766
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,463	59,239	62,101	66,041	71,054
9	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	16,496	16,496	16,496	16,496	16,496	16,496
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,333	1,334	3,001	5,335	8,336
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,485	59,330	62,307	66,406	71,624
10	$S_{\text{мер.}} \text{ (для } q, \text{ м}^3/\text{с)}$	8,735	8,735	8,735	8,735	8,735	8,735
	$h_{\text{мер.}}, \text{ м}$	0,000	0,177	0,706	1,589	2,825	4,414
	$H=H_{\Gamma}+h_{\text{вод.}}+h_{\text{мер.}}$	56,810	57,328	58,703	60,895	63,896	67,702

На сумісний графік роботи НС 2-го підйому та водоводів наносимо розраховані в таблиці 2.18 характеристики водоводів для всіх аварійних ситуацій для визначення зниження витрати води, яка буде подаватися в мережу насосною станцією 2-го підйому при аваріях на цих ділянках мережі (див. рис. А.1, дод. А).

2.3.4 Визначення площі зон недостатніх напорів при аваріях для мережі

М1

Для оцінки впливу відключення окремих ділянок мережі на її гідравлічні характеристики визначасмо площу зони частини розглянутого населеного пункту, яка при аварії має вільні напори у вузлах мережі нижчі за необхідні.

Для визначення площі зон недостатніх напорів при аваріях спочатку необхідно розрахувати вільні напори та п'єзометричні позначки у кожному вузлу мережі наступним чином: вільний напір у точці підключення водоводів насосної станції 2-го підйому до мережі залишається рівним напору при нормальній роботі мережі (напору у вузлу №3 – 51,81 м вод.ст.) та пересуваючись по напрямках руху води розраховуємо напір у всіх інших вузлах мережі, враховуючи втрати напорів на усіх ділянках мережі та позначки землі у них. Отриманні значення інтерполюються та намічаються зони, у які при аварії вода не надходить. Таким чином проведено розрахунки для всіх 10-ти аварійних ситуацій для режиму максимального водоспоживання. Розрахунок п'єзометричних позначок та вільних напорів відносно точки підключення водоводів до мереж представлений у таблицях Б.11 – Б.21 (дод. Б) для аварійних ситуацій №№1-10 відповідно.

Результати розрахунку площі зон недостатніх напорів зведені у таблицю 2.19 та показані у додатку В.

Таблиця 2.19 – Площі зон недостатніх напорів при аваріях №№1-10 в мережі

М1

№ п/п	Аварія	№ відключеної ділянки мережі	Площа зони недостатніх напорів, га
1	Аварія №1	2-6	216,99
2	Аварія №2	6-11	263,53
3	Аварія №3	11-15	269,03
4	Аварія №4	15-19	194,28
5	Аварія №5	11-12	1,12

Продовження табл. 2.19

№ п/п	Аварія	№ відключеної ділянки мережі	Площа зони недостатніх напорів, га
6	Аварія №6	3-7	364,76
7	Аварія №7	7-12	293,80
8	Аварія №8	12-16	178,82
9	Аварія № 9	16-20	126,98
10	Аварія №10	15-16	2,57

2.3.5 Аналіз техніко-гідравлічних показників мережі М1 при аваріях

Аналіз всіх виконаних гідравлічних розрахунків проведений за наступними показниками:

- зміна вільного напору у точці підключення насосної станції 2-го підйому (вузлу №3);
- порівняння площі зони недостатніх напорів при аварійних ситуаціях відносно площі всього населеного пункту;
- зниження подачі насосної станції 2-го підйому при аварійних ситуаціях відносно нормального режиму роботи мережі та насосної станції.

Для аналізу всіх виконаних гідравлічних розрахунків, представлених в додатках А-Б для нормального режиму роботи мережі та при обраних аварійних ситуаціях №№1-10, складені порівняльні таблиці 2.20 - 2.22.

В таблиці 2.20 представлені результати порівняння необхідних вільних у вузлу мережі №3 при аваріях та нормальному режимі роботи мережі при максимальному водоспоживанні.

Таким чином, із результатів, представлених в таблиці 2.20, можна зробити наступні висновки:

- 1) Найбільше підвищення вільного напору у вузлу №3 спостерігається при аварії №6 на ділянці 3-7 на 31,9 %. Це пов'язане із тим, що ділянка при нормальному режимі роботи має навантаження у майже 52,8 % від всієї витрати, подаваної в мережу населеного пункту для режиму максимального водоспоживання.

- 2) При аварії №5 спостерігається найнижче підвищення необхідного вільного напору у вузлу №3 на 0,28 % відносно нормального режиму роботи.
- 3) Аварії №4, №7 та №9 викликають підвищення необхідного вільного напору у вузлу №3 майже на 20 %.

Таблиця 2.20 - Порівняння вільних напорів у вузлу №3 для мережі М1

№ п/п	Режим	№ відключеної ділянки	Вільний напір в точці підключення НС 2л	Зміна вільного напору відносно нормального режиму роботи, м	Зміна вільного напору відносно нормального режиму роботи, %
1	Нормальний	-	51,81	0,00	0,00
2	Аварія №1	2-6	57,41	5,60	10,81
3	Аварія №2	6-11	58,47	6,66	12,85
4	Аварія №3	11-15	65,07	13,26	25,59
5	Аварія №4	15-19	61,85	10,04	19,38
6	Аварія №5	11-12	52,09	0,28	0,54
7	Аварія №6	3-7	68,35	16,54	31,92
8	Аварія №7	7-12	62,23	10,42	20,11
9	Аварія №8	12-16	60,88	9,07	17,51
10	Аварія №9	16-20	62,34	10,53	20,32
11	Аварія №10	15-16	52,30	0,49	0,95

В таблиці 2.21 представлені результати порівняння площі зон недостатніх напорів при аварійних ситуаціях №№1-10 у % від загальної площі населеного пункту.

Таблиця 2.21 – Результати порівняння площі зон недостатніх напорів при аварійних ситуаціях №№1-10 в мережі М1

№ п/п	Аварія	№ відключеної ділянки мережі	Площа зони недостатніх напорів, га	Площа зони недостатніх напорів, % від загальної площі міста
1	Аварія №1	2-6	216,99	52,18
2	Аварія №2	6-11	263,53	67,92
3	Аварія №3	11-15	269,03	69,34
4	Аварія №4	15-19	194,28	50,08
5	Аварія №5	11-12	1,12	0,29
6	Аварія №6	3-7	364,76	94,02
7	Аварія №7	7-12	293,80	75,73
8	Аварія №8	12-16	178,82	46,09
9	Аварія № 9	16-20	126,98	32,73
10	Аварія №10	15-16	2,57	0,66

Таким чином, із результатів, представлених в таблиці 2.21, можна зробити наступні висновки:

- 1) Найбільша зона недостатніх напорів виникає при аварії №6 на ділянці 3-7, яка складає 94 % від загальної площі міста. Це пов'язане із тим, що ділянка при нормальному режимі роботи має навантаження у майже 52,8 % від всієї витрати, подаваної в мережу населеного пункту для режиму максимального водоспоживання.
- 2) При аварії №7 виникає зона недостатніх напорів, яка складає близько 76 % від загальної площі населеного пункту. Ділянка мережі (№ 7-12), яка відключена при даній аварійній ситуації, пропускає витрату майже 34,3% від загальної витрати, подаваної в мережу при максимальному водоспоживанні.
- 3) В наслідок аварій №2 та №3 виникають зони недостатніх напорів близько 70 %, що є також значною частиною населеного пункту, яка залишається без води під час відключення ділянок 6-11 та 11-15.

- 4) Найменша зона недостатніх напорів (0,29 %) виникає при аварії №5 на ділянці 11-12. Ця ділянка несе навантаження в 7,72 % від подаваної в мережу витрати, та є перемичкою.

За побудованим сумісним графіком роботи НС 2-го підйому, мережі та водоводів (рис. А.1, дод. А) визначені фактичні витрати, які може забезпечити насосна станція при розрахованих аварійних ситуаціях в мережі. В таблиці 2.22 представлені результати порівняння зниження подачі насосної станції при всіх обраних аварійних ситуаціях.

Таблиця 2.22 - Порівняння зниження подачі НС 2-го підйому при аваріях №№ 1-10 відносно нормального режиму водоспоживання в мережі М1

№ п/п	Аварія	№ відключеної ділянки	Витрата НС 2-го підйому, м ³ /год.	Витрата НС 2-го підйому, % від витрати при норм. режимі	Зниження витрати відносно норм. режиму, %
1	Аварія №1	2-6	3912,60	95,56	4,44
2	Аварія №2	6-11	3881,10	94,79	5,21
3	Аварія №3	11-15	3697,30	90,30	9,70
4	Аварія №4	15-19	3783,80	92,41	7,59
5	Аварія №5	11-12	4084,60	99,76	0,24
6	Аварія №6	3-7	3614,80	88,29	11,71
7	Аварія №7	7-12	3773,20	92,16	7,84
8	Аварія №8	12-16	3810,60	93,07	6,93
9	Аварія № 9	16-20	3770,20	92,08	7,92
10	Аварія №10	15-16	4077,70	99,59	0,41

Таким чином, із результатів, представлених в таблиці 2.22, можна зробити наступні висновки:

- 1) Найбільше зниження витрати насосної станції 2-го підйому спостерігається при аварії №5 (на ділянці 11-12) – майже на 12%;
- 2) Найменше зниження витрати НС 2-го підйому спостерігається при аварії №10 (на ділянці 15-16) – на 0,41 %

2.3.6 Рекомендації щодо підвищення надійності роботи мережі М1

Аналіз в п. 2.3.5 проведених розрахунків мережі М1 показав, що найбільше на показники роботи мережі впливають аварії №1,2,3,4,6 та 7 на ділянках №№2-6, 6-11, 11-15, 15-19, 3-7 та 7-12 відповідно, тому що аварії на цих ділянках спричиняють виникнення найбільших зон недостатніх напорів. Тому основна рекомендація по підвищенню надійності роботи мережі М1 це зробити резервування (дублювання) цих ділянок в повному обсязі, тобто прокласти ці ділянки у 2 нитки аналогічного діаметру.

2.4 Дослідження роботи водопровідної мережі М2

2.4.1 Методика дослідження мережі М2

Водопровідна мережа М2, як зазначено в п. 2.1 знаходиться в експлуатації деякий період часу та виконана із сталевих трубопроводів.

Дослідження мережі М2 виконано за наступною методикою:

- 1) Визначення початкового поточкорозділу з урахуванням результатів розрахунків в п. 2.2.4 та прийнятого матеріалу трубопроводів мережі (сталеві нові труби);
- 2) Гідравлічний розрахунок мережі з урахуванням прийнятого матеріалу;
- 3) Розрахунок водоводів, вибір насосного обладнання насосної станції 2-го підйому та побудова сумісного графіку роботи насосів на водоводів;
- 4) Гідравлічний перерахунок мережі із заміною матеріалу трубопроводів мережі на «ненові сталеві» труби;
- 5) Аналіз отриманих результатів та прийняття рішення щодо необхідності реконструкції мережі і заміні ділянок на трубопроводи із поліетиленових труб;
- 6) Гідравлічний перерахунок мережі із заміною ділянок на трубопроводи із поліетиленових труб;
- 7) Розробка рекомендацій щодо підвищення надійності роботи мережі М2 в умовах експлуатації.

2.4.2 Гідралічний розрахунок мережі М2

Початковий потокорозділ та вихідні розрахункові схеми мережі.

Приймаємо початковий потокорозділ для мережі М2, визначений для мережі М1 в п.2.3.1.

Діаметри ділянок мережі М2 приймаємо, як і для мережі М1, з урахуванням економічного фактору E , який визначено за формулою (2.16) і він дорівнює 0,94 для мережі М2. Найближче значення до визначеного фактору - табличний фактор $E = 1,0$ [8]. Діаметри ділянок мережі М2 визначено з урахуванням умови, вказаної у формулі (2.18).

Результати розрахунків приведених шляхових витрат та визначення діаметрів ділянок мережі М2 представлені в таблиці 2.23.

Таблиця 2.23 – Результати розрахунків діаметрів ділянок мережі М2

№ ділянки	Шляхова витрата, л/с	Приведена шляхова витрата, л/с	Діаметр за почат. потоко-розділом, мм	Швидкість руху води, м/с	Довжина ділянки, м
1-2	70,50	69,04	250,0	1,44	500
2-6	369,50	361,86	600,0	1,31	600
5-6	30,00	29,38	200,0	0,96	400
1-5	52,80	51,71	200,0	1,68	760
2-3	465,80	456,17	700,0	1,21	360
3-7	684,10	669,95	800,0	1,36	500
6-7	100,00	97,93	350,0	1,04	600
3-4	127,50	124,86	350,0	1,33	400
4-8	120,50	118,01	350,0	1,25	300
7-8	100,00	97,93	350,0	1,04	560
5-10	63,90	62,58	200,0	2,04	320
10-11	30,00	29,38	200,0	0,96	500
6-11	401,20	392,90	600,0	1,42	400
11-12	100,00	97,93	350,0	1,04	320
7-12	444,60	435,40	700,0	1,16	400
12-13	50,00	48,97	250,0	1,02	800
8-9	200,40	196,26	450,0	1,26	260
9-13	126,50	123,88	350,0	1,32	400
10-14	60,50	59,25	200,0	1,93	600

Продовження таблиці 2.23

№ ділянки	Шляхова витрата, л/с	Приведена шляхова витрата, л/с	Діаметр за почат. потоку-розділом, мм	Швидкість руху води, м/с	Довжина ділянки, м
14-15	30,00	29,38	250,0	0,61	30,00
11-15	408,70	400,25	600,0	1,45	408,70
15-16	70,00	68,55	300,0	0,99	70,00
12-16	211,30	206,93	450,0	1,33	211,30
16-17	50,00	48,97	250,0	1,02	50,00
13-17	127,90	125,25	350,0	1,33	127,90
14-18	40,00	39,17	200,0	1,27	40,00
18-19	30,00	29,38	250,0	0,61	30,00
15-19	214,60	210,16	450,0	1,35	214,60
19-20	60,00	58,76	250,0	1,22	60,00
16-20	114,40	112,03	400,0	0,91	114,40
20-21	50,00	48,97	300,0	0,71	50,00
17-21	103,40	101,26	350,0	1,08	103,40
18-22	43,30	42,40	250,0	0,88	43,30
22-23	30,00	29,38	200,0	0,96	30,00
19-23	48,90	47,89	200,0	1,56	48,90
23-24	40,00	39,17	200,0	1,27	40,00
20-24	47,20	46,22	300,0	0,67	47,20
24-25	51,80	50,73	300,0	0,73	51,80
21-25	102,30	100,18	350,0	1,06	102,30

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі М2 на ЕОМ та визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі.

Гідравлічну ув'язку мережі М2 із нових та ненових сталевих трубопроводів виконано за методикою, описаною в п. 2.1.

Результати гідравлічного розрахунку для режиму максимального водоспоживання для обох варіантів матеріалів трубопроводів представлені в таблицях Г.1 та Г.2 (дод. Г).

П'єзометричні позначки в мережі М2 визначені за методикою, описаною в п. 2.3.1. Результати розрахунків п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання для обох

варіантів матеріалів трубопроводів представлені в таблицях Г.3 та Г.4 (дод. Г).

2.4.3 Розрахунок характеристики водоводів та вибір обладнання насосної станції 2-го підйому для мережі М2

Розрахунок водоводів насосної станції 2-го підйому для мережі М2 із нових сталевих трубопроводів.

Розрахунок водоводів виконано за методикою, описаною в п. 2.3.3. Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі М2 приведені у табл. 2.24.

Таблиця 2.24 – Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі

Показник	0	0,25Q	0,5Q	0,75Q	Q	1,25Q
Q, м ³ /с	0	0,1422	0,2844	0,4265	0,5687	0,7109
V, м/с	0	0,2830	0,5660	0,8490	1,1320	1,4150
1000i	0	0,149	0,516	1,085	1,852	2,817
h _{вод.} , М	0	0,34	1,19	2,50	4,26	6,48
S _{мер.} (для q, м ³ /с)	4,52					
h _{мер.} , М	0,00	0,09	0,37	0,82	1,46	2,29
H _{г.}	55,35					
H=H _{г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	55,350	55,783	56,902	58,668	61,073	64,113

За даними таблиці 2.24 будуюмо графічні залежності виду $H = f(Q)$. Побудовані залежності представлені на рис. Г.1 в дод. Г.

Вибір насосного обладнання насосної станції (НС) 2-го підйому. У відповідності до необхідної витрати, яка подається НС 2-го підйому на другому ступені роботи (5,286 %) – 1137,4 л/с та необхідному напору, який повинен бути не менше 61,07 м (див. табл. 2.24), а також з урахуванням зниження подачі насосів при паралельній їх роботі, обираємо до установки на

насосній станції 2-го підйому 2 робочих насоси і 2 резервні типу Д2500-62-2. Загальні та гідравлічні характеристики насосу представлені в п. 2.3.3.

Розрахунок водоводів насосної станції 2-го підйому для мережі М2 із ненових сталевих трубопроводів.

Розрахунок водоводів виконано за методикою, описаною в п. 2.3.3, з урахуванням збільшення опору ділянок мережі. Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі М2 із ненових сталевих трубопроводів приведені у табл. 2.25.

Таблиця 2.25 – Результати розрахунків сумісної характеристики водоводів насосної станції і мережі М2 із ненових сталевих трубопроводів

Показник	Значення показників					
	0	0,25Q	0,5Q	0,75Q	Q	1,25Q
Q, м ³ /с	0	0,1422	0,2844	0,4265	0,5687	0,7109
h _{вод.} , м	0,000	0,342	1,187	2,496	4,261	6,478
H _{г.}	55,35					
S _{мер.} (для q, м ³ /с)	8,90					
h _{мер.} , м	0,00	0,18	0,72	1,62	2,88	4,50
H=H _{г.} +h _{вод.} +h _{мер.}	55,350	55,872	57,256	59,464	62,488	66,324

На сумісний графік роботи НС 2-го підйому та водоводів наносимо розраховану в таблиці 2.25 характеристику водоводів для мережі М2 із ненових сталевих трубопроводів для визначення зниження витрати води, яка буде подаватися в мережу насосною станцією 2-го підйому (див. рис. Г.1, дод. Г).

Із графіку (рис. Г.1, дод. Г) визначено, що фактична витрата, яка буде подаватися в мережі складає – 3895,2 м³/год., що нижче за розрахункову витрату роботи 2-го ступеня насосної станції майже на 5 %.

2.4.4 Рекомендації щодо реконструкції та підвищення надійності роботи мережі М2

За результатами гідравлічних розрахунків мережі М2 із ненових сталевих трубопроводів, тобто мережі після деякого часу експлуатації, маємо збільшення загального опору мережі та підвищення необхідного вільного напору у вузлу №3 (точці підключення насосної станції 2-го підйому до мережі), а отже і необхідність підвищення напору насосної станції 2-го підйому. Для того, щоб існуюче обладнання насосної станції забезпечувало необхідні напори у споживачів, необхідно провести часткову реконструкцію ділянок мережі для зменшення її опору в цілому.

За результатами дослідження роботи мережі М1 в аварійних умовах обрано ділянки, які підлягають резервуванню (п. 2.3.6), тому що найбільш негативно впливають на показники роботи мережі при аваріях на них. Для визначення остаточного переліку ділянок, які необхідно замінити на поліетилені, проведено гідравлічний перерахунок мережі М2. Результати гідравлічного перерахунку представлені в таблиці Г.5, дод. Г, також виконаний розрахунок п'єзометричних позначок у вузлах мережі, результати якого показані в таблиці Г.6, дод. Г.

Заміна інших ділянок мережі, окрім обраних за результатами дослідження мережі М1, на поліетиленові проводилась виходячи із зниження необхідного вільного напору у вузлу №3 (точці підключення насосної станції 2-го підйому до мережі) до значення напору при проектуванні, тобто не більше 50,35 м вод. ст. (див. таблицю Г.3, дод. Г), а також з урахуванням підтримання швидкостей руху води у трубопроводах не нижче допустимих, рекомендованих в [1].

Остаточний перелік ділянок, які підлягають заміні представлений у таблиці 2.26.

Таблиця 2.26 – Перелік ділянок в мережі М2, які підлягають заміні на поліетиленові при реконструкції

№ п/п	№ ділянки	Діаметр вихідний (ненові сталеві труби)	Діаметр при реконструкції (поліетиленові труби)	Довжина ділянки, м
1	2-6	500	500	600
2	1-5	200	250	760
3	3-7	800	900	500
4	6-11	600	630	400
5	7-12	700	800	400
6	12-13	250	355	800
7	11-15	600	710	600
8	12-16	450	560	840
9	15-19	450	450	600
10	16-20	400	450	500
11	19-23	200	280	1000
12	20-24	300	355	960
13	21-25	350	400	860
Всього:				3460

3 Визначення економічних показників мережі М1 та М2

Для оцінки отриманих результатів при виконанні основного дослідження роботи прийнятих варіантів мереж (М1 та М2) з економічної точки зору визначаємо капітальні, експлуатаційні та приведені річні витрати для розрахованої системи подачі та розподілу води населеного пункту, а також величину економії коштів за рахунок попередження втрат води при кожній з розглянутих аварійних ситуаціях (аваріях №№1-10) в мережі М1.

3.1 Розрахунок капітальних витрат для мереж М1 та М2

Капітальні витрати розраховуємо:

- для мережі М1 - з урахуванням витрат на прокладку мережі, водоводів насосної станції 2-го підйому та вартості насосного обладнання;
- для мережі М2 – з урахуванням витрат на реконструкцію ділянок мережі, зазначених в п. 2.4.4.

Результати розрахунків капітальних витрат для мереж М1 та М2 показані у таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Капітальні витрати для мережі М1

№ п/п	Елемент системи	Діаметр, мм	Загальна довжина, м	Ціна за 1 км, тис. грн.	Вартість, тис. грн
1	Водоводи насосної станції	800	2000	2932,65	5 865,3
2	Водопровідна мережа	200	2360,00	438,78	1035,52
		250	5580,00	607,44	3389,50
		280	820,00	688,52	564,59
		315	2040,00	783,23	1597,79
		355	6060,00	925,42	5608,05
		400	500,00	1212,63	606,32
		450	1460,00	1543,52	2253,54
		500	840,00	1782,83	1497,58
		560	1200,00	2362,60	2835,12

Продовження табл. 3.1

№ п/п	Елемент системи	Діаметр, мм	Загальна довжина, м	Ціна за 1 км, тис. грн.	Вартість, тис. грн
	Водопровідна мережа	630	800,00	2564,12	2051,30
		710	2360,00	2749,54	6488,91
		800	1000,00	2932,65	2932,65
	Всього по мережі		25020,0		30 860,85
3	Насосне обладнання типу Д2500-62-2 (4 шт.)				1 256,0
Загальна вартість всіх елементів:					37 982,15

Таблиця 3.2 – Капітальні витрати на реконструкцію мережі М2

№ п/п	№ ділянки	Діаметр при реконструкції (поліетиленові труби)	Довжина ділянки, м	Ціна за 1 км, тис. грн.	Вартість, тис. грн
1	2-6	500	600	1782,83	1069,70
2	1-5	250	760	607,44	461,65
3	3-7	900	500	3152,42	1576,21
4	6-11	630	400	2564,12	1025,65
5	7-12	800	400	2932,65	1173,06
6	12-13	355	800	925,42	740,34
7	11-15	710	600	2749,54	1649,72
8	12-16	560	840	2362,60	1984,59
9	15-19	450	600	1543,52	926,11
10	16-20	450	500	1543,52	771,76
11	19-23	280	1000	688,52	688,52
12	20-24	355	960	925,42	888,40
13	21-25	400	860	1212,63	1042,86
				Всього	13 998,57

3.2 Розрахунок експлуатаційних витрат для мережі М1

Експлуатаційні витрати за рік для систем водопостачання визначаються:

$$B = \sum C_i, \quad (3.1)$$

де $\sum C_i$ - річна сума витрат по статтях калькуляції, грн.:

$$\sum C_i = C_1 + C_2 + C_3 + C_4 + C_5; \quad (3.2)$$

де C_1 - прямі витрати;

C_2 - прямі витрати на електроенергію;

C_3 - інші прямі витрати;

C_4 - змінні загальновиробничі та постійні загальновиробничі витрати;

C_5 - адміністративні витрати.

Із всіх витрат, які зазначені в формулі 3.2, в розглянутому в ході дослідження випадку для мережі М1 необхідно розраховуємо лише витрати на електроенергію (C_2) та витрати на утримання і експлуатацію устаткування (стаття калькуляції C_4). Всі інші витрати в даному випадку залишаються незмінними.

3.2.1 Розрахунок витрат на електроенергію на технологічні цілі для мережі М1

В статтю витрат C_2 входять витрати на електроенергію, яка витрачається технологічним устаткуванням, в розглянутому для мережі М1 випадку – насосним обладнанням насосної станції 2-го підйому.

Витрати електроенергії прямопропорційні кількості поданої води і визначаються за питомими витратами. Середня питома витрата електроенергії визначається за формулою:

$$\rho_{сер} = 0,01 \sum (P_i \cdot \rho_i), \quad (3.3)$$

де P_i - погодинна подача насосів, % загальних витрати на добу, відповідно до прийнятого режиму роботи насосної станції 2-го підйому: $P_1 = 2,6 \%$, $P_2 = 5,286 \%$.

ρ_i - питома витрата електроенергії в дану годину:

$$\rho_i = \frac{\sum N}{\sum Q}, \quad (3.4)$$

$\sum N$ - сумарна потужність одночасно працюючих двигунів, кВт:

$$N = \frac{\rho \cdot g \cdot Q \cdot H}{1000 \cdot \eta}, \quad (3.5)$$

ρ - щільність води;

η - ККД насосу, $\eta = 88,5\%$;

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

Для першого ступеня при роботі одного насосу з подачею 2000,7 м³/год:

$$\rho_1 = 480 / 2000,7 = 0,24 \text{ год./м}^3.$$

Для другого ступеня при одночасній роботі двох насосів з сумарною подачею 4067,5 м³/год:

$$\rho_2 = (480 \cdot 2) / 4067,5 = 0,236 \text{ год./м}^3.$$

$$\rho_{\text{сєр.}} = 0,01 \cdot (2,6 \cdot 0,24 + 5,286 \cdot 0,236) = 0,0187 \text{ кВт*год./м}^3.$$

Річні витрати електроенергії визначаємо за формулою:

$$E_p = Q_{\text{доб}} \cdot n \cdot \rho_{\text{сєр.}}, \quad (3.6)$$

Вартість електроенергії за рік визначаємо за формулою:

$$\mathcal{E}_p = E_p \cdot C, \quad (3.7)$$

де E_p - річна витрата електроенергії, кВт/рік;

C - ціна 1 кВт год, $C = 2,16 \text{ грн/кВт} \cdot \text{год}$.

До сумарної витрати електроенергії додаємо 25% на потреби на мілкі та інші механізми:

$$E_p = 76\,947 \cdot 365 \cdot 0,0187 = 525\,201,7 \text{ кВт*год/рік.}$$

$$\mathcal{E}_p = 525\,201,7 \cdot 2,16 \cdot 1,25 / 1000 = 1\,418,044 \text{ тис.грн/рік.}$$

3.2.2 Розрахунок витрат на утримання і експлуатацію устаткування для мережі М1

До цієї статті витрат належать:

- амортизаційні відрахування;
- витрати на утримання і експлуатацію виробничого і підйомно-транспортного устаткування (в розмірі 10 – 30% від амортизаційних відрахувань);
- витрати на ремонт (у розмірі 6 – 10% від амортизаційних відрахувань);
- заробітна плата (основна, додаткова), а також відрахування на соціальне страхування допоміжних робітників, що обслуговують виробничий процес.

Результати розрахунків амортизаційних відрахувань представлені у таблиці 3.4.

Таблиця 3.4 – Результати розрахунків амортизаційних відрахувань

№ п/п	Основні фонди	Первісна (балансова) вартість основних фондів, тис. грн.	Амортизаційні відрахування	
			Норма, %	Річна сума, тис.грн
1	Мережа і водоводи	36 726,15	15	5 508,92
2	Насосне обладнання	1 256,0	15	188,4

Приймаємо на утримання та експлуатацію устаткування – 10 % від суми на амортизаційні відрахування та на ремонт – 6% від суми, тоді загальна сума витрат по всій статті калькуляції складе:

$$(5\,508,92 + 188,4) * 1,16 = 6\,551,92 \text{ тис.грн/рік.}$$

3.3 Визначення приведених витрат для мережі М1

Річні приведені витрати визначаються за формулою:

$$Z_{np.i} = C_i + E_n \cdot K_i, \quad (3.8)$$

де C_i - річні експлуатаційні витрати, тис. грн.;

K_i - капітальні витрати, тис. грн.;

$$Z_{np} = (6\,551,92 + 1\,418,044) + 0,15 \cdot 37\,982,15 = 13\,667,29 \text{ тис.грн/рік.}$$

3.4 Визначення економії за рахунок попередження значних втрат води для мереж М1 та М2

Економія за рахунок попередження значних втрат води в результаті швидкого визначення пошкоджених ділянок та ліквідації витоків визначається за формулою:

$$\Delta E_{з.в.} = Q_v \cdot (\alpha_{вит} + \alpha_{вл.сп.} + \alpha_{ав}) \cdot T, \quad (3.9)$$

де Q_v - об'єм витоків, які не сталися за рахунок оперативності управління, м³;

$\alpha_{вит}, \alpha_{вл.сп.}, \alpha_{ав}$ - коефіцієнти впливу АСУ ТП відповідно на зменшення витрат води на витoki, на власні потреби, на втрати води при аварії;

T - середній тариф на воду, грн./м³ (приймаємо 4,5 грн./м³).

Значення Q_v визначається на основі результатів гідравлічного розрахунку мережі М1 (дод. А) та мережі М2 (дод. Г) при тривалості витoku в 1 добу. Економія визначена при 20 витоках для всіх розглянутих в п.2 аварійних ситуацій для мережі М1, та для всіх ділянок, які підлягають заміні, для мережі М2. Результати розрахунків приведені у таблицях 3.4 та 3.5.

Таблиця 3.4 – Розрахунок економії за рахунок попередження втрат води на ділянках мережі М1 при аваріях №№1-10.

№ Аварії	№ відключеної ділянки	Витрата по ділянці, л/с	Об'єм витоку, м ³ /добу	Економія, тис.грн/рік	% від приведених річних витрат
1	2-6	363,41	31398,62	113,04	0,827
2	6-11	381,52	32963,33	118,67	0,868
3	11-15	398,80	34456,32	124,04	0,908
4	15-19	210,11	18153,50	65,35	0,478
5	11-12	113,56	9811,58	35,32	0,258
6	3-7	739,68	63908,35	230,07	1,683
7	7-12	521,14	45026,50	162,10	1,186
8	12-16	286,89	24787,30	89,23	0,653
9	16-20	189,39	16363,30	58,91	0,431
10	15-16	56,10	4847,04	17,45	0,128

Таблиця 3.5 – Розрахунок економії за рахунок попередження втрат води на ділянках мережі М2, які підлягають реконструкції.

№ п/п	№ ділянки	Витрата по ділянці, л/с	Об'єм витоку, м ³ /добу	Економія, тис.грн/рік
1	2-6	313,76	27108,86	97,59
2	1-5	23,41	2022,62	7,28
3	3-7	773,44	66825,22	240,57
4	6-11	352,77	30479,33	109,73
5	7-12	532,80	46033,92	165,72
6	12-13	47,86	4135,10	14,89
7	11-15	401,71	34707,74	124,95
8	12-16	264,46	22849,34	82,26
9	15-19	199,31	17220,38	61,99
10	16-20	169,97	14685,41	52,87
11	19-23	28,15	2432,16	8,76
12	20-24	76,46	6606,14	23,78
13	21-25	101,57	8775,65	31,59
			Всього	1 021,97

Таким чином, за результатами, приведеними у таблицях 3.4 та 3.5, можемо зробити наступні висновки:

- 1) Найбільшу економію коштів від попередження втрат води отримаємо, якщо оперативно за 1 добу ліквідувати аварію №6 на найбільш навантаженій по витраті ділянці мережі № 3-7.
- 2) Найменший показник економії коштів за рахунок оперативної ліквідації маємо для аварії №10 на ділянці №15-16.
- 3) Аварії №№ 1, 2, 3, 6 та 7 показали у середньому найбільші показники економії коштів – від 0,8 до 1,7 % від загальних приведених річних витрат. Тобто оперативне виявлення та ліквідація аварій із цього переліку значно підвищить рівень надійності системи подачі та розподілу води в даному населеному пункті.

4. Охорона праці при роботі з персональним комп'ютером

В рамках магістерської роботи виконувані гідравлічні розрахунки із використанням програмного забезпечення по ув'язці кільцевої водопровідної мережі на персональному комп'ютері (ПК).

4.1 Аналіз небезпечних і шкідливих факторів виробничого середовища при роботі з ПК

Основними небезпечними та шкідливими факторами при роботі з ПК є:

- напруга уваги;
- напруга зору;
- емоційні навантаження;
- інтелектуальні навантаження;
- монотонність праці;
- великий об'єм інформації, що обробляється в одиницю часу;
- підвищені рівні рентгенівського випромінювання;
- підвищений рівень електромагнітного випромінювання;
- підвищені рівні ультрафіолетового випромінювання;
- підвищений рівень статичної електрики;
- підвищений рівень інфрачервоного випромінювання;
- підвищений вміст позитивних аероіонів в повітрі робочої зони;
- підвищені рівні запиленості повітря робочої зони;
- знижена або підвищена рухливість та вологість повітря робочої зони;
- підвищений або знижений рівень освітленості;
- підвищений рівень шуму;
- нерівномірність розподілу яскравості в полі зору;
- підвищений або знижений рівень освітленості;
- підвищений рівень пульсації світлового потоку;
- підвищена яскравість світлового зображення;

- підвищене значення напруги в електричному ланцюзі, замикання якого може статися через тіло людини;
- нераціональна організація робочого місця;
- тривалі статичні навантаження;
- підвищений вміст в повітрі робочої зони мікроорганізмів.

Для зменшення, або взагалі усунення, шкідливого впливу перерахованих несприятливих факторів робочого середовища на користувача ПК рекомендовано дотримуватись правил безпечної експлуатації ПК до початку, протягом та після завершення роботи з ПК, а також підтримувати в приміщенні допустимий мікроклімат приміщення.

4.2 Вимоги до устрою робочого місця і розташуванню робочих місць в аудиторії

Допустима площа приміщення на одне робоче місце (людину) з персональним комп'ютером повинна складати не менше 6 м² та об'єм - не менше 20 м³.

Для підтримання рекомендованої вологості в приміщеннях з персональним комп'ютером застосовуються зволожувачі повітря, які необхідно заправляти щодня дистильованою або кип'яченою водою.

Природне світло для робочого місця з ПК повинно падати збоку, переважно ліворуч, тому робочі місця розташовані із забезпеченням цієї умови.

Окрім кута падіння природного світла при виборі схеми розміщення робочих місць з ПК враховують наступні умови по відстаням між відеомоніторами:

- відстані між робочими столами з відеомоніторами (у напрямі тилу поверхні одного відеомонітора і екрану іншого відеомонітора) мають бути не менше 2 м;
- відстань між бічними поверхнями відеомоніторів - не менше 1,2 м.

Екран відеомонітора повинен знаходитися від очей користувача на оптимальній відстані 600-700 мм, але не ближче 500 мм з урахуванням розмірів алфавітно-цифрових знаків і символів.

Приміщення з ПК, як правило, мають бути оснащені вуглекислотними вогнегасниками та аптечкою першої допомоги.

Основні вимоги до конструкції меблів робочого місця з ПК:

- висота робочої поверхні столу повинна регулюватися в межах 680-800 мм. За відсутності такої можливості висота робочої поверхні повинна складати 725 мм
- робочий стіл повинен мати простір для ніг заввишки не менше 600 мм, шириною не менше 500 мм, глибиною на рівні колін не менше 450 мм і на рівні витягнутих ніг не менше 650 мм
- робоче місце має бути обладнано підставкою для ніг, що має ширину не менше 300 мм, глибину не менше 400 мм, регулювання по висоті в межах 150 мм і по куту нахилу опорної поверхні підставки до 200. Поверхня підставки має бути рифленою і мати по передньому краю борт заввишки 10 мм.

Тривалість безперервної роботи з персональним комп'ютером не повинна перевищувати 2 год.

З метою зменшення негативного впливу монотонності праці рекомендовано застосовувати чергування редагування текстів і введення даних, а також чергування операцій осмисленого введення тексту і числових даних (зміна змісту робіт).

Якщо у працюючих з ПК попри дотримання санітарно-гігієнічних, ергономічних вимог, режимів праці і відпочинку все ж спостерігається зоровий дискомфорт, або інші несприятливі суб'єктивні відчуття, слід застосовувати індивідуальний підхід в обмеженні часу роботи з ПК та корекцію тривалості перерв, або для відпочинку проводити зміну діяльності на іншу, не пов'язану з використанням комп'ютера.

Працюючим з ПК з високим рівнем напруженості під час регламентованих перерв і у кінці робочого дня показано психологічне розвантаження в спеціально обладнаних приміщеннях (кімната психологічного розвантаження).

4.3 Виробнича санітарія робочого місця (характеристика мікроклімату приміщення)

У приміщеннях з робочими місцями з ПК оптимальні та припустимі мікрокліматичні параметри повинні враховувати специфіку технологічного процесу при використанні ПК. Зокрема, технічні умови експлуатації комп'ютерів в аудиторії л113 містять допустимі робочі діапазони параметрів мікроклімату:

- температура повітря знаходиться в межах від 10 до 40°C;
- відносна вологість знаходиться в межах від 40 до 90 %.

Оптимальними значеннями параметрів мікроклімату приміщення з ПК, за даними ВООЗ, вважаються наступні:

- температура у приміщенні - 19-23 °С;
- відносна вологість повітря - 55 %;
- швидкість руху повітря не повинна перевищувати на рівні обличчя 0,1 м/с.

При відчутному нагрівання поверхонь (більше 45°C), контактуючих з людиною, передбачаються засоби охолодження або ізоляції. При цьому особлива увага приділяється шляху відводу повітря, щоб виключити перегрівання або протяг.

Згідно з діючими на території нашої країни нормативними документами [20] у холодні періоди року:

- температура повітря повинна складати 22-24°C;
- швидкість його руху - 0,1 м/с;
- відносна вологість повітря - 40-60 %.

В теплі пори року:

- температура повітря дорівнює 23-25 °С;
- швидкість його руху - 0,1-0,2 м/с;
- вологість - 40-60 %.

Температура повітря може коливатися від 22 до 26 °С при збереженні інших параметрів мікроклімату у вказаних вище межах.

Аудиторія л113 відповідає вимогам [20].

В процесі роботи відеодисплейним терміналом (ВДТ) змінюється концентрація іонів у повітрі робочої зони. Нормалізуючий вплив на аероіонний склад повітря робочої зони спричиняє примусова вентиляція, застосування іонізаторів, або встановлення захисних екранів.

У випадках, коли робота користувачів пов'язана з прийняттям відвідувачів у приміщеннях з ВДТ, вміст мікроорганізмів у повітрі приміщень значно зростає і досягає 7000 та більше мікробних тіл на 1 м³ (в залежності від тривалості перебування відвідувачів в приміщенні). Тому при такому режимі роботи залучаються додаткові заходи очищення повітряного середовища (застосовується додаткова вентиляція, обмежується число та тривалість перебування відвідувачів).

Відповідно до діючих нормативних документів повітря, що надходить у робочі приміщення має бути очищене від забруднень, в тому числі від мікроорганізмів, а також при цьому запиленість повітря не повинна перевищувати вимог, які викладені у [21].

Вимоги до освітлення для візуального сприймання користувачами інформації з двох різних носіїв (з екрана ПК та паперового носія) різні. Занадто високий рівень освітленості може призвести до зменшення контрасту зображення знаків на екрані, а надто низький рівень може погіршити сприймання інформації при читанні документів. Оптимальною освітленістю робочих приміщень для роботи з ВДТ вважається освітленість від 300 до 500 лк.

Штучне освітлення у приміщеннях з ЕОМ (ПК або ВДТ) виконується у вигляді комбінованої системи з використанням люмінесцентних джерел світла у світильниках загального освітлення, які розташовуються, як правило, над робочими поверхнями у рівномірно-прямокутному порядку. Пульсація люмінесцентних ламп не перевищує 10 %. Вікна бажано розміщувати з одного боку робочих приміщень, що й зроблено в аудиторії л 113.

Відношення яскравості екрану комп'ютера до яскравості оточуючих його поверхонь в аудиторії л 113 не перевищує нормативних показників у робочій зоні 3:1.

Система опалення в аудиторії л113 є централізованою і підключена до системи опалення всієї будівлі. В якості теплоносія в системі опалення використовується підігріта вода.

4.4 Електробезпека

Електробезпека – це сукупність організаційних і технічних заходів і засобів, які повинні забезпечити захист людей від небезпечного і шкідливого впливу електричного струму.

Згідно ПБУ аудиторія л113 відноситься до приміщень з підвищеною небезпекою враження струмом.

Основними причинами враження електричним струмом в аудиторії л113 можуть бути:

- дотик до струмоведучих частин, що знаходяться під напругою (оголені мережеві шнури, розетки - 220В);
- дотик до металевих неструмоведучих частин електроустановок або пов'язаного з електроустановками виробничого обладнання (корпусу, кожуха, огорожі і т.д.) після переходу на них напруги зі струмовідних частин.

Приміщення за ступенем небезпеки і поразки електричним струмом відноситься до категорії "Приміщення без підвищеної небезпеки" згідно [20].

Технічні способи і засоби захисту, що забезпечують електробезпеку, передбачені з урахуванням умов зовнішнього середовища.

Всі металеві частини обчислювальної техніки заземлені на третій провід спеціальних триполюсних розеток, призначених для включення комп'ютерів. Струмopровідні кабелі розташовані під дерев'яною підлогою, або приховані в стінах, тому контакт з кабелем виключається. Кожна розетка має попереджувальний напис, розташований зверху. Індикаторні лампи в блоках ПК сигналізують про включення блоку в мережу.

Ремонт або усунення будь-яких інших несправностей виконується тільки оперативно-ремонтним персоналом, закріпленим за обчислювальним центром.

Для забезпечення електробезпеки застосовано окремо або в поєднанні один з одним наступні технічні засоби захисту:

- електрична ізоляція струмоведучих частин;
- захисне заземлення не більше 4 Ом згідно [20].

Для дотримання безпечної експлуатації електрообладнання, відповідно до [20], передбачений комплекс заходів безпеки, правильно організована експлуатація діючих електроустановок та застосовані електрозахисні засоби.

Для обмеження струмоведучих частин від випадкового дотику застосовані наступні заходи:

- огорожені струмоведучі частини;
- застосована робоча ізоляція;
- струмоведучі частини розташовані на недосяжній висоті або в недоступному місці;
- над розетками в стінах вивішені таблички із зазначенням напруги (~ 220В).
- застосовані струмонесучі дроти з подвійною ізоляцією, що складається з робочої і додаткової ізоляції;

4.5 Пожежна безпека

Пожежі в приміщеннях з оргтехнікою (ПК або ВДТ) становлять особливу небезпеку, бо наслідком мають великі матеріальні збитки. Пожежа в таких приміщеннях може виникнути при взаємодії горючих речовин і джерел запалювання. Горючими речовинами в цьому випадку вважаються опоряджувальні та будівельні матеріали, пластмасові корпуси або елементи корпусів техніки, шнури тощо. Джерелами запалювання можуть бути електронні схеми комп'ютерів, принтерів, пристроїв електроживлення, де внаслідок різних порушень виникає перегрівання елементів та утворюються електричні іскри, які здатні спричинити займання горючих матеріалів. У відповідності до класифікації стандарту [21] подібні пожежі відносяться до класу «Е».

При ремонтних та профілактичних роботах використовуються різні легкозаймисті рідини, прокладаються тимчасові електропровідники, здійснюється паяння, у зв'язку із цих також виникає додаткова пожежна небезпека, яка потребує додаткових заходів пожежного захисту.

До засобів гасіння пожежі, призначених для локалізації невеликих займань, належать вогнегасники, сухий пісок, азбестові ковдри. Приміщення, в якому встановлено ПК (ВДТ або інша оргтехніка) і де немає необхідності влаштування систем автоматичного пожежогасіння, як правило, оснащують переносними вуглекислотними вогнегасниками з розрахунку 2 шт. на кожні 20 м² приміщення. Звуковбирне облицювання стін, стель приміщень треба виконувати з негорючих та важкогорючих матеріалів.

Для виявлення початкової стадії займання використовують пристрої систем автоматичного пожежогасіння там, де цього вимагають Правила пожежної безпеки.

В аудиторії л113 є в наявності 4 переносних вуглекислотних та один порошковий вогнегасник. Система автоматичного пожежогасіння відсутня.

Згідно із [21] аудиторія л113 відносяться до категорії «Д» по вибухопожежній і пожежній небезпеці.

4.6 Розрахунок штучного освітлення в аудиторії л113

Вихідні дані до розрахунку: розміри аудиторії – $L = 5$ м, $B = 5$ м, $H = 3,5$ м; коефіцієнт мінімальної освітленості – $z = 1,1$; нормативна освітленість – $E = 200 - 300$ лк; висота світильника ($h_{св.}$) – $0,5$ м; коефіцієнт запасу – $k = 1,5$; відстань до робочої поверхні ($h_{п}$) – $0,7$ м; коефіцієнти відбиття поверхонь: для стелі $\rho_{п} = 50\%$, для стін $\rho_{с} = 30\%$, для робочої поверхні $\rho_{р} = 10\%$;

Розрахунок проводимо методом коефіцієнту використання.

Розв'язок:

1. Розрахункова висоту приміщення складе:

$$h_p = H - h_{п} - h_{св.} = 3,5 - 0,7 - 0,5 = 2,3 \text{ м};$$

2. Індекс приміщення розраховується:

$$i = L \cdot B / (h_p \cdot (L + B)) = 5 \cdot 5 / (2,3 \cdot (5 + 5)) = 1,08;$$

3. Згідно з [20] приймаємо коефіцієнт використання світлового потоку - $\eta = 0,40$;

4. До встановлення в приміщення приймаємо люмінесцентні лампи типу ЛД40-4 ($\Phi_{л} = 2225$ лм), тоді необхідна кількість таких ламп складе:

$$N = E \cdot k \cdot S \cdot z / \Phi_{л} \cdot \eta = 300 \cdot 1,5 \cdot (5 \times 5) \cdot 1,1 / (2225 \cdot 0,4) = 14 \text{ шт.}$$

Відповідь: для забезпечення необхідної освітленості на робочих поверхнях в аудиторії л113 необхідно встановити 14 ламп типу ЛД40-4 ($\Phi_{л} = 2225$ лм).

5 Висновки

Виконані дослідження показали:

1. По мережі М1:

- Найбільш невикідною для населеного пункту є аварія на ділянці 3-7 (аварія №6), яка спричиняє найбільше зниження подачі насосної станції 2-го підйому – близько 12 %, найбільшу зону недостатніх напорів - близько 94 % від всієї площі населеного пункту та найбільше підвищення необхідного вільного напору у вузлу №3 – близько 32 %. Це пояснюється тим, що по ділянці 3-7 подається витрата води, що складає близько 53 % від загальної витрати в режимі максимального водоспоживання.

- Найменше на зниження показників роботи мережі впливає аварія №5 на ділянці 11-12: площа зони недостатніх напорів та підвищення необхідного вільного напору у вузлу підключення насосної станції 2-го підйому - близько 0,3 %, зниження подачі насосної станції – на 0,24 %.

- В наслідок аварій №№2, 3 та 7 виникають зони недостатніх напорів близько 70 % та 76 %, що є також значною частиною населеного пункту, яка залишається без води під час відключення ділянок №№ 6-11, 11-15 та 7-12.

- Аналіз економічних показників показав, що найбільшу економію коштів маємо від попередження втрат води при аваріях №№ 1, 2, 3, 6 та 7 – від 0,8 до 1,8 % від приведених річних витрат.

- Для підвищення надійності роботи мережі М1 рекомендовано резервування ділянок №№2-6, 6-11, 11-15, 15-19, 3-7 та 7-12 (аварії №1,2,3,4,6 та 7).

2. По мережі М2:

- За час експлуатації мережі із сталевих трубопроводів спостерігається підвищення загального опору мережі, що призводить до зниження подачі насосної станції майже на 5%, а також необхідності підвищення вільного напору у точці підключення насосної станції 2-го підйому на 4,3 %.

- За результатами дослідження мережі М1 в аварійних умовах при реконструкції мережі М2 враховано заміну тих ділянок мережі на поліетиленові трубопроводи в першу чергу, які найбільш негативно впливають на надійність водопостачання населеного пункту.

- Загальна довжина трубопроводів, які підлягають заміні при реконструкції, складає близько 16 % від загальної довжини мережі.

Перелік використаних джерел

1. ДБН В.2.5 - 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. – 280 с.
2. <http://polypipe.info/contacts/238-stanvodoprovidnuhmerezhukraini> - Гіроль М.М. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршенню якості питної води / М.М. Гіроль, А.М. Гіроль, В.Є. Хомко, Д. Ковальський.
3. Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Надійність водопровідно- каналізаційних систем» (для студентів 2 - 3 курсів денної і заочної форм навчання напряму підготовки 6.060101 – Будівництво освітньо-кваліфікаційного рівня бакалавр за спеціальністю «Водопостачання та водовідведення») / С. С. Душкін, М. В. Дегтяр ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2015.– 115 с.
4. Українець М.О. Реконструкція систем водопостачання. Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.092601 усіх форм навчання. – Запоріжжя, ЗДІА, 2003. – 79с.
5. Конспект лекцій з дисципліни «Міські інженерні мережі » (для студентів 2 курсу денної і заочної форм навчання напряму 6.060103 – “Гідротехніка” (“Водні ресурси”) спеціальності -«Водопостачання та водовідведення») / Авт.: Айрапетян Т.С.- Харків: ХНАМГ, 2008. - 54 с.
6. <http://polyplastic.ua/ua/news/plastic-pipes.html> - Пластикові труби.
7. <http://www.budexpert.ua/content/detail/283> - Пластикові труби для водопроводу: різновиди, застосування.
8. Шевелёв Ф.А.Таблицы для гидравлического расчёта водопроводных труб / Шевелёв Ф.А., Шевелёв А.Ф.: Справ. пособие. 6-е изд., доп. И прераб. – М.: Стройиздат, 1984. – 116с.
9. Абрамов Н.Н. Расчет водопроводных сетей / Н.Н. Абрамов, М.М. Поспелова – М.: Госстройиздат, 1982. – 228с.

10. Насосы: Каталог-справочник. – М.: Главхиммаш, 1969. – 360с.
11. Абрамов Н. Н. Водоснабжение / Н. Н. Абрамов. – М.: Стройиздат, 1982. – 440 с.
12. Гальперин Е.М. Расчет кольцевых сетей с учетом надежности функционирования. – Саратов: Изд-во Саратовск. гос. ун-та, 1989.
13. Абрамов Н.Н. Надежность систем водоснабжения. – 2-е изд. – М.: Стройиздат, 1984. – 216с., ил. – (Надежность и качество).
14. Українець М.О., Сокольник В.І. Вдосконалення систем водопостачання. Навч. посібник./ Запоріжжя: Видавництво ЗДІА, 2005. – 98с.
15. Українець М.О. Водопровідні мережі (теорія і проектування). Конспект лекцій для студентів спеціальності 7.092601 усіх форм навчання. – Запоріжжя, ЗДІА, 2002. – 186с.
16. Справочник проектировщика: Водоснабжение населенных мест и промышленных предприятий. – М.: Стройиздат, 1967. – 382с.
17. Кожемякін Г. Б., Рижков В.Г., Белоконь К.В. Охорона праці та техногенна безпека. Методичні вказівки до виконання розділу магістерських робіт для студентів ЗДІА всіх спеціальностей, 2012. -49с.
18. Рижков В.Г. Охорона праці. Методичні вказівки до проведення практичних занять та виконання контрольних робіт для студентів ЗДІА інженерних спеціальностей / В.Г. Рижков - Запоріжжя: ЗДІА, 2005. - 43с.
19. Кучерявий В.П.. Охорона праці / В.П. Кучерявий, Ю.Є. Павлюк, А.Д., Кузик, С.В.Кучерявий -2007р.- 368с.
20. Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень (ДСН 3.3.6.042-99). МОЗ України. - К., 2000.
21. ДСанПіН 3.3.2-007-98 Государственные санитарные правила и нормы. Гигиенические требования к организации работы с визуальными дисплейными терминалами электронно-вычислительных машин / МОЗ України. - К., 1998.
22. ГН 2152-80 (ДНАОП 0.03-3.06-80). Санітарно-гігієнічні норми допустимих рівнів іонізації повітря виробничих та громадських приміщень.

23. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Изд-во стандартов, 1989.

24. ДБН В.2.5-28-2006. Инженерное оборудование зданий и сооружений. Естественное и искусственное освещение / Минрегионстрой Украины, Киев, 2006. – 76 с.

25. ГОСТ 12.1.005-88. Система стандартов безопасности труда. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. - М.: Изд-во стандартов, 1989.

Таблиця А.1 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання

№ кольця	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	33.477	250	Полиэтилен.	1.02	-2.48	---
	2-6	600.00	363.411	560	Полиэтилен.	1.73	2.44	---
	6-5	400.00	22.818	200	Полиэтилен.	1.08	2.91	---
	1-5	760.00	15.777	200	Полиэтилен.	0.75	-2.87	---
						Невязка:	0.000	
2	3-2	360.00	422.687	710	Полиэтилен.	1.25	-0.61	---
	3-7	500.00	739.678	800	Полиэтилен.	1.73	1.31	---
	7-6	600.00	79.223	355	Полиэтилен.	1.02	1.74	---
	2-6	600.00	363.411	560	Полиэтилен.	1.73	-2.44	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	115.035	355	Полиэтилен.	1.48	2.25	---
	4-8	300.00	108.035	355	Полиэтилен.	1.39	1.51	---
	7-8	560.00	99.819	355	Полиэтилен.	1.28	-2.45	---
	3-7	500.00	739.678	800	Полиэтилен.	1.73	-1.31	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	22.818	200	Полиэтилен.	1.08	-2.91	---
	6-11	400.00	381.515	630	Полиэтилен.	1.43	1.01	---
	11-10	500.00	33.772	250	Полиэтилен.	1.03	2.52	---
	5-10	320.00	19.695	250	Полиэтилен.	0.60	-0.62	---
						Невязка:	0.000	
5	7-6	600.00	79.223	355	Полиэтилен.	1.02	1.74	---
	6-11	400.00	381.515	630	Полиэтилен.	1.43	1.01	---
	12-11	320.00	113.555	355	Полиэтилен.	1.46	-1.76	---
	7-12	400.00	521.136	710	Полиэтилен.	1.54	-0.99	---
						Невязка:	0.000	
6	7-8	560.00	99.819	355	Полиэтилен.	1.28	-2.45	---
	7-12	400.00	521.136	710	Полиэтилен.	1.54	0.99	---
	12-13	800.00	37.391	250	Полиэтилен.	1.14	4.83	---
	9-13	400.00	113.854	355	Полиэтилен.	1.46	-2.21	---
	8-9	260.00	190.754	450	Полиэтилен.	1.52	-1.15	---
						Невязка:	0.004	
7	11-10	500.00	33.772	250	Полиэтилен.	1.03	2.52	---
	10-14	600.00	20.067	250	Полиэтилен.	0.61	1.20	---
	15-14	440.00	38.487	250	Полиэтилен.	1.17	-2.79	---
	11-15	600.00	398.799	710	Полиэтилен.	1.18	-0.92	---
						Невязка:	0.000	
8	12-11	320.00	113.555	355	Полиэтилен.	1.46	1.76	---
	11-15	600.00	398.799	710	Полиэтилен.	1.18	0.92	---
	15-16	420.00	56.098	315	Полиэтилен.	0.91	1.16	---
	12-16	840.00	286.890	500	Полиэтилен.	1.71	-3.84	---
						Невязка:	0.001	
9	12-13	800.00	37.391	250	Полиэтилен.	1.14	-4.83	---
	12-16	840.00	286.890	500	Полиэтилен.	1.71	3.84	---
	16-17	800.00	36.700	250	Полиэтилен.	1.12	4.67	---
	13-17	800.00	102.645	355	Полиэтилен.	1.32	-3.68	---
						Невязка:	0.007	

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

Таблиця А.2 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
пожежогасіння

№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	34.823	250	Полиетилен.	1.06	-2.66	---
	2-6	600.00	394.907	560	Полиетилен.	1.88	2.83	---
	6-5	400.00	23.863	200	Полиетилен.	1.13	3.15	---
	1-5	760.00	17.123	200	Полиетилен.	0.81	-3.32	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-2	360.00	455.530	710	Полиетилен.	1.35	-0.70	---
	3-7	500.00	798.011	800	Полиетилен.	1.87	1.50	---
	7-6	600.00	86.296	355	Полиетилен.	1.11	2.03	---
	2-6	600.00	394.907	560	Полиетилен.	1.88	-2.83	---
						Невязка:	-0.001	
3	3-4	400.00	123.858	355	Полиетилен.	1.59	2.57	---
	4-8	300.00	116.858	355	Полиетилен.	1.50	1.74	---
	7-8	560.00	107.666	355	Полиетилен.	1.38	-2.80	---
	3-7	500.00	798.011	800	Полиетилен.	1.87	-1.50	---
						Невязка:	-0.001	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
4	6-5	400.00	23.863	200	Полиэтилен.	1.13	-3.15	---
	6-11	400.00	419.041	630	Полиэтилен.	1.58	1.19	---
	11-10	500.00	35.235	250	Полиэтилен.	1.07	2.71	---
	5-10	320.00	22.086	250	Полиэтилен.	0.67	-0.76	---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	86.296	355	Полиэтилен.	1.11	2.03	---
	6-11	400.00	419.041	630	Полиэтилен.	1.58	1.19	---
	12-11	320.00	124.650	355	Полиэтилен.	1.60	-2.08	---
	7-12	400.00	564.549	710	Полиэтилен.	1.67	-1.14	---
						Невязка:	0.001	
6	7-8	560.00	107.666	355	Полиэтилен.	1.38	-2.80	---
	7-12	400.00	564.549	710	Полиэтилен.	1.67	1.14	---
	12-13	800.00	40.405	250	Полиэтилен.	1.23	5.54	---
	9-13	400.00	123.024	355	Полиэтилен.	1.58	-2.54	---
	8-9	260.00	207.424	450	Полиэтилен.	1.65	-1.33	---
						Невязка:	0.005	
7	11-10	500.00	35.235	250	Полиэтилен.	1.07	2.71	---
	10-14	600.00	23.921	250	Полиэтилен.	0.73	1.64	---
	15-14	440.00	41.740	250	Полиэтилен.	1.27	-3.23	---
	11-15	600.00	445.956	710	Полиэтилен.	1.32	-1.13	---
						Невязка:	0.000	
8	12-11	320.00	124.650	355	Полиэтилен.	1.60	2.08	---
	11-15	600.00	445.956	710	Полиэтилен.	1.32	1.13	---
	15-16	420.00	61.488	315	Полиэтилен.	1.00	1.37	---
	12-16	840.00	316.194	500	Полиэтилен.	1.89	-4.57	---
						Невязка:	0.001	
9	12-13	800.00	40.405	250	Полиэтилен.	1.23	-5.54	---
	12-16	840.00	316.194	500	Полиэтилен.	1.89	4.57	---
	16-17	800.00	40.116	250	Полиэтилен.	1.22	5.47	---
	13-17	800.00	114.829	355	Полиэтилен.	1.47	-4.49	---
						Невязка:	0.008	
10	15-14	440.00	41.740	250	Полиэтилен.	1.27	3.23	---
	14-18	500.00	20.461	200	Полиэтилен.	0.97	2.99	---
	19-18	420.00	75.826	315	Полиэтилен.	1.23	-1.98	---
	15-19	600.00	248.628	450	Полиэтилен.	1.98	-4.24	---
						Невязка:	0.001	
11	15-16	420.00	61.488	315	Полиэтилен.	1.00	-1.37	---
	15-19	600.00	248.628	450	Полиэтилен.	1.98	4.24	---
	19-20	300.00	56.343	280	Полиэтилен.	1.37	2.18	---
	16-20	500.00	220.666	400	Полиэтилен.	2.23	-5.05	---
						Невязка:	0.001	
12	16-17	800.00	40.116	250	Полиэтилен.	1.22	-5.47	---
	16-20	500.00	220.666	400	Полиэтилен.	2.23	5.05	---
	20-21	620.00	76.723	315	Полиэтилен.	1.25	2.99	---
	17-21	860.00	80.445	355	Полиэтилен.	1.03	-2.57	---
						Невязка:	0.005	
13	19-18	420.00	75.826	315	Полиэтилен.	1.23	1.98	---
	18-22	520.00	64.287	280	Полиэтилен.	1.56	4.78	---
	22-23	620.00	8.487	250	Полиэтилен.	0.26	0.27	---
	19-23	1000.00	40.758	250	Полиэтилен.	1.24	-7.03	---
						Невязка:	0.001	
14	19-20	300.00	56.343	280	Полиэтилен.	1.37	-2.18	---
	19-23	1000.00	40.758	250	Полиэтилен.	1.24	7.03	---
	23-24	700.00	10.346	200	Полиэтилен.	0.49	1.25	---
	20-24	960.00	123.087	355	Полиэтилен.	1.58	-6.10	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
						Невязка:	0.002	
15	20-21	620.00	76.723	315	Полиетилен.	1.25	-2.99	---
	20-24	960.00	123.087	355	Полиетилен.	1.58	6.10	---
	24-25	400.00	55.532	315	Полиетилен.	0.90	1.09	---
	21-25	860.00	106.068	355	Полиетилен.	1.36	-4.19	---
						Невязка:	0.001	

Таблиця А.3 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання

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

Таблиця А.4 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму пожежогасіння в годину максимального водоспоживання

Вихідний вузол		Розглянутий вузол					Необхідний напір, м		
Номер вузла	П'єзом. позначка	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір, м			
21	81,50	1	11,88	93,38	80,00	13,38	10,00		
		2	14,54	96,04	80,00	16,04	10,00		
		3	15,24	96,74	75,00	21,74	10,00		
		4	12,67	94,17	71,00	23,17	10,00		
		5	8,56	90,06	80,00	10,06	10,00		
		6	11,71	93,21	79,00	14,21	10,00		
		7	13,74	95,24	77,50	17,74	10,00		
		8	10,93	92,43	75,00	17,43	10,00		
		9	9,60	91,10	70,00	21,10	10,00		
		10	7,80	89,30	77,50	11,80	10,00		
		11	10,52	92,02	77,50	14,52	10,00		
		12	12,60	94,10	77,50	16,60	10,00		
		13	7,06	88,56	73,00	15,56	10,00		
		14	6,16	87,66	73,00	14,66	10,00		
		15	9,39	90,89	74,00	16,89	10,00		
		16	8,03	89,53	73,00	16,53	10,00		
		17	2,57	84,07	74,00	10,07	10,00		
		18	3,17	84,67	70,00	14,67	10,00		
		19	5,15	86,65	71,00	15,65	10,00		
		20	2,97	84,47	71,50	12,97	10,00		
				21 н.т.	0,00	81,50	71,50	10,00	10,00
				22	-1,61	79,89	66,00	13,89	10,00
				23	-1,88	79,62	66,00	13,62	10,00
				24	-3,12	78,38	67,00	11,38	10,00
				25	-4,19	77,31	67,00	10,31	10,00

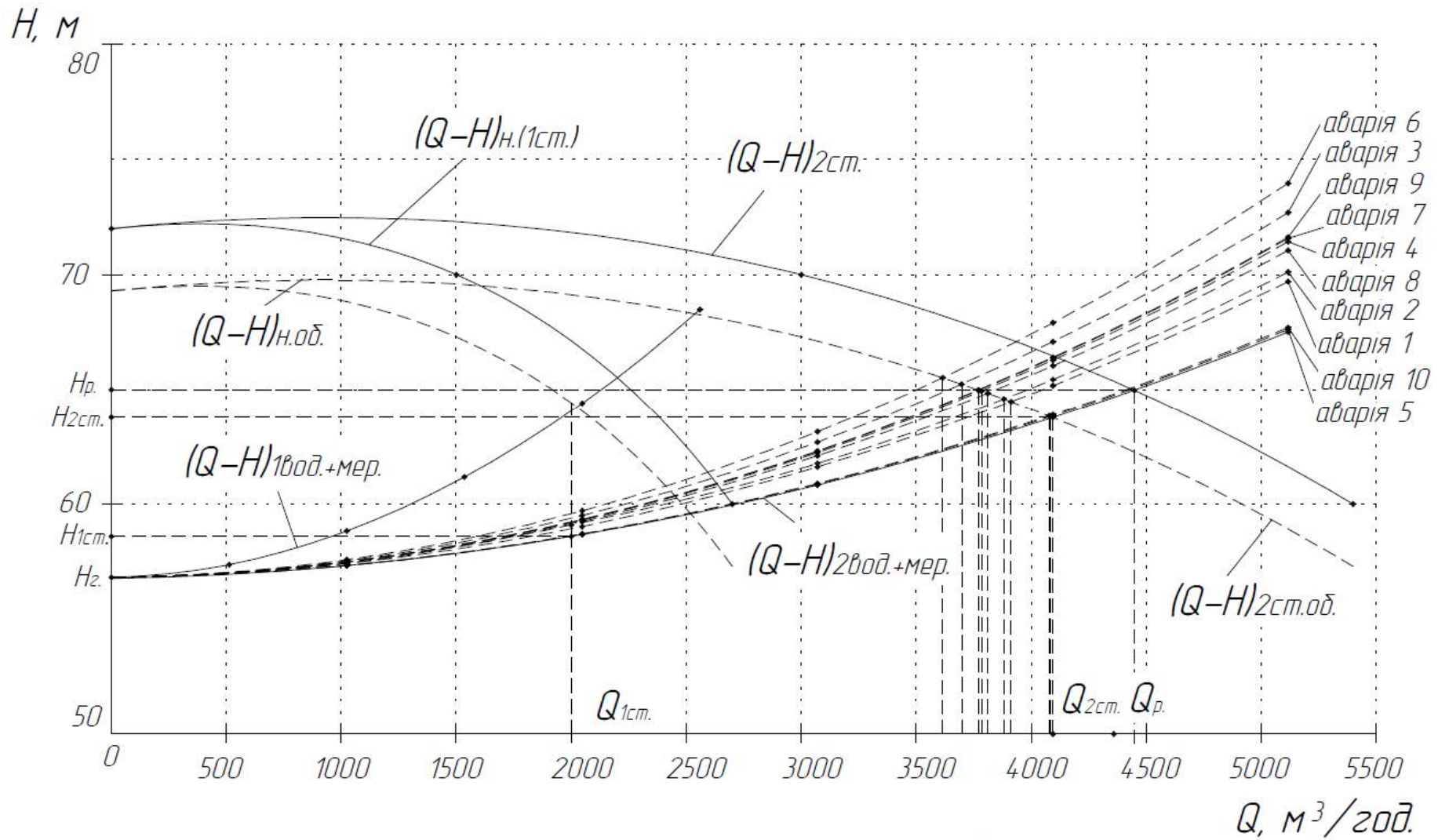


Рисунок А.1 – Сумісний графік роботи насосної станції II-го підйому, водоводів і мережі при нормальному режимі роботи та аваріях

Таблиця Б.1 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №1 на ділянці 2-6

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

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

Таблиця Б.2 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №2 на ділянці 6-11

N кольця	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	42.780	250	Полиэтилен.	1.30	-3.83	---
	2-6	600.00	149.724	560	Полиэтилен.	0.71	0.51	---
	6-5	400.00	45.408	200	Полиэтилен.	2.16	9.85	---
	1-5	760.00	25.080	200	Полиэтилен.	1.19	-6.53	---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2	360.00	218.304	710	Полиэтилен.	0.65	-0.19	---
	3-7	500.00	926.701	800	Полиэтилен.	2.17	1.96	---
	6-7	600.00	66.015	355	Полиэтилен.	0.85	-1.26	---
	2-6	600.00	149.724	560	Полиэтилен.	0.71	-0.51	---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4	400.00	132.394	355	Полиэтилен.	1.70	2.89	---
	4-8	300.00	125.394	355	Полиэтилен.	1.61	1.97	---
	7-8	560.00	109.763	355	Полиэтилен.	1.41	-2.90	---
	3-7	500.00	926.701	800	Полиэтилен.	2.17	-1.96	---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5	400.00	45.408	200	Полиэтилен.	2.16	-9.85	---
	6-7	600.00	66.015	355	Полиэтилен.	0.85	1.26	---
	7-12	400.00	843.454	710	Полиэтилен.	2.50	2.33	---
	12-11	320.00	292.868	355	Полиэтилен.	3.76	9.46	---
	11-10	500.00	8.641	250	Полиэтилен.	0.26	0.22	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	5-10	320.00	51.589	250	Полиэтилен.	1.57 Невязка:	-3.42 -0.002	---
5	7-8 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	109.763 843.454 39.313 141.157 218.057	355 710 250 355 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.41 2.50 1.20 1.81 1.74 Невязка:	-2.90 2.33 5.27 -3.24 -1.46 0.005	--- --- --- --- ---
6	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	8.641 26.830 31.028 221.727	250 250 250 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.26 0.82 0.94 0.66 Невязка:	0.22 2.01 -1.91 -0.33 0.000	--- --- --- ---
7	12-11 11-15 16-15 12-16	320.00 600.00 420.00 840.00	292.868 221.727 75.452 427.973	355 710 315 500	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	3.76 0.66 1.23 2.55 Невязка:	9.46 0.33 -1.96 -7.82 0.001	--- --- --- ---
8	12-13 12-16 16-17 13-17	800.00 840.00 800.00 800.00	39.313 427.973 29.692 131.871	250 500 250 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.20 2.55 0.90 1.69 Невязка:	-5.27 7.82 3.21 -5.74 0.008	--- --- --- ---
9	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	31.028 12.658 50.907 172.051	250 200 315 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.94 0.60 0.83 1.37 Невязка:	1.91 1.28 -0.98 -2.21 0.001	--- --- --- ---
10	16-15 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	75.452 172.051 18.474 205.929	315 450 280 400	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.23 1.37 0.45 2.08 Невязка:	1.96 2.21 0.30 -4.47 0.001	--- --- --- ---
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	29.692 205.929 55.739 87.063	250 400 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.90 2.08 0.91 1.12 Невязка:	-3.21 4.47 1.69 -2.95 0.005	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	50.907 31.565 18.265 26.970	315 280 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.83 0.77 0.56 0.82 Невязка:	0.98 1.35 1.05 -3.38 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	18.474 26.970 6.335 91.463	280 250 200 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.45 0.82 0.30 1.17 Невязка:	-0.30 3.38 0.52 -3.60 0.001	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	55.739 91.463 62.399 91.701	315 355 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.91 1.17 1.01 1.18 Невязка:	-1.69 3.60 1.34 -3.24 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Б.3 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №3 на ділянці 11-15

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

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

Таблица Б.4 – Результаты ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму максимального водоспоживання при аварії №4 на ділянці 15-19

№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1 2-6 6-5 1-5	500.00 600.00 400.00 760.00	34.157 321.061 26.149 16.457	250 560 200 200	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.04 1.53 1.24 0.78	-2.57 1.96 3.70 -3.09	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.000	
2	3-2 3-7 7-6 2-6	360.00 500.00 600.00 600.00	381.018 769.405 59.946 321.061	710 800 355 560	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.13 1.80 0.77 1.53	-0.51 1.41 1.06 -1.96	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.000	
3	3-4 4-8 7-8 3-7	400.00 300.00 560.00 500.00	126.978 119.978 113.871 769.405	355 355 355 800	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.63 1.54 1.46 1.80	2.68 1.82 -3.10 -1.41	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5 6-11 11-10 5-10	400.00 400.00 500.00 320.00	26.149 316.558 42.826 23.706	200 630 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.24 1.19 1.30 0.72	-3.70 0.72 3.84 -0.86	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.000	
5	7-6	600.00	59.946	355	Полиэтилен.	0.77	1.06	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6-11 12-11 7-12	400.00 320.00 400.00	316.558 66.180 556.087	630 355 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.19 0.85 1.65	0.72 -0.68 -1.11	--- --- ---
						Невязка:	0.000	
6	7-8 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	113.871 556.087 44.669 139.849 216.749	355 710 250 355 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.46 1.65 1.36 1.79 1.72	-3.10 1.11 6.62 -3.19 -1.44	--- --- --- --- ---
						Невязка:	0.004	
7	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	42.826 33.132 60.714 277.411	250 250 250 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.30 1.01 1.85 0.82	3.84 2.92 -6.27 -0.49	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	
8	12-11 11-15 15-16 12-16	320.00 600.00 420.00 840.00	66.180 277.411 122.597 361.938	355 710 315 500	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.85 0.82 1.99 2.16	0.68 0.49 4.65 -5.81	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	
9	12-13 12-16 16-17 13-17	800.00 840.00 800.00 800.00	44.669 361.938 45.640 135.918	250 500 250 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.36 2.16 1.39 1.74	-6.62 5.81 6.87 -6.06	--- --- --- ---
						Невязка:	0.007	
10	15-14 14-18 19-18 20-19 16-20 15-16	440.00 500.00 420.00 300.00 500.00 420.00	60.714 48.647 6.129 96.220 321.995 122.597	250 200 315 280 400 315	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.85 2.31 0.10 2.34 3.25 1.99	6.27 13.92 -0.02 -5.64 -9.88 -4.65	--- --- --- --- --- ---
						Невязка:	0.002	
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	45.640 321.995 47.192 107.058	250 400 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.39 3.25 0.77 1.37	-6.87 9.88 1.26 -4.26	--- --- --- ---
						Невязка:	0.004	
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	6.129 22.776 9.476 14.391	315 280 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.10 0.55 0.29 0.44	0.02 0.76 0.33 -1.11	--- --- --- ---
						Невязка:	0.000	
13	20-19 19-23 24-23 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	96.220 14.391 15.034 101.384	280 250 200 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	2.34 0.44 0.71 1.30	5.64 1.11 -2.43 -4.32	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	47.192 101.384 50.950 103.150	315 355 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.77 1.30 0.83 1.32	-1.26 4.32 0.93 -3.99	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	

Таблиця Б.5 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №5 на ділянці 11-12

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

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

Таблиця Б.6 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №6 на ділянці 3-7

N кольця	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	49.959	250	Полиэтилен.	1.52	-5.04	---
	2-6	600.00	913.105	560	Полиэтилен.	4.35	12.52	---
	6-5	400.00	22.035	200	Полиэтилен.	1.05	2.73	---
	1-5	760.00	32.259	200	Полиэтилен.	1.53	-10.21	---
						Невязка:	-0.000	
2	3-4	400.00	288.536	355	Полиэтилен.	3.70	11.51	---
	4-8	300.00	281.536	355	Полиэтилен.	3.61	8.27	---
	8-7	560.00	62.756	355	Полиэтилен.	0.81	1.08	---
	6-7	600.00	152.343	355	Полиэтилен.	1.95	-5.56	---
	2-6	600.00	913.105	560	Полиэтилен.	4.35	-12.52	---
	3-2	360.00	988.864	710	Полиэтилен.	2.93	-2.78	---
						Невязка:	-0.001	
3	6-5	400.00	22.035	200	Полиэтилен.	1.05	-2.73	---
	6-11	400.00	700.427	630	Полиэтилен.	2.63	2.96	---
	11-10	500.00	25.417	250	Полиэтилен.	0.77	1.52	---
	5-10	320.00	35.394	250	Полиэтилен.	1.08	-1.75	---
						Невязка:	-0.000	
4	6-7	600.00	152.343	355	Полиэтилен.	1.95	-5.56	---
	6-11	400.00	700.427	630	Полиэтилен.	2.63	2.96	---
	11-12	320.00	145.799	355	Полиэтилен.	1.87	2.74	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	7-12	400.00	175.600	710	Полиэтилен.	0.52 Невязка:	-0.14 0.001	---
5	8-7 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	62.756 175.600 26.686 124.780 201.680	355 710 250 355 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.81 0.52 0.81 1.60 1.60 Невязка:	1.08 0.14 2.65 -2.60 -1.27 0.003	--- --- --- --- ---
6	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	25.417 27.410 35.208 466.712	250 250 250 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.77 0.83 1.07 1.38 Невязка:	1.52 2.09 -2.39 -1.22 0.000	--- --- --- ---
7	11-12 11-15 15-16 12-16	320.00 600.00 420.00 840.00	145.799 466.712 108.827 211.413	355 710 315 500	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.87 1.38 1.77 1.26 Невязка:	-2.74 1.22 3.76 -2.24 0.001	--- --- --- ---
8	12-13 12-16 16-17 13-17	800.00 840.00 800.00 800.00	26.686 211.413 34.188 102.865	250 500 250 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.81 1.26 1.04 1.32 Невязка:	-2.65 2.24 4.12 -3.69 0.007	--- --- --- ---
9	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	35.208 17.418 51.103 228.577	250 200 315 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.07 0.83 0.83 1.82 Невязка:	2.39 2.25 -0.98 -3.65 0.001	--- --- --- ---
10	15-16 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	108.827 228.577 70.709 169.151	315 450 280 400	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.77 1.82 1.72 1.71 Невязка:	-3.76 3.65 3.26 -3.15 0.002	--- --- --- ---
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	34.188 169.151 71.140 62.554	250 400 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.04 1.71 1.16 0.80 Невязка:	-4.12 3.15 2.61 -1.64 0.005	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	51.103 36.521 23.221 31.066	315 280 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.83 0.89 0.71 0.95 Невязка:	0.98 1.75 1.61 -4.34 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	70.709 31.066 15.386 91.521	280 250 200 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.72 0.95 0.73 1.17 Невязка:	-3.26 4.34 2.53 -3.60 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	71.140 91.521 71.507 82.593	315 355 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.16 1.17 1.16 1.06 Невязка:	-2.61 3.60 1.70 -2.69 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Б.7 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №7 на ділянці 7-12

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

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

Таблица Б.8 – Результаты ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму максимального водоспоживання при аварії №8 на ділянці 12-16

№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1 2-6 6-5 1-5	500.00 600.00 400.00 760.00	37.073 456.264 25.111 19.373	250 560 200 200	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.13 2.17 1.19 0.92	-2.97 3.66 3.44 -4.13	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.001	
2	3-2 3-7 7-6 2-6	360.00 500.00 600.00 600.00	519.138 625.381 118.573 456.264	710 800 355 560	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.54 1.46 1.52 2.17	-0.88 0.97 3.57 -3.66	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.001	
3	3-4 4-8 7-8 3-7	400.00 300.00 560.00 500.00	132.881 125.881 130.000 625.381	355 355 355 800	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.71 1.62 1.67 1.46	2.91 1.98 -3.92 -0.97	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.001	
4	6-5 6-11 11-10 5-10	400.00 400.00 500.00 320.00	25.111 511.427 35.373 25.584	200 630 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.19 1.92 1.08 0.78	-3.44 1.70 2.73 -0.98	--- --- --- ---
						Невязка:	-0.001	
5	7-6	600.00	118.573	355	Полиэтилен.	1.52	3.57	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6-11 12-11 7-12	400.00 320.00 400.00	511.427 199.873 337.308	630 355 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.92 2.56 1.00 Невязка:	1.70 -4.80 -0.46 0.002	--- --- ---
6	7-8 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	130.000 337.308 54.135 161.881 238.781	355 710 250 355 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.67 1.00 1.65 2.08 1.90 Невязка:	-3.92 0.46 9.30 -4.13 -1.71 0.005	--- --- --- --- ---
7	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	35.373 27.558 38.968 613.426	250 250 250 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.08 0.84 1.19 1.81 Невязка:	2.73 2.11 -2.86 -1.98 0.001	--- --- --- ---
8	12-13 12-11 11-15 15-16 17-16 13-17	800.00 320.00 600.00 420.00 800.00 800.00	54.135 199.873 613.426 204.841 7.183 167.416	250 355 710 315 250 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.65 2.56 1.81 3.33 0.22 2.15 Невязка:	-9.30 4.80 1.98 11.55 -0.26 -8.77 0.007	--- --- --- --- --- ---
9	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	38.968 21.325 51.335 275.517	250 200 315 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.19 1.01 0.83 2.19 Невязка:	2.86 3.22 -0.99 -5.09 0.001	--- --- --- ---
10	15-16 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	204.841 275.517 113.868 95.124	315 450 280 400	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	3.33 2.19 2.76 0.96 Невязка:	-11.55 5.09 7.60 -1.14 0.002	--- --- --- ---
11	17-16 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	7.183 95.124 51.682 85.733	250 400 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.22 0.96 0.84 1.10 Невязка:	0.26 1.14 1.48 -2.87 0.001	--- --- --- ---
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	51.335 40.660 27.360 34.615	315 280 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.83 0.99 0.83 1.05 Невязка:	0.99 2.12 2.15 -5.26 0.001	--- --- --- ---
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	113.868 34.615 23.075 80.110	280 250 200 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	2.76 1.05 1.10 1.03 Невязка:	-7.60 5.26 5.19 -2.85 0.002	--- --- --- ---
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	51.682 80.110 67.785 86.315	315 355 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.84 1.03 1.10 1.11 Невязка:	-1.48 2.85 1.55 -2.91 0.001	--- --- --- ---

Таблиця Б.9 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №9 на ділянці 16-20

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

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

Таблиця Б.10 – Результати ув'язки водопровідної мережі М1 для режиму
максимального водоспоживання при аварії №10 на ділянці 15-16

1	2	3	4	5	6	7	8	9
№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2-1 2-6 6-5 1-5	500.00 600.00 400.00 760.00	32.968 346.849 22.664 15.268	250 560 200 200	Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен.	1.00 1.65 1.08 0.73 Невязка:	-2.41 2.25 2.87 -2.71 -0.000	--- --- --- ---
2	3-2 3-7 7-6 2-6	360.00 500.00 600.00 600.00	405.617 754.954 71.615 346.849	710 800 355 560	Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен.	1.20 1.76 0.92 1.65 Невязка:	-0.57 1.36 1.46 -2.25 -0.000	--- --- --- ---
3	3-4 4-8 7-8 3-7	400.00 300.00 560.00 500.00	116.829 109.829 101.167 754.954	355 355 355 800	Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен.	1.50 1.41 1.30 1.76 Невязка:	2.32 1.56 -2.51 -1.36 -0.001	--- --- --- ---
4	6-5 6-11 11-10 5-10	400.00 400.00 500.00 320.00	22.664 357.499 34.061 19.033	200 630 250 250	Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен. Полиетилен.	1.08 1.34 1.04 0.58 Невязка:	-2.87 0.90 2.56 -0.58 -0.000	--- --- --- ---
5	7-6	600.00	71.615	355	Полиетилен.	0.92	1.46	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6-11 12-11 7-12	400.00 320.00 400.00	357.499 95.340 542.673	630 355 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.34 1.22 1.61	0.90 -1.29 -1.06	--- --- ---
						Невязка:	0.001	
6	7-8 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	101.167 542.673 37.948 116.996 193.896	355 710 250 355 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.30 1.61 1.16 1.50 1.54	-2.51 1.06 4.95 -2.32 -1.18	--- --- --- --- ---
						Невязка:	0.004	
7	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	34.061 19.693 39.761 356.279	250 250 250 710	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.04 0.60 1.21 1.05	2.56 1.16 -2.96 -0.76	--- --- --- ---
						Невязка:	0.000	
8	12-11 11-15 15-19 19-20 16-20 12-16	320.00 600.00 600.00 300.00 500.00 840.00	95.340 356.279 222.418 62.992 175.290 326.084	355 710 450 280 400 500	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.22 1.05 1.77 1.53 1.77 1.95	1.29 0.76 3.48 2.66 -3.36 -4.83	--- --- --- --- --- ---
						Невязка:	0.001	
9	12-13 12-16 16-17 13-17	800.00 840.00 800.00 800.00	37.948 326.084 33.894 106.344	250 500 250 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.16 1.95 1.03 1.36	-4.95 4.83 4.05 -3.92	--- --- --- ---
						Невязка:	0.007	
10	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	39.761 14.254 53.226 222.418	250 200 315 450	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.21 0.68 0.86 1.77	2.96 1.58 -1.06 -3.48	--- --- --- ---
						Невязка:	0.000	
11	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	33.894 175.290 69.311 65.738	250 400 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.03 1.77 1.13 0.84	-4.05 3.36 2.49 -1.79	--- --- --- ---
						Невязка:	0.004	
12	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	53.226 35.480 22.180 30.500	315 280 250 250	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	0.86 0.86 0.68 0.93	1.06 1.67 1.48 -4.20	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	
13	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	62.992 30.500 13.780 91.771	280 250 200 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.53 0.93 0.65 1.18	-2.66 4.20 2.08 -3.62	--- --- --- ---
						Невязка:	0.002	
14	20-21 20-24 24-25 21-25	620.00 960.00 400.00 860.00	69.311 91.771 70.151 83.949	315 355 315 355	Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен. Полиэтилен.	1.13 1.18 1.14 1.08	-2.49 3.62 1.64 -2.77	--- --- --- ---
						Невязка:	0.001	

Таблиця Б.11 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання при аварії №1

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

Таблиця Б.12 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання при аварії №2

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

Таблиця Б.13 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №3

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

Таблиця Б.14 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №4

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

Таблиця Б.15 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №5

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

Таблиця Б.16 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №6

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

Таблиця Б.17 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №7

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

Таблиця Б.18 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №8

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

Таблиця Б.19 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №9

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

Таблиця Б.20 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі для режиму максимального водоспоживання при аварії №10

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

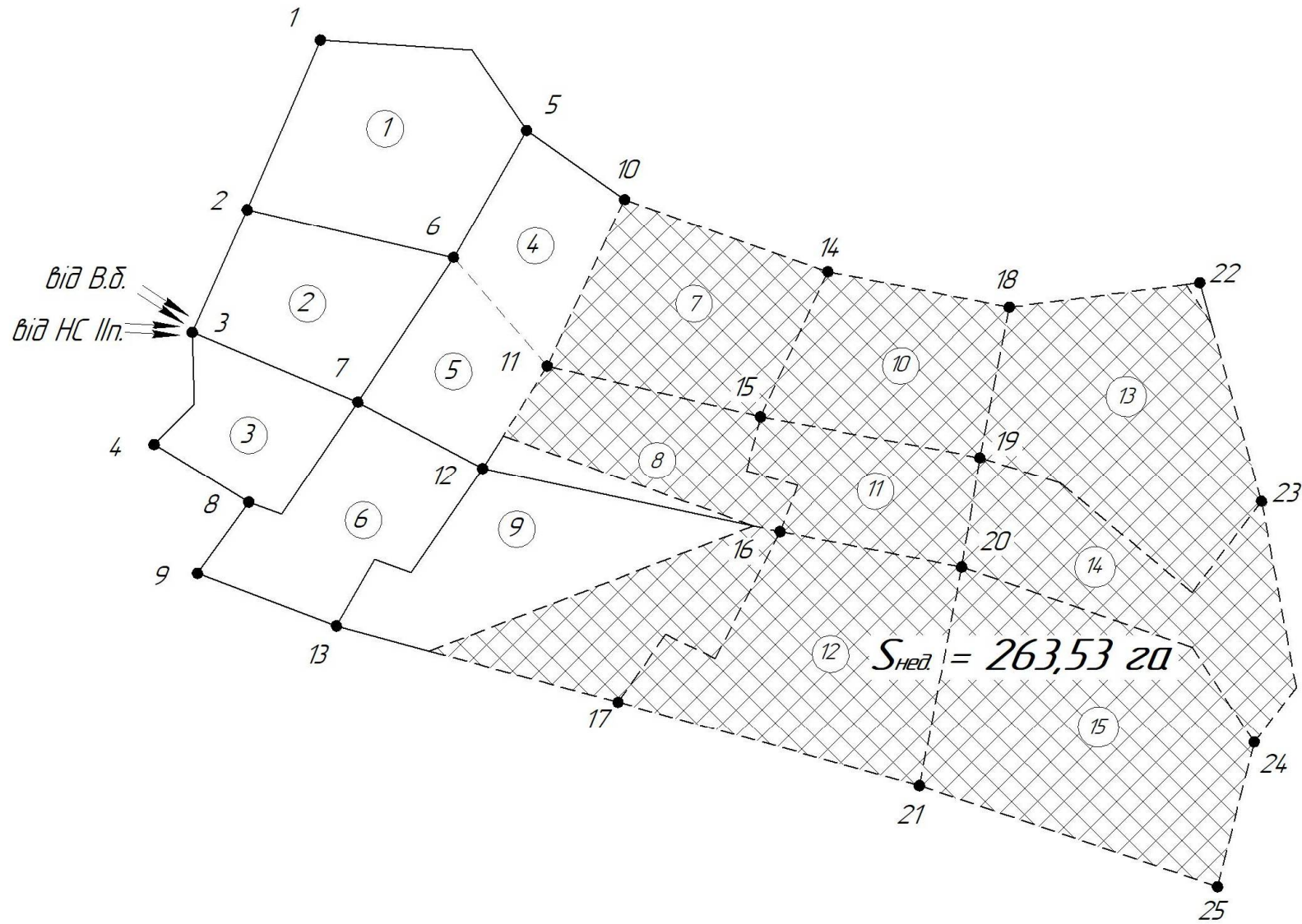


Рисунок В.2 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №2

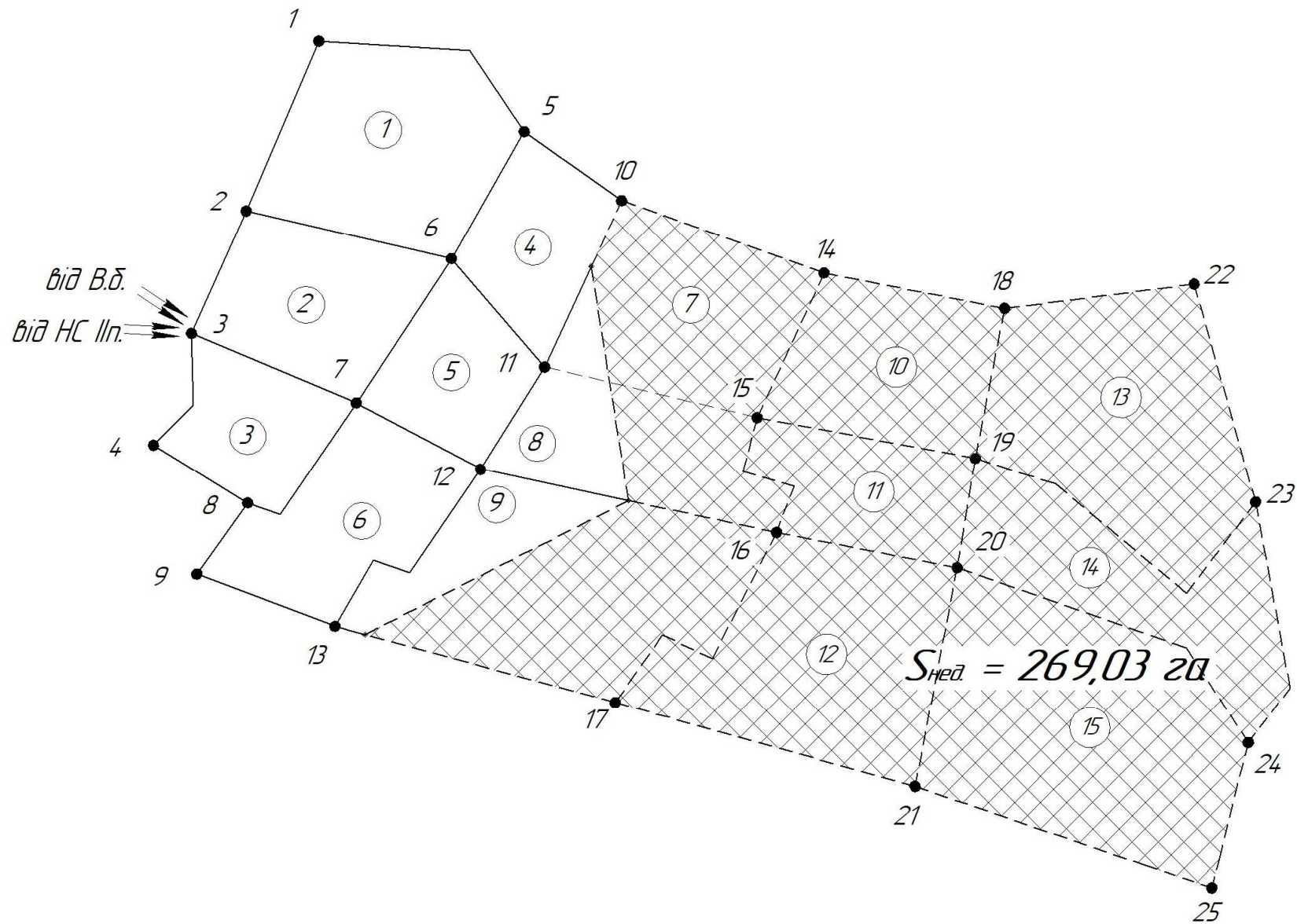


Рисунок В.3 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №3

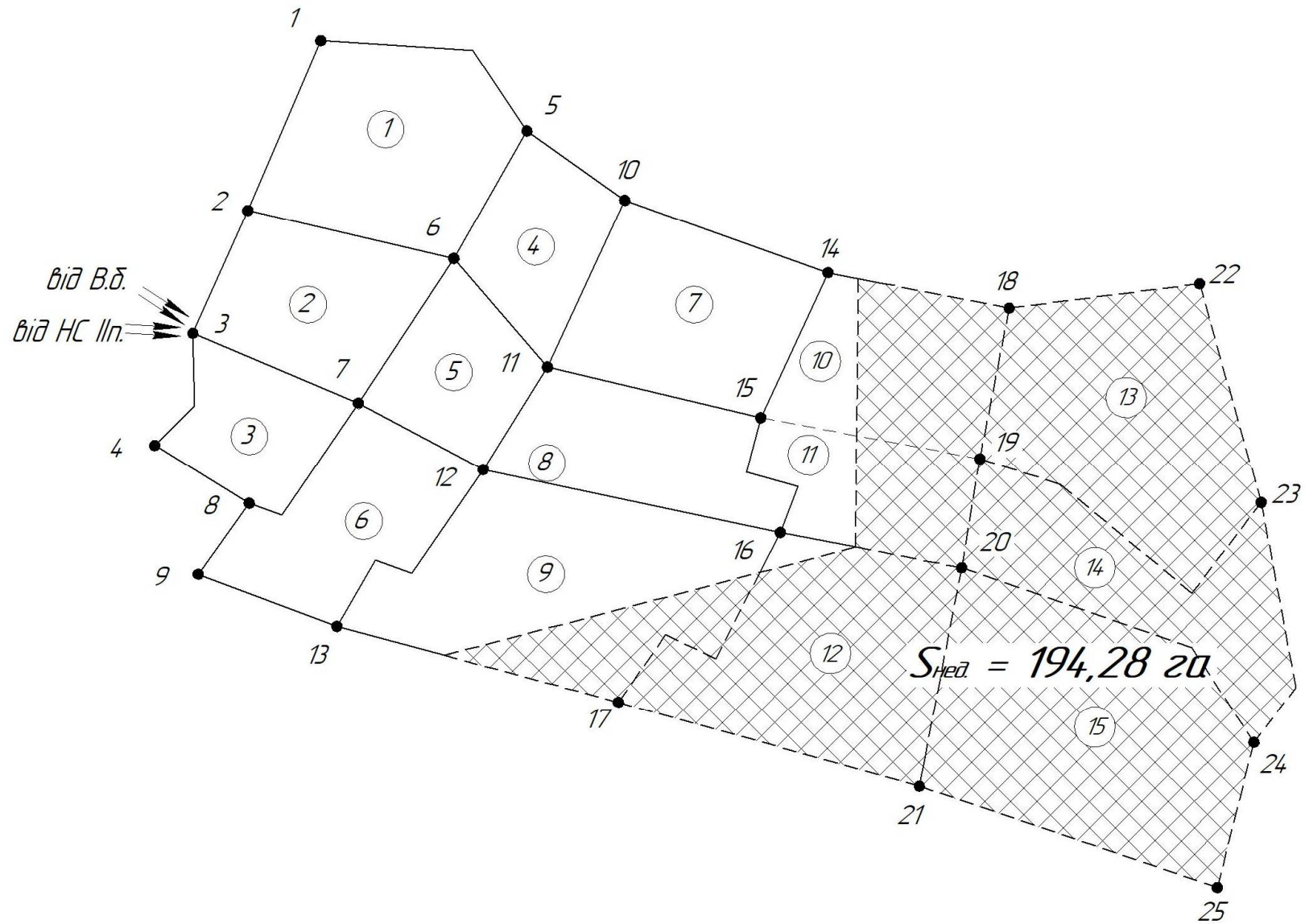


Рисунок В.4 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №4

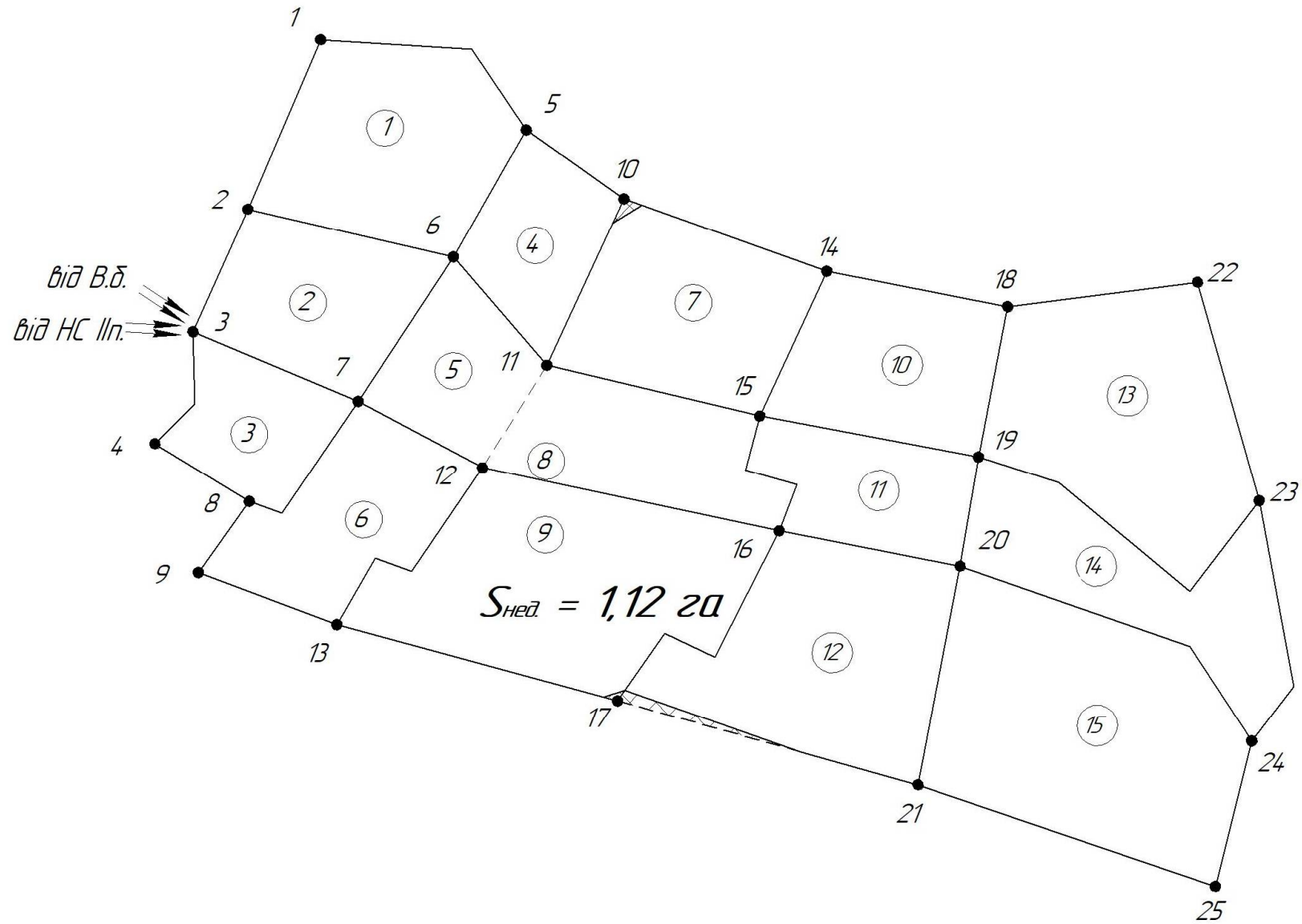


Рисунок В.5 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №5

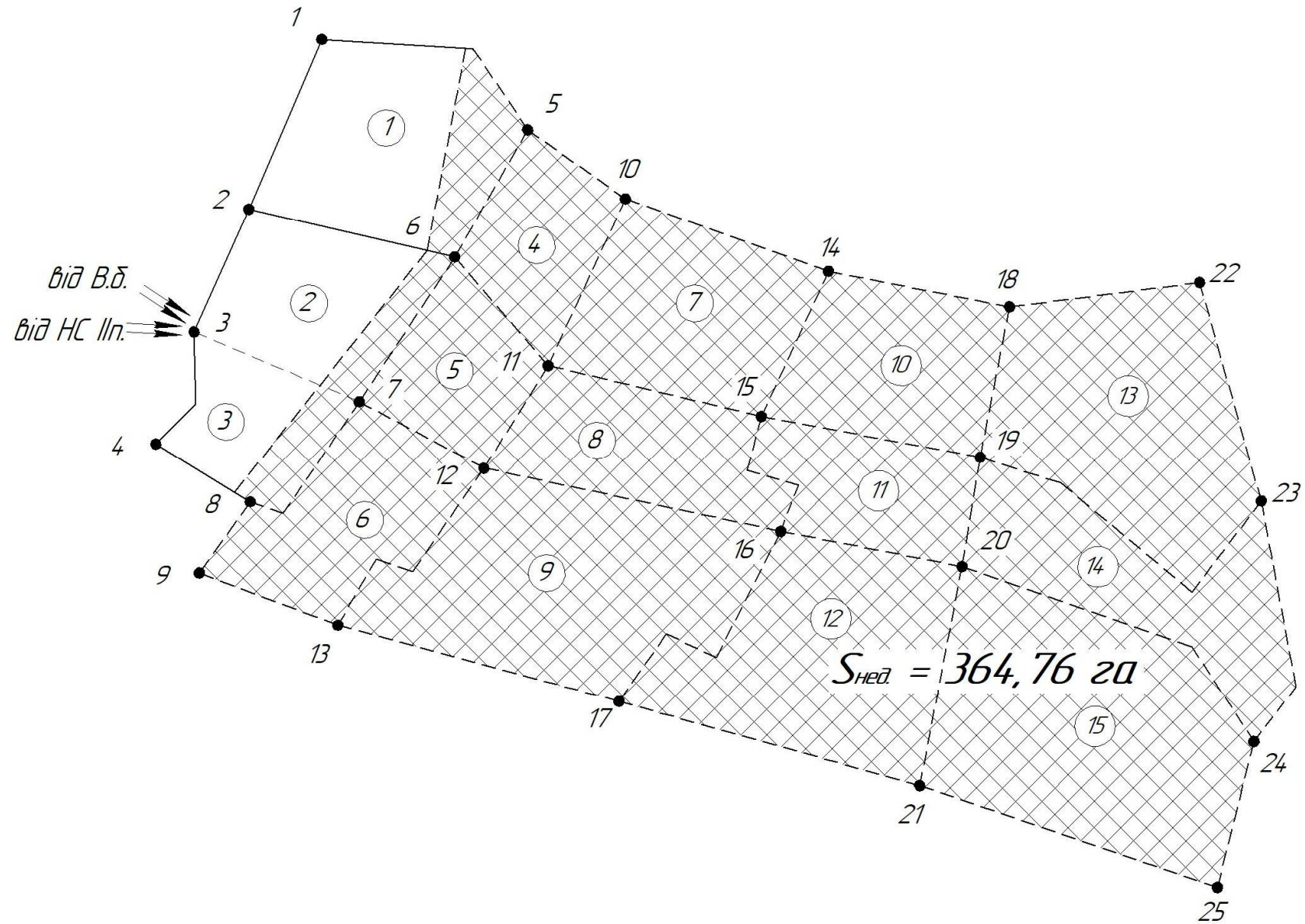


Рисунок В.6 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №6

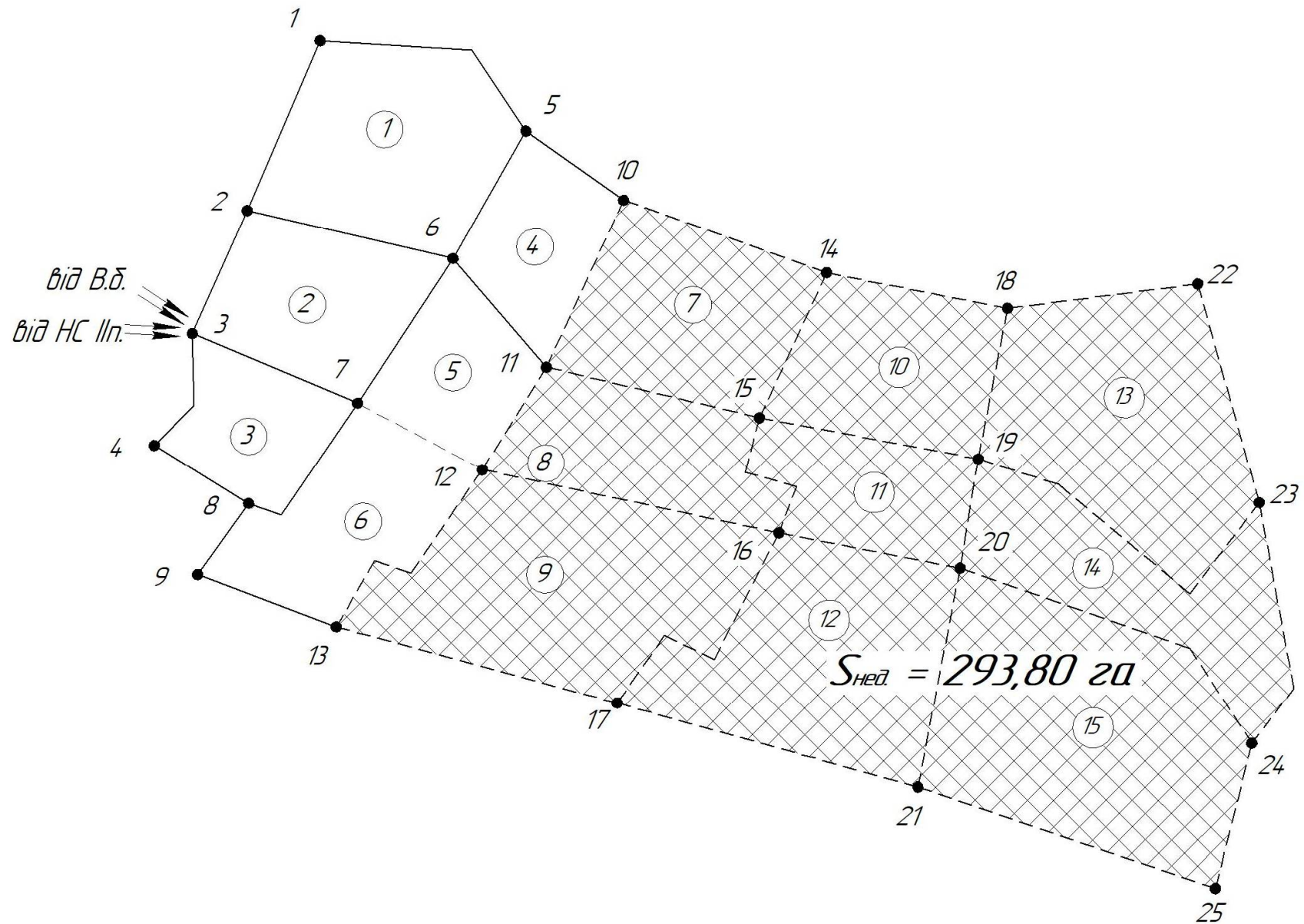


Рисунок В.7 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №7

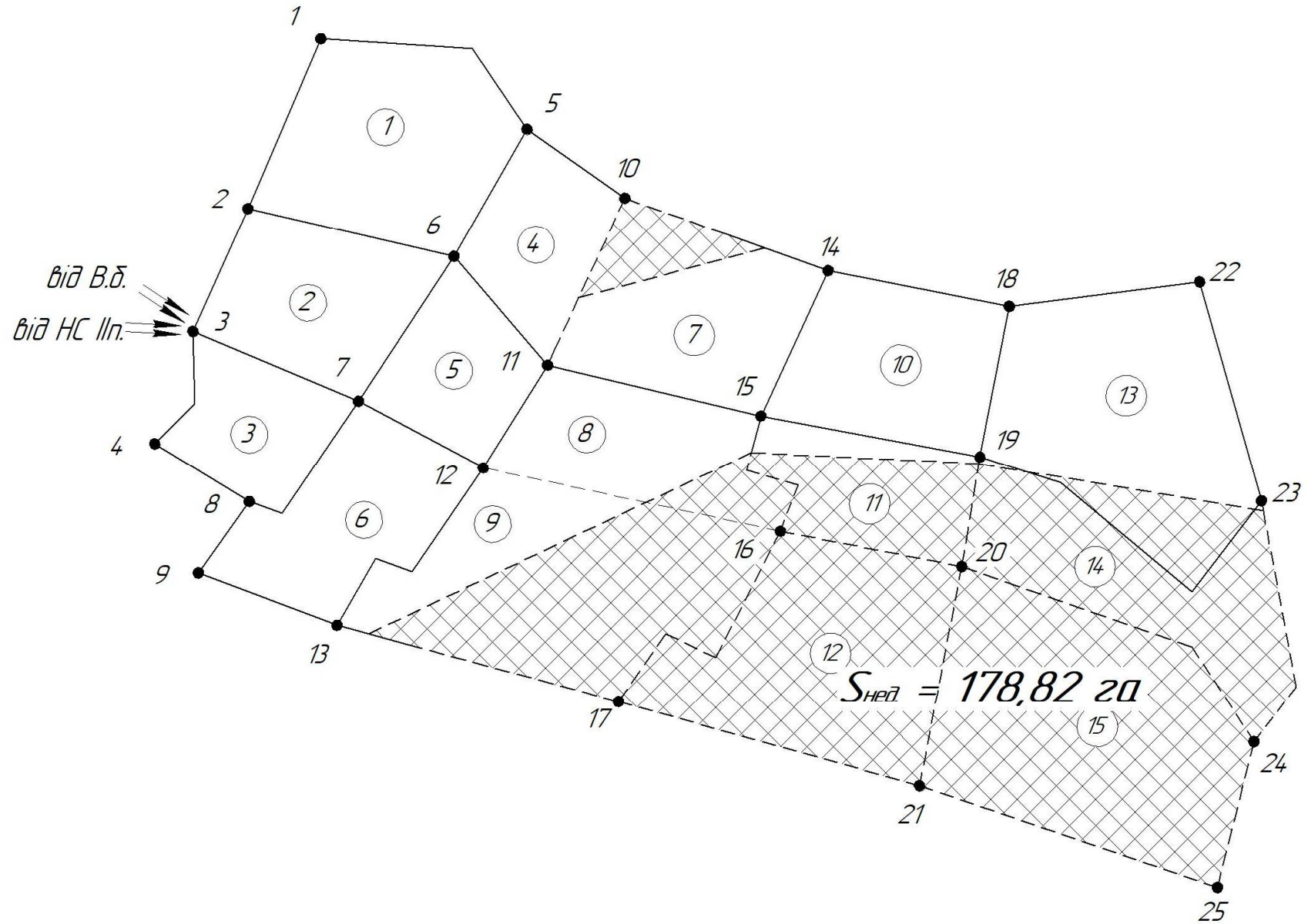


Рисунок В.8 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №8

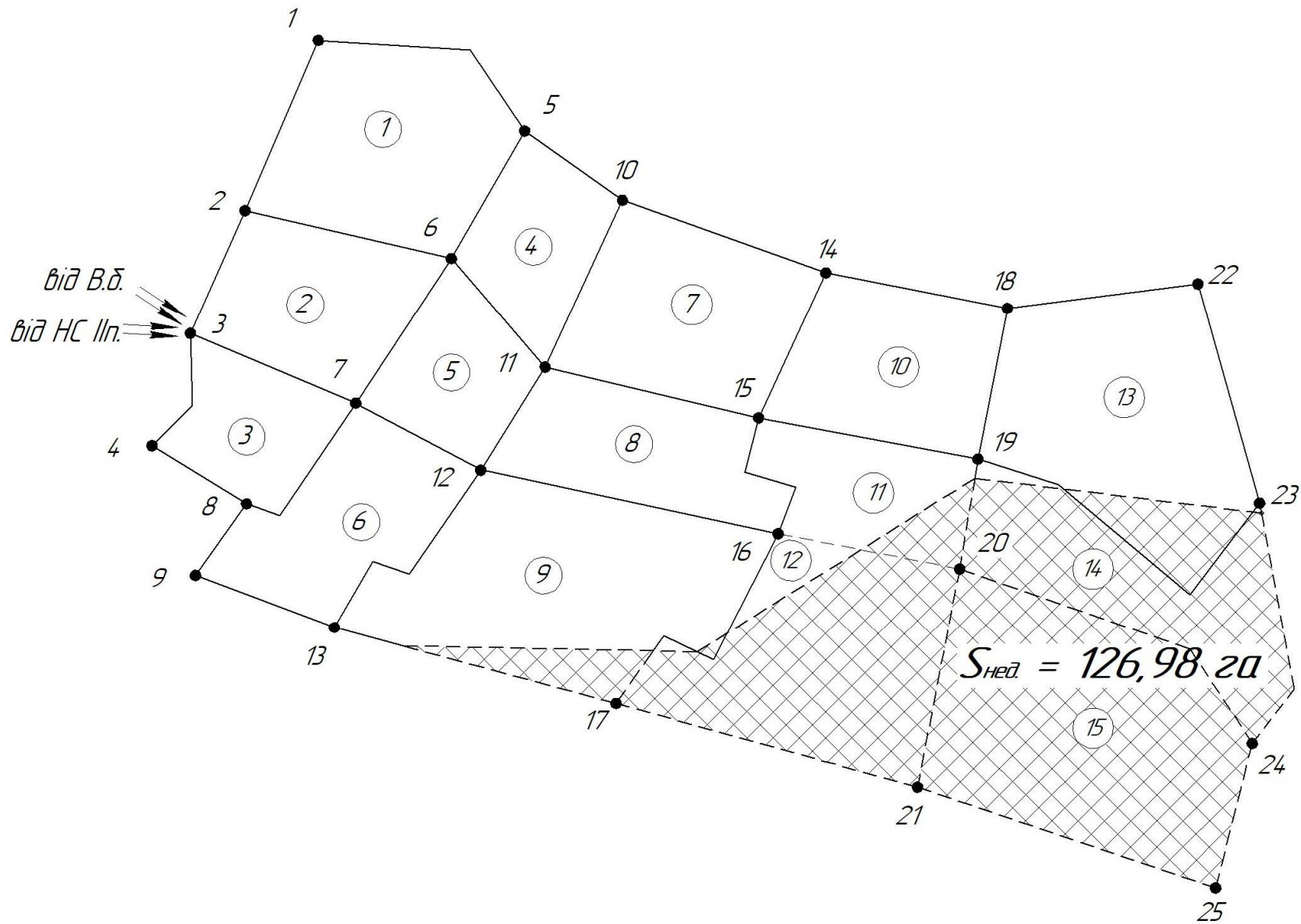


Рисунок В.9 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №9

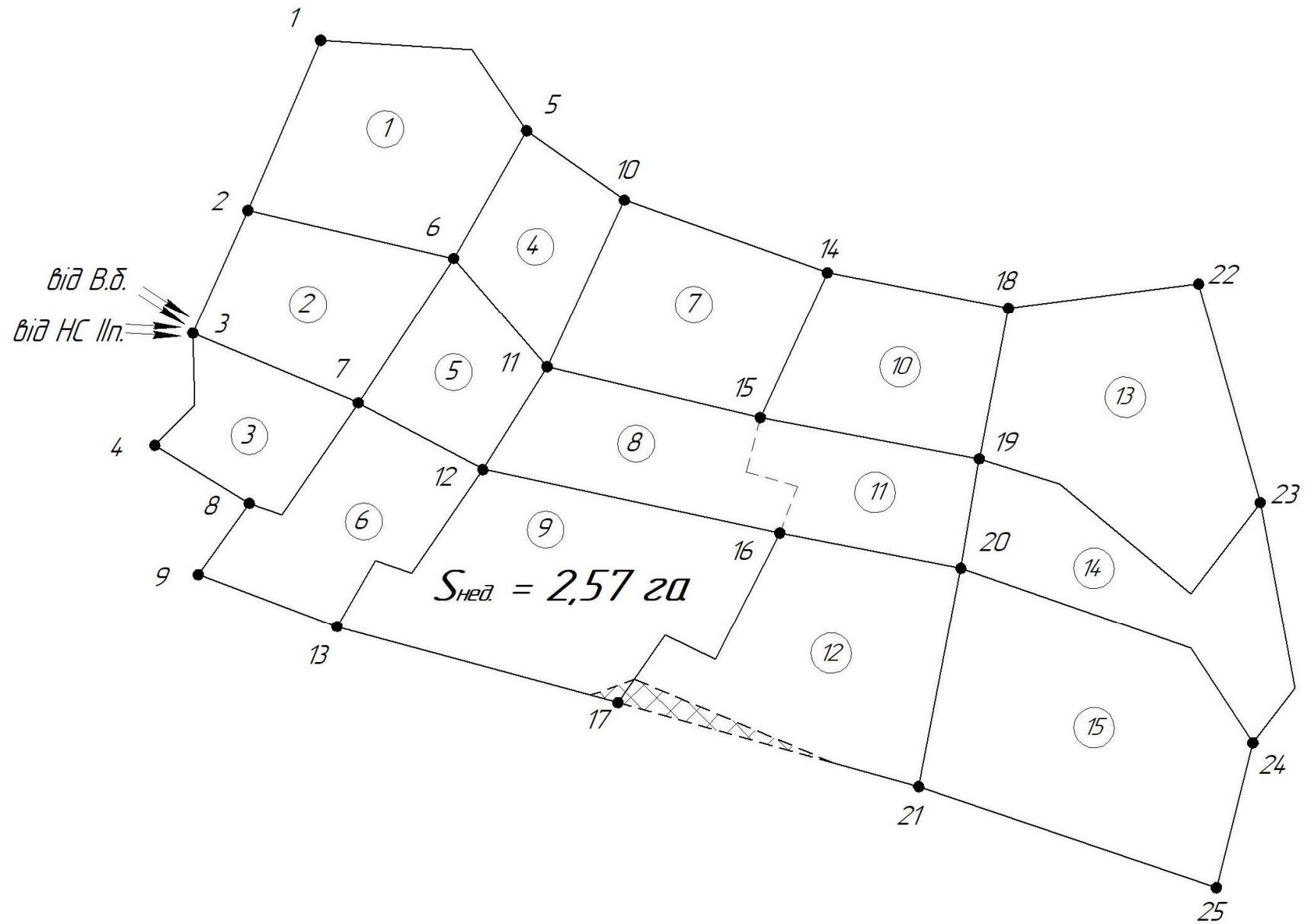


Рисунок В.10 – Площа зони недостатніх напорів при аварії №10

Таблиця Г.1 – Результати ув'язки водопровідної мережі М2 для режиму
максимального водоспоживання (ділянки із нових сталевих труб)

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

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

Таблица Г.2 – Результаты ув'язки водопровідної мережі М2 для режиму максимального водоспоживання (ділянки із ненових сталевих труб)

№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	41.112	250	Сталь.э/с.ненов.	0.77	-1.97	---
	2-6	600.00	313.764	500	Сталь.э/с.ненов.	1.50	3.42	---
	6-5	400.00	23.821	200	Сталь.э/с.ненов.	0.69	1.72	---
	1-5	760.00	23.412	200	Сталь.э/с.ненов.	0.68	-3.16	---
						Невязка:	0.001	
2	3-2	360.00	380.676	700	Сталь.э/с.ненов.	0.97	-0.59	---
	3-7	500.00	773.440	800	Сталь.э/с.ненов.	1.52	1.65	---
	7-6	600.00	101.131	350	Сталь.э/с.ненов.	0.98	2.36	---
	2-6	600.00	313.764	500	Сталь.э/с.ненов.	1.50	-3.42	---
						Невязка:	0.001	
3	3-4	400.00	123.284	350	Сталь.э/с.ненов.	1.19	2.28	---
	4-8	300.00	116.284	350	Сталь.э/с.ненов.	1.12	1.53	---
	7-8	560.00	100.010	350	Сталь.э/с.ненов.	0.97	-2.16	---
	3-7	500.00	773.440	800	Сталь.э/с.ненов.	1.52	-1.65	---
						Невязка:	0.001	
4	6-5	400.00	23.821	200	Сталь.э/с.ненов.	0.69	-1.72	---

1	2	3	4	5	6	7	8	9
	6-11 11-10 5-10	400.00 500.00 320.00	352.774 25.750 28.332	600 200 200	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	1.18 0.75 0.83	1.13 2.47 -1.89	--- --- ---
					Невязка:	0.001	0.001	
5	7-6 6-11 12-11 7-12	600.00 400.00 320.00 400.00	101.131 352.774 137.185 532.800	350 600 350 700	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.98 1.18 1.33 1.36	2.36 1.13 -2.25 -1.25	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.002	-0.002	
6	7-8 7-12 12-13 9-13 8-9	560.00 400.00 800.00 400.00 260.00	100.010 532.800 47.857 122.293 199.193	350 700 250 350 450	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.97 1.36 0.90 1.18 1.17	-2.16 1.25 4.18 -2.24 -1.03	--- --- --- --- ---
					Невязка:	-0.004	-0.004	
7	11-10 10-14 15-14 11-15	500.00 600.00 440.00 600.00	25.750 20.682 47.577 401.709	200 200 250 600	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.75 0.60 0.90 1.35	2.47 1.99 -2.27 -2.19	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.002	-0.002	
8	12-11 11-15 15-16 12-16	320.00 600.00 420.00 840.00	137.185 401.709 60.728 264.458	350 600 300 450	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	1.33 1.35 0.80 1.55	2.25 2.19 1.39 -5.83	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.003	-0.003	
9	12-13 12-16 16-17 13-17	800.00 840.00 800.00 800.00	47.857 264.458 38.318 121.550	250 450 250 350	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.90 1.55 0.72 1.17	-4.18 5.83 2.77 -4.43	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.008	-0.008	
10	15-14 14-18 19-18 15-19	440.00 500.00 420.00 600.00	47.577 23.059 44.465 199.305	250 200 250 450	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.90 0.67 0.84 1.17	2.27 2.02 -1.92 -2.38	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.002	-0.002	
11	15-16 15-19 19-20 16-20	420.00 600.00 300.00 500.00	60.728 199.305 50.990 169.969	300 450 250 400	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.80 1.17 0.96 1.27	-1.39 2.38 1.76 -2.75	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.003	-0.003	
12	16-17 16-20 20-21 17-21	800.00 500.00 620.00 860.00	38.318 169.969 67.303 85.368	250 400 300 350	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.72 1.27 0.89 0.82	-2.77 2.75 2.49 -2.47	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.005	-0.005	
13	19-18 18-22 22-23 19-23	420.00 520.00 620.00 1000.00	44.465 35.524 22.224 28.149	250 250 200 200	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.84 0.67 0.65 0.82	1.92 1.57 2.34 -5.83	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.005	-0.005	
14	19-20 19-23 23-24 20-24	300.00 1000.00 700.00 960.00	50.990 28.149 11.473 76.456	250 200 200 300	Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов. Сталь.э/с.ненов.	0.96 0.82 0.33 1.01	-1.76 5.83 0.80 -4.88	--- --- --- ---
					Невязка:	-0.006	-0.006	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
15	20-21	620.00	67.303	300	Сталь.э/с.ненов.	0.89	-2.49	---
	20-24	960.00	76.456	300	Сталь.э/с.ненов.	1.01	4.88	---
	24-25	400.00	52.529	300	Сталь.э/с.ненов.	0.69	1.02	---
	21-25	860.00	101.571	350	Сталь.э/с.ненов.	0.98	-3.41	---
						Нев'язка:	-0.003	

Таблиця Г.3 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання (ділянки із нових сталевих труб)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол					Необхідний напір, м
Номер вузла	П'єзом. позначка	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір, м	
10	119,50	1	3,87	123,37	80,00	43,37	34,00
		2	5,38	124,88	80,00	44,88	34,00
		3	5,85	125,35	75,00	50,35	34,00
		4	4,08	123,58	71,00	52,58	34,00
		5	1,46	120,96	80,00	40,96	34,00
		6	2,70	122,20	79,00	43,20	34,00
		7	4,52	124,02	77,50	46,52	34,00
		8	2,89	122,39	75,00	47,39	34,00
		9	2,09	121,59	70,00	51,59	34,00
		10 н.т.	0,00	119,50	77,50	42,00	42,00
		11	1,79	121,29	77,50	43,79	42,00
		12	3,51	123,01	77,50	45,51	42,00
		13	0,37	119,87	73,00	46,87	42,00
		14	-1,60	117,90	73,00	44,90	42,00
		15	0,04	119,54	74,00	45,54	42,00
		16	-1,00	118,50	73,00	45,50	42,00
		17	-3,07	116,43	74,00	42,43	42,00
		18	-3,19	116,31	70,00	46,31	42,00
		19	-1,83	117,67	71,00	46,67	42,00
		20	-3,12	116,38	71,50	44,88	42,00
		21	-4,97	114,53	71,50	43,03	42,00
		22	-4,36	115,14	66,00	49,14	42,00
		23	-6,12	113,38	66,00	47,38	42,00
		24	-6,78	112,72	67,00	45,72	42,00
		25	-7,56	111,94	67,00	44,94	42,00

Таблиця Г.4 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання (із нових сталевих труб)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол							Необхідний напір, Н необх., м
Номер вузла	П'єзом. Позначка, м	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка, м (гідрравлічний. розрахунок)	Позначка поверхні землі, м	Вільний напір (гідрравліч. розрахунок)	Фактичний вільний напір, Нвл.ф.	Різниця Нвл.ф. - Н необх., м	
3	127,51	1	-2,56	124,95	80,00	44,95	42,79	8,79	34,00
		2	-0,59	126,92	80,00	46,92	44,76	10,76	34,00
		3	0,00	127,51	75,00	52,51	50,35	16,35	34,00
		4	-2,27	125,24	71,00	54,24	52,08	18,08	34,00
		5	-5,72	121,79	80,00	41,79	39,63	5,63	34,00
		6	-4,01	123,50	79,00	44,50	42,34	8,34	34,00
		7	-1,65	125,86	77,50	48,36	46,20	12,20	34,00
		8	-3,80	123,71	75,00	48,71	46,55	12,55	34,00
		9	-4,83	122,68	70,00	52,68	50,52	16,52	34,00
		10	-7,61	119,90	77,50	42,40	40,24	-1,76	42,00
		11	-5,14	122,37	77,50	44,87	42,71	0,71	42,00
		12	-2,89	124,62	77,50	47,12	44,96	2,96	42,00
		13	-7,07	120,44	73,00	47,44	45,28	3,28	42,00
		14	-9,60	117,91	73,00	44,91	42,75	0,75	42,00
		15	-7,33	120,18	74,00	46,18	44,02	2,02	42,00
		16	-8,72	118,79	73,00	45,79	43,63	1,63	42,00
		17 н.т.	-11,51	116,00	74,00	42,00	39,84	-2,16	42,00
		18	-11,62	115,89	70,00	45,89	43,73	1,73	42,00
		19	-9,71	117,80	71,00	46,80	44,64	2,64	42,00
		20	-11,48	116,03	71,50	44,53	42,37	0,37	42,00
		21	-13,98	113,53	71,50	42,03	39,87	-2,13	42,00
		22	-13,19	114,32	66,00	48,32	46,16	4,16	42,00
		23	-15,54	111,97	66,00	45,97	43,81	1,81	42,00
		24	-16,36	111,15	67,00	44,15	41,99	-0,01	42,00
		25	-17,39	110,12	67,00	43,12	40,96	-1,04	42,00

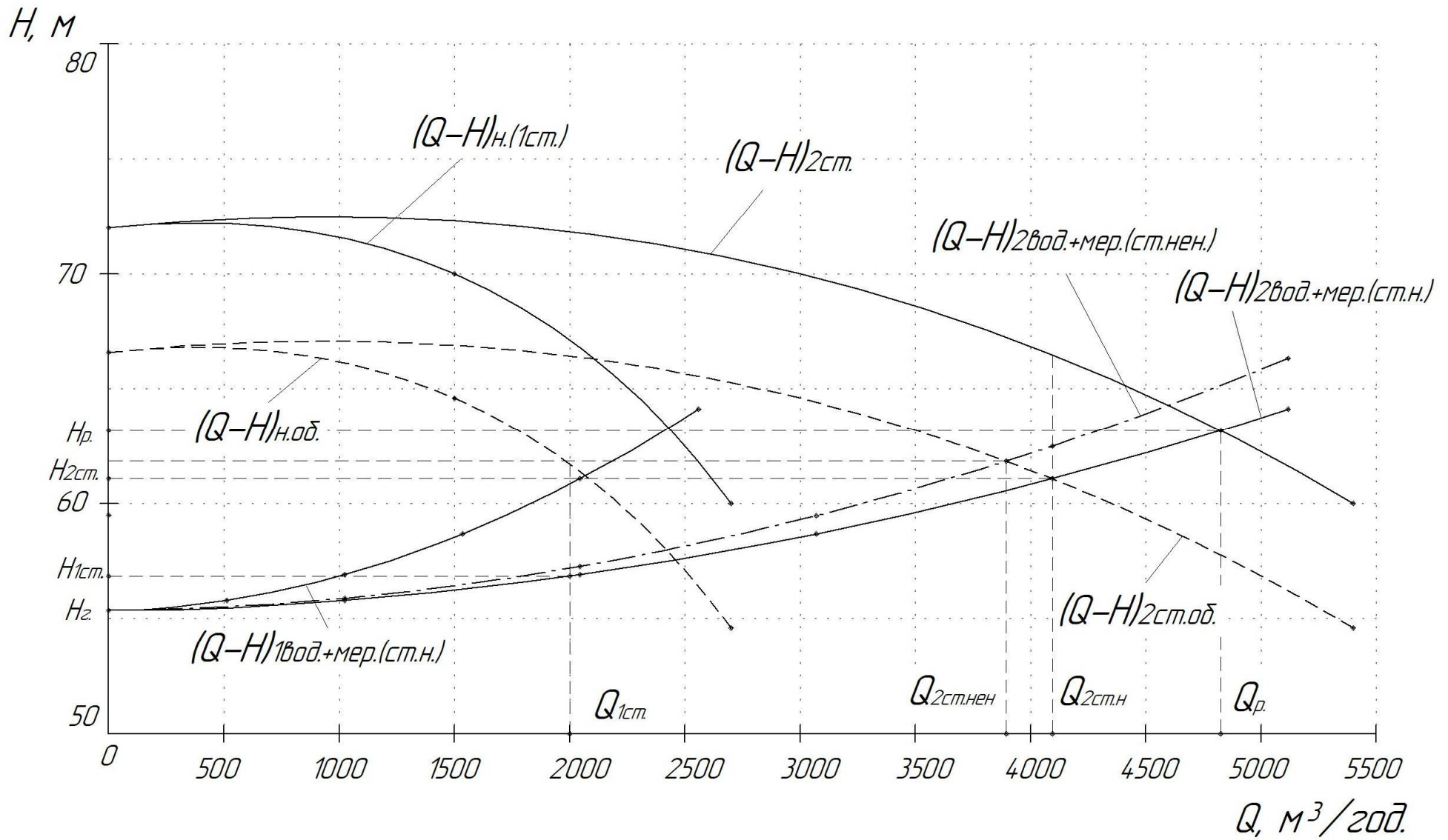


Рисунок Г.1 – Сумісний графік роботи водоводів, мережі М2 та насосної станції 2-го підйому

Таблиця Г.5 – Результати ув'язки водопровідної мережі М2 для режиму максимального водоспоживання після реконструкції (заміна ділянок на поліетиленові)

№ кольца	Участок	Длина, м	Расход, л/с	Диаметр, мм	Материал труб	Скорость, м/с	h, м	Эконом. фактор
1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	2-1	500.00	40.440	250	Сталь.э/с.ненов.	0.76	-1.91	---
	2-6	600.00	271.582	500	Полиэтилен.	1.62	2.49	---
	6-5	400.00	20.665	200	Сталь.э/с.ненов.	0.60	1.32	---
	1-5	760.00	22.740	250	Полиэтилен.	0.69	-1.90	---
						Невязка:	0.004	
2	3-2	360.00	337.822	700	Сталь.э/с.ненов.	0.86	-0.47	---
	3-7	500.00	841.767	900	Полиэтилен.	1.56	0.94	---
	7-6	600.00	93.191	350	Сталь.э/с.ненов.	0.90	2.03	---
	2-6	600.00	271.582	500	Полиэтилен.	1.62	-2.49	---
						Невязка:	0.005	
3	3-4	400.00	97.811	350	Сталь.э/с.ненов.	0.95	1.48	---
	4-8	300.00	90.811	350	Сталь.э/с.ненов.	0.88	0.97	---
	7-8	560.00	82.231	350	Сталь.э/с.ненов.	0.79	-1.50	---
	3-7	500.00	841.767	900	Полиэтилен.	1.56	-0.94	---
						Невязка:	0.001	
4	6-5	400.00	20.665	200	Сталь.э/с.ненов.	0.60	-1.32	---
	6-11	400.00	305.808	630	Полиэтилен.	1.15	0.68	---
	11-10	500.00	23.498	200	Сталь.э/с.ненов.	0.68	2.09	---
	5-10	320.00	24.504	200	Сталь.э/с.ненов.	0.71	-1.45	---
						Невязка:	0.004	
5	7-6	600.00	93.191	350	Сталь.э/с.ненов.	0.90	2.03	---
	6-11	400.00	305.808	630	Полиэтилен.	1.15	0.68	---
	12-11	320.00	127.248	350	Сталь.э/с.ненов.	1.23	-1.93	---
	7-12	400.00	626.845	800	Полиэтилен.	1.47	-0.78	---
						Невязка:	-0.007	
6	7-8	560.00	82.231	350	Сталь.э/с.ненов.	0.79	-1.50	---
	7-12	400.00	626.845	800	Полиэтилен.	1.47	0.78	---
	12-13	800.00	80.044	355	Полиэтилен.	1.03	2.37	---
	9-13	400.00	79.042	350	Сталь.э/с.ненов.	0.76	-1.00	---
	8-9	260.00	155.942	450	Сталь.э/с.ненов.	0.91	-0.65	---
						Невязка:	-0.002	
7	11-10	500.00	23.498	200	Сталь.э/с.ненов.	0.68	2.09	---
	10-14	600.00	14.603	200	Сталь.э/с.ненов.	0.43	1.06	---
	15-14	440.00	49.337	250	Сталь.э/с.ненов.	0.93	-2.43	---
	11-15	600.00	347.058	710	Полиэтилен.	1.03	-0.72	---
						Невязка:	-0.004	
8	12-11	320.00	127.248	350	Сталь.э/с.ненов.	1.23	1.93	---
	11-15	600.00	347.058	710	Полиэтилен.	1.03	0.72	---
	15-16	420.00	26.956	300	Сталь.э/с.ненов.	0.35	0.32	---
	12-16	840.00	336.253	560	Полиэтилен.	1.60	-2.98	---
						Невязка:	-0.004	
9	12-13	800.00	80.044	355	Полиэтилен.	1.03	-2.37	---
	12-16	840.00	336.253	560	Полиэтилен.	1.60	2.98	---
	16-17	800.00	40.654	250	Сталь.э/с.ненов.	0.77	3.09	---
	13-17	800.00	110.486	350	Сталь.э/с.ненов.	1.07	-3.71	---
						Невязка:	-0.007	

1	2	3	4	5	6	7	8	9
10	15-14	440.00	49.337	250	Сталь.э/с.ненов.	0.93	2.43	---
	14-18	500.00	18.740	200	Сталь.э/с.ненов.	0.55	1.38	---
	19-18	420.00	39.049	250	Сталь.э/с.ненов.	0.74	-1.51	---
	15-19	600.00	176.665	450	Полиетилен.	1.41	-2.31	---
					Невязка:		-0.003	
11	15-16	420.00	26.956	300	Сталь.э/с.ненов.	0.35	-0.32	---
	15-19	600.00	176.665	450	Полиетилен.	1.41	2.31	---
	19-20	300.00	26.364	250	Сталь.э/с.ненов.	0.50	0.53	---
	16-20	500.00	205.656	450	Полиетилен.	1.64	-2.52	---
					Невязка:		-0.004	
12	16-17	800.00	40.654	250	Сталь.э/с.ненов.	0.77	-3.09	---
	16-20	500.00	205.656	450	Полиетилен.	1.64	2.52	---
	20-21	620.00	68.820	300	Сталь.э/с.ненов.	0.91	2.59	---
	17-21	860.00	76.640	350	Сталь.э/с.ненов.	0.74	-2.03	---
					Невязка:		-0.005	
13	19-18	420.00	39.049	250	Сталь.э/с.ненов.	0.74	1.51	---
	18-22	520.00	25.788	250	Сталь.э/с.ненов.	0.49	0.88	---
	22-23	620.00	12.488	200	Сталь.э/с.ненов.	0.36	0.83	---
	19-23	1000.00	35.552	280	Полиетилен.	0.86	-3.21	---
					Невязка:		-0.003	
14	19-20	300.00	26.364	250	Сталь.э/с.ненов.	0.50	-0.53	---
	19-23	1000.00	35.552	280	Полиетилен.	0.86	3.21	---
	23-24	700.00	9.140	200	Сталь.э/с.ненов.	0.27	0.54	---
	20-24	960.00	86.000	355	Полиетилен.	1.10	-3.23	---
					Невязка:		-0.004	
15	20-21	620.00	68.820	300	Сталь.э/с.ненов.	0.91	-2.59	---
	20-24	960.00	86.000	355	Полиетилен.	1.10	3.23	---
	24-25	400.00	59.740	300	Сталь.э/с.ненов.	0.79	1.29	---
	21-25	860.00	94.360	400	Полиетилен.	0.95	-1.93	---
					Невязка:		-0.003	

Таблиця Г.6 – Визначення п'єзометричних позначок у вузлах мережі М1 для режиму максимального водоспоживання (ділянки із нових сталевих труб)

Вихідний вузол		Розглянутий вузол					Необхідний напір, м
Номер вузла	П'єзом. позначка	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір, м	
10	119,50	1	3,35	122,85	80,00	42,85	34,00
		2	5,26	124,76	80,00	44,76	34,00
		3	5,73	125,23	75,00	50,23	34,00
		4	4,26	123,76	71,00	52,76	34,00
		5	1,45	120,95	80,00	40,95	34,00
		6	2,77	122,27	79,00	43,27	34,00
		7	4,80	124,30	77,50	46,80	34,00

Продовження таблиці Г.6

Вихідний вузол		Розглянутий вузол					Необхідний напір, м
Номер вузла	П'єзом. позначка	Номер вузла	Втрати напору на ділянці між вузлами, м	П'єзом. позначка	Позначка поверхні землі	Вільний напір, м	
10	119,50	8	3,30	122,80	75,00	47,80	34,00
		9	2,64	122,14	70,00	52,14	34,00
		10 н.т.	0,00	119,50	77,50	42,00	42,00
		11	2,09	121,59	77,50	44,09	42,00
		12	4,01	123,51	77,50	46,01	42,00
		13	1,65	121,15	73,00	48,15	42,00
		14	-1,05	118,45	73,00	45,45	42,00
		15	1,37	120,87	74,00	46,87	42,00
		16	1,04	120,54	73,00	47,54	42,00
		17	-2,06	117,44	74,00	43,44	42,00
		18	-2,44	117,06	70,00	47,06	42,00
		19	-0,95	118,55	71,00	47,55	42,00
		20	-1,49	118,01	71,50	46,51	42,00
		21	-4,09	115,41	71,50	43,91	42,00
		22	-3,32	116,18	66,00	50,18	42,00
		23	-4,16	115,34	66,00	49,34	42,00
		24	-4,71	114,79	67,00	47,79	42,00
		25	-6,01	113,49	67,00	46,49	42,00

Рецензія

на магістерську роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Стецюка
Олексія Віталійовича
на тему Аналіз роботи водопровідної мережі в
аварійних умовах

Магістерська робота виконана згідно до завдання відповідає темі,
(не)згідно не (відповідає)

містить 9 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку з 142 сторінок.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема роботи відповідає сучасним
розвитку водопостачання шляхом реконструкції та
інтенсифікації роботи водопровідних мереж. Мета та
завдання роботи сфокусовані на визначенні найбільш
проблемних ділянок мережі та оптимізації їх
контролювання у режимі.

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки)

Методика дослідження передбачає застосування
математичного моделювання, методів гідрравлічних
розрахунків. Зверши запропоновано використовувати
дані про трасування мережі для визначення мережі
зон з недостатньою напругою.

3. Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу)

Всі розділи роботи логічно
ув'язані між собою, робота оформлена
технічно грамотно; для виконання розра-
хунків, креслень використані комп'ютерні
технології, матеріал викладено послідовно,
необхідні розрахунки представлені в повній
обсязі.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко - економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) _____

результати досліджень можуть бути використані в роботі практичних відрілів коледжівських підприємець; за темою роботи опубліковані тези доповіді на ХХV науково-технічній конференції студентів, магістрантів, аспірантів, молодих вчених та викладачів, результати мають практичну значимість для роботи аварійних служб коледжівських підприємств.

5. Недоліки магістерської роботи _____

визначено щодо резервування фінансів є суперечливіше; доцільніше було б улаштувати на додаткових вузлів контролю мереж

6. Магістерська робота у цілому виконана (ний) на високому рівні

і заслуговує оцінки:

кількість балів 95

за національною шкалою відмінно

за шкалою ЄКТС A

Рецензент професор з науково-педагогічної роботи та технічної освіти Запорізького національного університету

(посада, місце роботи)

д.т.н. проф. В.А. Балах

(П.І.Б.)



ВІДГУК

керівника на магістерську роботу

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» Стецюка Олексія Віталійовича
(П.І.Б.).

Магістерська робота на тему Аналіз роботи водопровідної мережі в аварійних умовах

виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 9 листів
(не) згідно (не) відповідає
графічного матеріалу і пояснювальну записку з 142 сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) —

Аналіз роботи мережі в аварійних умовах є актуальним завданням, що пов'язане з необхідністю відновлення роботи водопровідних мереж.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) В роботі представлено багатоваріантність розрахункових аварійних режимів, по кожному режиму представлені та проаналізовані результати розрахунків.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр» високий рівень підготовки та ерудиції здобувача

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач авторське проявлене творчий підхід до вирішення поставлених завдань.

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень використані методи математичного моделювання аварійних режимів,

детально проаналізовані результати розрахунків по оптимальному варіанту аварійної ситуації.

6. Застосування сучасних системних та інформаційних технологій, фізичного або математичного моделювання, наявність обґрунтування вибору типу ЕОМ, застосування стандартних та оригінальних програм, наявність аналізу результатів та їх використання у роботі у роботі застосовані методи моделювання

теплого і ком'ютерного моделювання

використані інформативні технології

при оптимізації процесів та поведінки

запасів.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів оформлено
робота виконана у відповідності із діючими
стандартами.

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи часів роботи закри
леяло

9. Наукова цінність роботи, практична значимість

оптимізовано методику визначення зон з недовідат
кільк параметрів в аварійних режимах роботи водопро
відної мережі, яка може бути використана в
роботі комунікаційних підприємств.

10. У магістерській роботі можна відмітити такі недоліки:

відсутній аналіз закордонних розробок з
темою дослідження.

Магістерська робота у цілому виконана на високому рівні

і при відповідному захисті заслуговує на оцінку відмінно

Керівник доцент, канд. техн. н. Олександр Добровольський О.І.
(посада, науковий ступінь) (підпис) (ПІБ)