

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ ім. Ю.М. ПОТЕБНИ  
ЗАПОРІЗЬКОГО НАЦІОНАЛЬНОГО УНІВЕРСИТЕТУ

Кафедра Міського будівництва і архітектури  
(повна назва)

**Кваліфікаційна робота**

рівень вищої освіти : Магістр  
(рівень вищої освіти)

на тему : Аналіз динаміки напорів у водопровідній мережі при зміні гідравлічних умов її роботи

Виконала студентка 2 курсу, групи 8.1922-вв  
Бука Єлизавета Русланівна  
(прізвище та ініціали)

спеціальність  
192 Будівництво та цивільна інженерія  
(шифр і назва напрямку підготовки спеціальності)

освітньо-професійна програма  
водопостачання та водовідведення  
(шифр і назва)

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

Рецензент к.т.н., доц. Банах А.В.  
(посада вчене звання, науковий ступінь, прізвище та ініціали)

Запоріжжя 2022р

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ  
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ  
ІНЖЕНЕРНИЙ НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ  
ім. Ю.М. ПОТЕБНІ

Кафедра Міського будівництва і архітектури

Рівень вищої освіти Магістр

Спеціальність 192 «Будівництво та цивільна інженерія»

(код та назва)

Освітня програма «Водопостачання та водовідведення»

(код та назва)

**ЗАТВЕРДЖУЮ**

Завідувач кафедри  А.В. Банах

«    »      2022 року

**З А В Д А Н Н Я**  
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ/ПРОЕКТ СТУДЕНТОВІ (СТУДЕНТЦІ)

Букі Єлизаветі Русланівні

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проєкту) «Аналіз динаміки напорів у водопровідній мережі при зміні гідравлічних умов її роботи»

керівник роботи Добровольська Оксана Григорівна, к.т.н., доцент

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

затверджені наказом ЗНУ від «02» червня 2022 року № 598-с

2. Строк подання студентом роботи 03.12.2022

3. Вихідні дані до роботи: Генплан міста (I район - п'ятиповерхова забудова; щільність населення - 250 чол/га. II район - триповерхова забудова, щільність населення – 200 чол/га.). Актуальність даної теми дослідження, напрямки перспективного розвитку подальших теоретичних та практичних рішень, можливості їх впровадження, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень.

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) 1. Аналіз динаміки напорів з урахуванням різних факторів (аналіз зміни пропускної здатності мережі, методів відновлення ділянок, режимів роботи насосів). 2. Розрахунок вихідних даних (чисельність населення, розрахункові витрати). 3. Методи та методика дослідження. 4. Аналіз динаміки вузлових напорів при зміні гідравлічних умов її роботи (гідравлічний розрахунок мереж для різних умов живлення, розрахунок при зміні пропускної здатності ділянок). 5. Аналіз режимів роботи насосної станції. Вибір насосного обладнання (вибір насосного обладнання для різних умов живлення). 6. Охорона праці та техногенна безпека. 6. Загальні висновки.

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

1. Генплан міста. 2. Моделювання дослідження 3. 4,5, П'єзометричні карти та п'єзометричні лінії для різних варіантів живлення мережі. 6. План та розріз насосної станції. 7. Зони недостатнього напору для різних варіантів живлення мережі. 8. Діаграми напорів.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання \_\_\_\_\_

### КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1.	Розділ 1. Аналіз динаміки напорів з урахуванням різних факторів. Листи 1,2.	1 листопада	
2.	Розділ 2. Розрахунок вихідних даних Розділ 3. Методи та методика дослідження. Листи 3,4.	15 листопада	
3.	Розділ 4. Аналіз динаміки вузлових напорів при зміні гідравлічних умов її роботи. Листи 5, 6.	28 листопада	
4	Розділ 5. Аналіз режимів роботи насосної станції. вибір насосного обладнання. Листи 7, 8.	1 грудня	
5	Розділ 6. Охорона праці та техногенна безпека	10 грудня	
6.	Попередній захист	12 грудня	

Студент

Є.Р. Бука

(підпис)

(ініціали та прізвище)

Керівник роботи (проєкту)

О.Г. Добровольська

(підпис)

(ініціали та прізвище)

**Нормоконтроль пройдено**

Нормоконтролер

І.В. Гребенюк



## АНОТАЦІЯ

Бука Є.Р. Аналіз динаміки напорів у водопровідній мережі при зміні гідравлічних умов її роботи

Кваліфікаційна випускна робота для здобуття ступеня вищої освіти магістра за спеціальністю 192 – Будівництво та цивільна інженерія. Науковий керівник – О. Г. Добровольська, Запорізький національний університет. Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю.М. Потебні. Кафедра міського будівництва та архітектури, 2022 р.

Виконано аналіз динаміки вузлових напорів та утворення районів з недостатніми та надмірними тисками у водопровідній мережі з урахуванням пропускної здатності окремих ділянок та умов живлення мережі. Розроблена методика та рекомендації для застосування результатів моделювання гідравлічних режимів роботи мережі для визначення розташування контрольних вузлів.

Ключові слова: ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА; ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК; ОПОРИ ДІЛЯНОК; ЖИВЛЕННЯ МЕРЕЖІ; П'ЄЗОМЕТРИЧНІ ПОЗНАЧКИ; НЕДОСТАТНІ НАПОРИ; КОНТРОЛЬ ТИСКУ.

Buka E.R. Analysis of pressure dynamics in the water supply network when the hydraulic conditions of its operation change

Qualifying thesis for obtaining a master's degree in the specialty 192 - Construction and civil engineering. Academic supervisor - O. G. Dobrovolska, Zaporizhzhia National University. Engineering Educational and Scientific Institute named after Yu.M. Desired Department of Urban Construction and Architecture, 2022

An analysis of the dynamics of nodal pressures and the formation of areas with insufficient and excessive pressures in the water supply network was performed, taking into account the capacity of individual sections and the network's power supply conditions. The methodology and recommendations for applying the results of modeling the hydraulic modes of network operation to determine the location of control nodes have been developed.

Keywords: WATER NETWORK; HYDRAULIC CALCULATION; PLOT SUPPORTS; NETWORK SUPPLY; PIEZOMETRIC MARKS; INSUFFICIENT PRESSURES; PRESSURE CONTROL.

## ЗМІСТ

<b>ВСТУП</b> .....	5
<b>РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ</b> .....	7
1.1 Аналіз зміни пропускної здатності мережі під час експлуатації .....	7
1.2 Методи відновлення ділянок водопровідних мереж.....	11
1.3 Оптимальні режими роботи насосів та водоводів, методи їх досягнення.....	20
1.4 Аналіз способів контролю тиску у водопровідних мережах.....	30
1.5 Мета та завдання дослідження.....	36
<b>РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ВИХІДНИХ ДАНИХ</b> .....	36
2.1 Визначення розрахункової кількості населення.....	36
2.2 Визначення розрахункового добового водоспоживання міста.....	38
2.3 Режим водоспоживання міста.....	43
<b>РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ</b> .....	49
3.1 Моделювання гідравлічних умов роботи мережі.....	48
3.2 Розрахунок вихідних схем для різних варіантів живлення водопровідної мережі.....	48
<b>РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВУЗЛОВИХ НАПОРІВ ПРИ ЗМІНІ ГІДРАВЛІЧНИХ УМОВ ЇЇ РОБОТИ</b> .....	65
4.1 Розрахунок вихідних схем для різних варіантів живлення водопровідної мережі при зміні пропускної здатності ділянок.....	65
4.2 Гідравлічний розрахунок мереж для різних умов живлення в умовах нормального функціонування.....	71
4.3 Гідравлічний розрахунок мереж для різних умов живлення з урахуванням зміни пропускної здатності окремих ділянок.....	84
4.4 Розрахунок п'єзометричних позначок для різних умов живлення з урахуванням зміни пропускної здатності окремих ділянок.....	84

<b>РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ.</b>	
<b>ВИБІР НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ.....</b>	<b>86</b>
5.1 Визначення параметрів роботи насосної станції.....	86
5.1.1 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів.....	86
5.1.2 Визначення розрахункового напору насосів.....	87
5.1.3 Аналіз роботи насосів і уточнення їхніх робочих характеристик.....	88
5.2 Вибір насосного обладнання для різних умов живлення в умовах нормального функціонування.....	90
<b>РОЗДІЛ 6 ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА.....</b>	<b>91</b>
6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на водопровідній насосній станції.....	91
6.2 Заходи з поліпшення умов праці.....	92
6.3 Виробнича санітарія.....	93
6.4 Пожежна безпека.....	94
6.5 Засоби індивідуального захисту.....	95
<b>ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ.....</b>	<b>96</b>
<b>ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ.....</b>	<b>97</b>
<b>ДОДАТОК А.....</b>	<b>101</b>
<b>ДОДАТОК Б.....</b>	<b>137</b>

## ВСТУП

**Актуальність теми кваліфікаційної роботи.** Сучасний стан водопровідно-каналізаційних господарств більшості міст України характеризується дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання та водовідведення, незадовільним технічним станом споруд. При проектуванні або реконструкції водопровідних мереж міст та населених пунктів виникає необхідність вибору оптимального рішення забезпечення умов водопостачання. Це стосується вибору розташування насосних станцій, конфігурації мережі. Водопровідні мережі є найбільш енергоємною частиною системи водопостачання, яка визначає надійну та економічну роботу всього комплексу системи подачі та розподілення води. Сучасний розвиток водопостачання в Україні іде шляхом реконструкції та інтенсифікації роботи діючих водопровідних мереж. Їх стан характеризується зношенням, низькою ефективністю роботи, високою аварійністю. Вибір оптимальної структури мережі є першим етапом на шляху вдосконалення їх роботи. Також треба враховувати зміни в умовах живлення, мінімізувати ризики, прогнозувати динаміку вузлових напорів на стадії проектування мереж. Моделювання ситуацій, що зумовлюються змінами стану водопровідних мереж та умовами їх функціонування при експлуатації дозволяє оптимізувати роботу мережі при її проектуванні.

**Об'єкт дослідження** – кільцева магістральна водопровідна мережа населеного пункту, яка складається з 8 кілець продуктивністю  $96500 \text{ м}^3$  /добу та поверховістю забудови у 5 і 3 поверхи.

**Предмет дослідження** – моделювання варіантів живлення мережі, пропускної здатності ділянок та аналіз динаміки напорів у вузлах водопровідної мережі.

**Методи дослідження.** Під час проведення досліджень та обробки отриманих результатів використані методи математичного і комп'ютерного моделювання, методи гідравлічних розрахунків водопровідних мереж.

**Мета роботи** – дослідження розподілу вузлових напорів та утворення районів з надмірним і недостатнім тиском у водопровідній мережі з урахуванням умов живлення та зміни пропускної здатності ділянок.

**Задачі досліджень.** Для досягнення вказаної мети було потрібно:

- розробити розрахункову схему водопровідної мережі;
- виконати гідравлічні розрахунки при нормальній роботі мережі;
- виконати моделювання зміни живлення мережі;
- виконати моделювання зміни пропускної здатності ділянок;
- виконати гідравлічні розрахунки мережі з урахуванням пропускної здатності ділянок для різних умов її живлення;



- виконати розрахунок п'єзометричних карт;
- виконати аналіз динаміки вузлових напорів для різних умов живлення;
- розробити рекомендації щодо проектування водопровідних мереж з урахуванням зміни гідравлічних умов її роботи.

**Наукова новизна отриманих результатів.** Розроблена методика визначення районів розподілу тиску в мережі з урахуванням трасування мережі для різних умов живлення та змін пропускної здатності ділянок під час експлуатації.

**Практичне значення отриманих результатів.** Результати досліджень можуть бути використані проєктними філіями комунальних підприємств для вибору оптимального трасування водопровідної мережі та експлуатаційними філіями для визначення розташування вузлів контролю тиску.

**Апробація роботи.** Головні положення доповідались на III Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, яка проходила у м. Київ 13 жовтня 2021 року [1], на I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проходила 19-21 жовтня 2021 року [7], на IV Міжнародної науково-практичної конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг», яка відбулась у м. Львів 20-22 жовтня 2021 року [15], на Міжнародній науково-практичній конференції ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ «Перспективи сталого розвитку в умовах глобалізації в економічному, управлінському та інженерному аспектах», яка проходила 3 – 4 листопада 2022 р. [17].

**Структура та обсяг роботи.** Робота складається зі вступу, 6 розділів, загальних висновків, списку використаних джерел з 31 найменувань. Робота викладена на 98 сторінках, містить таблиць – , рисунків – , додатків – 2

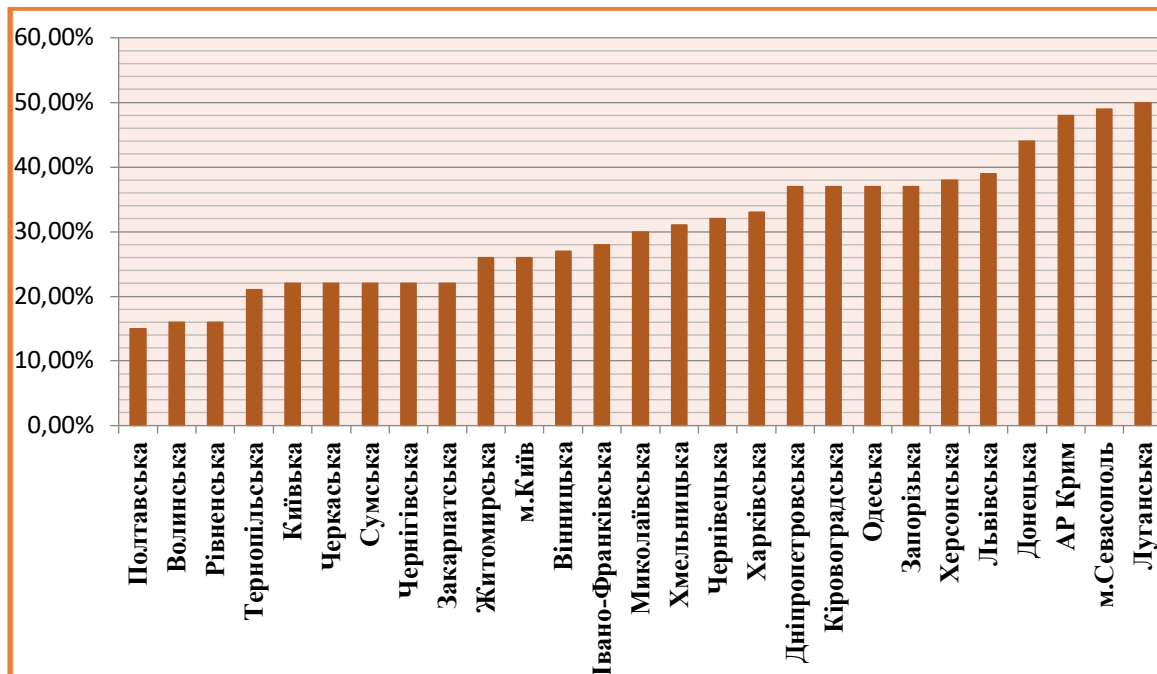
# РОЗДІЛ 1 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ НАПОРІВ З УРАХУВАННЯМ РІЗНИХ ФАКТОРІВ <sup>7</sup>

## 1.1 Аналіз зміни пропускної здатності мережі під час експлуатації

Найголовнішим показником роботи систем водопостачання є надійне функціонування водопровідної мережі. Показники, які сприяють надійному функціонуванню водопровідної мережі, які необхідно передбачити при проектуванні мережі:

- тип матеріалу;
- діаметр труб;
- міцність стикових з'єднань;
- наявність стикових з'єднань;
- зовнішні статичні і динамічні навантаження.

В Україні у відповідності з даними, мережі водопостачання не є аварійними тільки – 9%. Експлуатаційний термін яких не перевищує 25 років. Рівень аварійності водопровідних мереж представлений у вигляді діаграми на рисунку 1.1.



Рисунк 1.1 – Рівень аварійності водопровідних мереж

В Україні в цілому 58.2 тис.км мереж водопостачання, з них більше 35%<sup>8</sup> (20,4 тис. км) – зношені, ступінь їх зношеності складає більше 90%. 19,5% (11.3 тис.км) – ступінь зношеності складає 76-90%. 22,1% (12.8 тис.км) – зношеність 50-75%. Найбільші підприємства країни показують найбільші показники аварійності і застарілості . ПАТ АК «Київводоканал» з 4.1 тис.км мереж, має високий ступінь зношеності, що складає 27% (більше 90% зношеності). Мережі КП «Севміськводоканал» мають такий же рівень застарілості – 45,5% з 1.1тис.км. КП «Харьковводоканал» – 33% із 2,6 тис.км. У містах Черкаси, Алчевськ, Житомир, Бердянськ, Суми, Івано-Франківськ – відсутні старі мережі зі ступенем зношеності 90%.

Якщо системі водопостачання не приділяти достатньої уваги, не модернізувати та реконструювати елементи та споруди, це може призвести до збільшення кількості аварій, наслідок яких буде екологічна катастрофа цілих районів. Причини різні. Одна з причин: неможливе відновлення інженерних систем водозабезпечення міст та населених пунктів через неможливість інвестиційну спроможність. Результатом цього є перенавантаження великої кількості споруд та комунікацій, а також неможливість їх експлуатації у звичайному режимі.

Маємо на увазі, що дослідження систем водопостачання на існуючих об'єктах практично неможливо, з метою розробки нових алгоритмів керування, здійснюють експериментальні установки, комп'ютерні моделі, тощо. На сьогоднішній день можливості комп'ютерного моделювання досягли досить значного рівня, тому побудова таких моделей на етапі проектування мереж у багатьох випадках є пріоритетним завданням.

Для врахування зміни гідравлічних опорів трубопроводів у процесі експлуатації пропонують різні підходи. П.Д. Хоружий пропонує формулу для виконання техніко-економічних розрахунків СПРВ:

$$H=h_0 \times (1=p \times t), \quad (1.2)$$

де  $h_0$  – втрати напору на тертя по довжині в початковий період експлуатації трубопроводу, м;

$P$  – коефіцієнт, що враховує додаткові втрати напору у зв'язку зі зміною гідравлічних характеристик труб у часі і залежить від матеріалу, діаметра труб та якості води, 1/рік;

$t$  – час від початку експлуатації трубопроводу в межах його строку служби, рік.

В. А. Петросов отримав емпіричну залежність визначення коефіцієнта гідравлічного тертя з урахуванням натурних спостережень на Харківському водопроводі для сталевих водопровідних труб великого діаметра.

$$\gamma = \left( a_1 + \left( \frac{b_1}{\text{Re}} \right) \times 1.5 \right) \times e \cdot a_2 + b_2 \times \Delta, \quad (1.3)$$

де  $a_1, b_1, a_2, b_2$  – коефіцієнти регресії:  $a_1 + 0,055$ ;  $b_1 + 46500$ ;  $a_2 \pm 1,035$ ;  $b_2 + 71,99$ ;

$\Delta$  – відносна шорсткість трубопроводу.

Спершу, В. А. Петросовим отримані залежності, що враховують коефіцієнти підвищення гідравлічного опору сталевих та чавунних труб у процесі використання:

$$K_s = K_1 \times \left( 1 - \frac{a_1 \cdot K_1 \cdot b_1}{d_p} \right) \cdot b_2, \quad (1.4)$$

де  $K_1$  – коефіцієнт, що враховує збільшення гідравлічного опору за рахунок росту шорсткості стінок труб і визначається за формулою 1.7;

$d_p$  – розрахунковий внутрішній діаметр труб;

$a_1, b_1, b_2$  – коефіцієнт і показники ступеня, які залежать від характеру шорсткості стінок труб; для корозійних відкладень на їх внутрішній поверхні вони в середньому становлять:  $a_1=4,0, b_1= 0.33; b_2 =-2.5$ .

$$K_1=1+a_2 \times \lg(1+T), \quad (1.5)$$

де  $a_2$  – коефіцієнт, що враховує вплив основних факторів на збільшення гідравлічних опорів: якості води; матеріалу труб чи ступеня його захисту від корозії; умов експлуатації;

$T$  – тривалість експлуатації, роки.

Ці залежності рекомендовано використовувати у формулах виду:

$$i = \frac{k * K_s * q b}{d m}, \quad (1.6)$$

де  $i$  – гідравлічний ухил;

$k, b$  та  $m$  – коефіцієнт та показники ступеня, які залежать від матеріалу труб і приймаються за даними;

$d$  – розрахунковий внутрішній діаметр нових труб, м;

$q$  – розрахункові витрати води,  $m^3/s$ .

Числові значення параметрів, що входять у формулу 1.8 для сталевих і чавунних труб, що мають на внутрішній поверхні корозійні відкладення, приймають відповідно до результатів досліджень діючих трубопроводів.

Зазначимо що, формули 1.6 і 1.7 є універсальними та більш точними, ніж 1.4 і 1.5, враховують основні процеси зростання гідравлічних опорів, адекватно описують їх зростання у часі, що підтверджується пізнішими нашими дослідженнями, а також дослідженнями інших авторів. Але треба відмітити що вони громіздкі і вимагають коригування та оцінки точності щодо придатності для математичного аналізу при оптимізаційних розрахунках. [9,10,11]

## 1.2 Методи відновлення ділянок водопровідних мереж

Міжнародна класифікація наголошує, що пошкоджені трубопроводи відновлюють нанесенням на внутрішню поверхність стінки трубопроводу:

- суцільні набризгові покриття на основі цементно-піщаних розчинів;
- суцільні покриття, які мають вид вигинистих полімерних рукавів або труб із різних матеріалів;
- суцільне покриття з окремих частинок, в основі якого є листові матеріали; спіральні полімерні оболонки;
- Точкові (локальні) захисні покриття.

У разі великої кількості міської забудови, наповненості підземного простору інженерними комунікаціями, наявності проїзної частини з форсованим рухом найекономічнішими варіантами відновлення мережі є використання безтраншейних методів.

### МЕТОД НАНЕСЕННЯ ЦЕМЕНТНО-ПІЩАНОГО ПОКРИТТЯ (ЦПП)

Цей метод є одним з найперших методів відновлення напірних трубопроводів. Трубопроводи можуть відновлюватися методом накладення цементно-піщаних покриттів, але такий метод може бути здійснений лише за допомоги спеціальних агрегатів, таких як повітряні центрифуги з відцентрованими головками і розгладжуючих пристроїв.

Застосовують цей метод на сталевих трубах залишкова товщина яких є не меншою за 60%. Діаметр зовнішніх труб має діапазон у 150–2000 мм.

Раціональним буде використання методу у таких випадках:

- корозії внутрішньої поверхні труб (середньої);
- абразивний знос і неефективний при розкритих стиках труб;
- зміщення труб в стиках;
- деформація секції труб.

Залежно від діаметру трубопроводу можна підібрати мінімальну товщину цементно-піщаного шару, зазвичай це 4–16 мм.

Внутрішній стан ЦПП систематично оглядається при експлуатації трубопроводу. Не знайдено ні тріщин, ні сколів, ні відшарування покриття. Поверхня є гладкою та має тонку плівку.

Перевагами цього методу є:

- можливість продовжити термін експлуатації трубопроводу
- легкість техніки виконання
- досяжність
- низька вартість робіт, яка є 30% нового трубопроводу
- можливість затримати корозію внутрішньої поверхні трубопроводу
- зменшення гідравлічного опору

#### ТЕХНОЛОГІЯ «ФЕНІКС»

Варто приділити увагу технології під назвою «Фенікс» (технології з нанесення суцільних полімерних рукавів). Рукав-панчоха, що застосовується для ремонту напірних трубопроводів, складається з переплетених по колу поліефірних і нейлонових ниток, на які нанесено спеціальне покриття, що відповідає середовищу трубопроводу, що відновлюється, транспортується.

Сутність цього способу санації трубопроводу лежить у фіксуванні на торцях безшовної полімерної муфти та її протягуванні в порожнину труби по всій довжині ремонтної ділянки з щільною фіксацією її внутрішньої оболонки до внутрішньої поверхні трубопроводу шляхом попереднього нанесення клейових складів, таких як епоксидна смола та тиск повітря або пари.

Завдяки повітряному потокові є забезпечення просування оболонки по довжині трубопроводу, а ось швидке твердіння клейових складів присутнє через термообробку.

Полімерний рукав виготовляється з матеріалів, які можуть гарантувати герметичну цілісність та тривкість відновлюючогося трубопроводу. Такими матеріалами можуть бути поліестр, поліетилен та деякі інші.

Товщина полімерного рукаву складає 2 мм, коли тиск води дорівнює 3 МПа при використанні трубопроводу або ж 3–10 мм якщо є потреба у протидії великим зовнішнім навантаженням, а ще, щоб досягнути належної стійкості та міцності, порівнянних з такими ж показниками нового сталевого або чавунного трубопроводу.

Приміняють метод нанесення суцільного полімерного покриття зі стальними і чавунними трубами, діаметр яких складає 150-1500мм. Визначення довжини ремонтної ділянки розраховується залежно від діаметру трубопроводу, що відновлюється: діаметр 150мм–500 м, 300 мм–300 м, 900 мм–100 м. Застосування методу виконується за будь-якої глибини закладки труб (у ґрунті або непрохідних каналах) і тип ґрунту, який оточує трубопровід не має значення.

Користуватися методом можна в таких випадках:

- у випадку гвинтоподібних, поперечних та подовжніх тріщинках;
- у випадку абразивного зносу, якщо не має інфільтрації води в трубу.

Якщо є інші пошкодження, такі як розкриття або ж зміщення труб у стиках то потрібне завчасне підготування, яке гарантуватиме співвісність труб у дефектних місцях.

Також, метод «Фенікс» має деякі обмеження:

1. 100 м – це максимальна довжина ділянки трубопроводу, який прочищається, тому що стандартний шланг для цього має якраз 100 м.
2. Має бути постійний схил у профілі ділянки з якою працюють, що може гарантувати, що вода стече з трубопроводу
3. Роботи проводяться тільки в повністю сухому трубопроводі

Якщо використовувати цей метод, то відпадає необхідність у розкопуванні траншей, достатнім буде викопка котлованів на деякій відстані або ж використовувати вже існуючі колодязі. Це важливі умови при ремонті трубопроводів у міських умовах, де більша кількість підземних комунікацій,



форсуючих автомобільних доріг, залізничних, трамвайних колій та ліній метрополітену. Цей спосіб дає значну економію при повному ремонті підводних переходів трубопроводів.

## МЕТОД "ТРУБА В ТРУБІ" З ЗАСТОСУВАННЯМ ПЛАСТМАСОВИХ ТРУБ

Цей метод використовується для ремонту самопливних та напірних трубопроводів, а іще для дюкерів діаметр яких не перевищує 2000 мм та котрі зводяться з будь-яких матеріалів. Реконструкція цим методом зменшує перетин трубопроводу, але за рахунок меншого коефіцієнту шорсткості матеріалу (поліетилену), компенсується показник пропускної здатності трубопровода.

Для якісного та швидкого відновлення водопроводу застосовують поліетиленові труби з робочим тиском 1,0–1,6 МПа по ГОСТ 18599-2001 (ПЕ 80 і ПЕ 100), які поставляються та експлуатуються в бухтах, зварених в хлист біля місць. При роботі на протяжних мережах необхідно розбивати трубопровід на ділянки, їх довжина враховується з допустимою довжиною розтягування хлиста за умовами міцності (подовження без руйнувань), або зважаючи на можливості використовуваного методу та продуктивності тягового обладнання. Залежно від стану старої трубопровідної мережі і обраної технології в якості тягових пристроїв використовують пневматичні ударні машини, потужні лебідки або машини з набірними штангами. Зразкова довжина ділянки, придатної для реконструкції, може бути 100–150 м і більше залежно від діаметра труби.

Метод «Труба у трубі» з використанням труб з поліетилену має такі переваги:

- Невеликий обсяг земельних робіт
- з'єднання труб в єдину монолітну конструкцію, довжина якої сягає декілька сотень метрів з подальшим розтягуванням;
- Достатня гнучкість і пружність зварної опори для проходження вигинів і поворотів на трасі трубопроводу;
- стійкість до стирання матеріалу робочої труби з поліетилену, а також висока хімічна стійкість

- невелике заростання різними видами відкладень
- нормативний термін служби під тиском сягає 50 років

Недоліком цього способу відновлення труби є зменшення її поперечного перерізу.

## ТЕХНОЛОГІЯ COMPACT SLIMLINER

Спосіб був створений для відновлення трубопроводів діаметр яких від 75 до 300 мм. У даному методі є 5 головних пунктів:

1. дистанційний оглядовий контроль трубопроводу, завдяки якому визначається стан, наявність бічних приєднань і сторонніх включень, прямолінійність і еліпсоїдність. За результатами цього огляду робиться підсумок чи придатний трубопровід до відновлення цим способом.

2. Очищення труб від внутрішнього та стороннього сміття, підготовка кінців труб до процесу протяжки труби Slimliner, підготовка барабана, прикріплення відтяжної головки, встановлення напрямних вкладишів і стопорних кілець для кінцевих фітингів.

3. Протягання труби Slimliner в трубопровід, який відновлюється.

4. Закриття кінців труб, з'єднання вхідних і вентиляційних ліній. Етап закінчується розширенням труби шляхом заповнення її водою або повітрям (тиск 34 бар).

5. Монтаж кінцевих фітингів, встановлення арматури в колодязі, прес та запуск лінії.

## ТЕХНОЛОГІЯ SWAGELINING

Завдяки цій технології реконструйовано більше 800 км трубопроводів у всьому світі. Основною відмінною перевагою цього способу є те, що відновлення виконується тонкими поліетиленовими трубами, завдяки яким з'являється можливість відновлювати мережі майже без зменшення перерізу трубопроводу.

Процес реконструкції полягає в тому, що після очищення внутрішньої поверхні оновлюваного трубопроводу в нього протягується сплюснута U-подібна поліетиленова труба, яка називається U-Liner.

Тиск пари надає трубі округлої форми і міцно прилягає до внутрішньої поверхні трубопроводу, не створюючи кільцевий зазор.

Діаметри трубопроводів, які ремонтуються цим методом мають діапазон у 100800 мм. Найбільша довжина ділянки, що підлягає реабілітації, становить до 600 м.

Можна виділити такі головні переваги методу:

- мають покращені механічні властивості;
- зменшення гідравлічного опору;
- відносно невелика вартість методу;
- можливо застосувати маючи будь-який тех.стан трубопроводу, що відновлюється.

А також виділяють недоліки:

- відсутність способів діагностики (визначення місця аварії, траси трубопроводу);
- сумлінна підготовка внутрішньої поверхні реконструюваного трубопроводу, так як можливі значення глибини пошкодження подовженої труби не мають бути більше 10% за товщину стінки (якщо товщина стінки 10 мм то подряпина в 1 мм може зазначатися як дефект).

## МЕТОД ПРОСТЯГАННЯ ПОЛІЕТИЛЕНОВИХ ТРУБ З РУЙНУВАННЯМ ЗНОШЕНОГО ТРУБОПРОВОДА

Початок та в кінець ділянки трубопроводу, що оновлюється, мають розроблений стартовий та робочий котловани.

Установка гідромашини з набірними штангами відбувається у робочому котловані. Призначенням цієї машини є руйнування зношеного трубопроводу і проведення нової поліетиленової труби, утвореної свердловиною.

Завдяки гідравлічній машині з'єднані між собою частини набірної штанги продавлюються з робочого котловану в відновлюючийся трубопровід до моменту його відкриття в стартовий котлован.

У стартовій ямі на кінці штанги вмонтовується конус, діаметром якого будуть найбільше руйнуватися труби. До хвостовика конусу кріпиться поліетиленова труба.

Трубопровід руйнується конусом під час зворотного ходу набірної штанги, яка зводиться до руху силовими гідроциліндрами з тяговим зусиллям до 80 т.

### СПОСІБ ВНУТРІШНЬОГО БАНДАЖУВАННЯ

Спосіб використовується при локальному ремонті ділянок чавунного трубопроводу методом локалізації пошкодження (розтруба) внутрішнього розпираючого кільця з гумовою прокладкою. Діаметр трубопроводу, що підлягає реконструкції, становить переважно від 900 до 1200 мм.

Головним привілеєм цього способу є можливість відремонтувати чавунну трубу внутрішньо без земляних робіт. Достатньо буде зробити прохід з боку найближчої камери.

### ЗАСТОСУВАННЯ СКЛОПЛАСТМОВИХ КОМПОЗИТНИХ ЕЛЕМЕНТІВ

Спосіб застосовується для реконструкцій самопливних каналів і колекторів з різними перерізами діаметром до 3000 мм з будь-якого матеріалу. При роботі цим способом зменшується перетин трубопроводу, але через це менший коефіцієнт шорсткості матеріалу (склотканини) покриває показники пропускної спроможності трубопроводу. Перевагою такого методу є рекультивация ділянок трубопроводу без видалення стічних вод.

Обшивка внутрішньої поверхні каналів виконується модулями з полікварциту. Використовується для ремонту самопливних колекторів великого діаметру, які схильні до газової корозії. При ремонтних роботах цим способом стає зменшується перетин трубопроводу, що не впливає на пропускну здатність каналів великого діаметру. Перевагою є санація каналізації любого перетину, а ще 50-річна гарантія на матеріал від пошкодження від газової корозії.

### ТЕХНОЛОГІЯ СПИРАЛЬНОГО НАВИВАННЯ SPR.

Метод має у основі принцип утворення нової труби з профілю ПВХ або поліетилену в старій трубі завдяки спеціальній намотувальній(навивальній) машині. Використовується при відновленні трубопроводів, діаметр яких сягає 5500 мм. Відновлення трубопроводів таким чином не потребує влаштування пускових котлованів, у ремонті користуються вже існуючими каналізаційними колодязями.

### ПРОЧИЩЕННЯ ТРУБОПРОВОДІВ.

На початку ремонту трубопроводів необхідно провести їх дієве очищення, окрім пошкоджень внутрішньої поверхні труби і герметизацію стикових з'єднань (ремонт чавунних та ін. труб).

Залежно від ступеня заростання живого перетину ділянки трубопроводів застосовуються такі головні способи очищення:

- водяний або гідромеханічний використовується для труб, діаметр яких має 100 мм або менше за присутності неущільнених горбистих відкладень;
- водно-повітряний використовується для трубопроводів у яких діаметр дорівнює 150-200 мм за фактом присутності неущільнених горбистих відкладень довжиною ділянки до 2000 м, оброблених одним циклом;

- гідравлічне очищення апаратами високого тиску з обертовими головками використовується для трубопроводів діаметр яких сягає 300 мм і довжиною ділянки до 1000 м, обробленої одним циклом;
- чистка циліндричними поршневыми скребками з поліуретану, які мають покриття з ворсисто-металевого патрону використовується для труб діаметром 80-150 мм.

Цей метод легкий у виконанні, для нього не потрібен висококваліфікований персонал та складне обладнання.

Але в цій техніці є такі недоліки:

- розрізка трубопроводу,
  - великі витрати води,
  - зниження якості води для промиття.
1. Чистка стрижневими пристроями або ж спіральними скребками використовується для трубопроводів діаметр яких 100 мм або менше з густими відкладеннями вапна та іржі;
  2. гідравлічний спосіб чистки, заснований на застосуванні струминних головок або гідрокавітаційних форсунок використовується для труб любого діаметру, можна досягти дзеркального полірування поверхні і в той же час з нанесенням антикорозійного покриття;
  3. Електрогідроімпульсна техніка, при якій в рідині утворюється розряд високої напруги при створенні ударної хвилі, що зруйновує відкладення на внутрішній поверхні трубопроводів використовується для трубопроводів, діаметр яких має бути до 400 мм і мати довжину до 300 м;
  4. Гідрохімічне промивання для знищення залізооксидних і карбонатних відкладень в основі якого лежить спеціально приготований розчин. [1,9,10,11]

### 1.3 Оптимальні режими роботи насосів та водоводів, методи їх досягнення

Основним методом настроювання подачі насосних агрегатів є дроселювання та зміна чисельності агрегатів у праці. Ці методи не беруть до уваги енергетичні плани водного транспорту. Основне регулювання може збільшити тиск в мережі, надмірно споживати електроенергію, збільшити непродуктивні витрати води, прискорити зношування устаткування. Самим дієвим методом управління режимом роботи насосних агрегатів є кількісний, тб зміна подачі з регульованим електроприводом.

Ширше застосування перетворювачів частот для утворення настроєного електроприводу в насосних системах завдячує розвитку перетворювальної техніки. Для вирішення проблеми запроваджено частотно-регульований електропривод, який потребує розрахунку його дієвості, яка зводиться до зниження споживання електроенергії.

Регулювання об'єму насосних установок. Витрати насосів регулюються лінійним або кутовим переміщенням елементів, завдяки яким міняється об'єм насоса. Найдієвішим методом об'ємного управління роботи насосних агрегатів є застосування в конструкції насоса регуляторів (тиск, витрата, тиск і витрата, потужність і тд).

При застосуванні регуляторів створений насосом тиск остається постійним, навіть якщо змінюється витрата робочої рідини в системі. Регулятори виконують функцію підтримки інших системних параметрів і тому мають ще й інші властивості. Застосування регуляторів дає можливість якнайбільше посилити дієвість насосної установки, але інколи не дає змоги прорахувати всі можливі режими пристроїв системи. Окрім цього, регульовані насоси дорожчі і з меншим запасом, тож це дає змогу зробити систему більш ефективною, але дорожчою.

Використання штучного «голодування» насоса. Інколи регулювання потужності виконується лімітованістю кількості рідини, що надходить у всмоктувальну камеру насоса, іншими словами формуванням режиму штучного «голодування». Застосування цього методу зменшує енерговитрати на привід

насоса, але цей режим спричиняє появу кавітації та перегрів насосу, а ще не враховує специфіку системи.

Комбіноване керування насосним агрегатом. При формуванні гідросистем найбільш популярним є застосування комбінованого керування роботи насосу. Наприклад, керування під назвою «об'ємно-дросельне» є найбільш відомим. При цій системі управління немає втрат в переливному клапані тож, виходячи з цього, зменшуються втрати енергії при роботі, але конструкція даних систем складна.

Програмований контроль розвантаження насосної установки. Ця течія на стадії розвитку і є багатообіцяючою у зв'язку з великим відсотком застосування пропорційних пристроїв і гідроклапанів. Перспектива такого напрямку полягає у застосуванні відомої технологічної процедури роботи приводів при створенні програми управління засобами регулювання тиску та подачі насосного агрегату.

Програмування клапана дає можливість міняти продуктивність приводу в умовах пришвидшення, руху з постійною швидкістю, руху з визначеним законом навантаження на привод. Хоч і вказаний напрям є обмеженим характеристиками об'єму і дросельних приводів, економія навіть 2 ... 3% продуктивності, помножена на регулярність роботи системи згідно з ресурсом гідроагрегатів, послужить при виборі схеми енергозбереження при будівництві установки.

Найдоступніший методом управління всіма системами є дроселювання. Подача насосу можна змінюється, закриттям того чи іншого клапану в насосі на напірній лінії, іншими словами шляхом впровадження додаткового гідравлічного опору в лінію. Інколи регулювання виконується шляхом часткового перекриття клапану на всмоктувальній лінії. Проте, цей вид регулювання використовується тільки при мінімальних змінах подачі, оскільки підвищення гідравлічного опору при всмоктуванні і поєднане з цим посилення заглиблення розрідження при надходженні рідини в робоче колесо насосу тож маємо результат виділення газів і парів, всмоктування повітря, підвищену кавітацію та явища поломки. Регулювання режиму роботи насосу шляхом дроселювання спричиняє більші енерговтрати.



Дросельне регулювання. Дросельне управління є найдешевшим способом для формування гідросистеми, але в той же час воно має більше за все мінусів, наприклад:

- Великі енерговтрати,
- зниження терміну служби насосної установки та іншого обладнання внаслідок постійного зависокого тиску,
- нагрів робочої рідини і, як результат, пришвидшене застаріння та руйнування.

Є три способи дросельного налаштування:

1. послідовний з дроселем на вході в гідродвигун
2. послідовний з дроселем на виході
3. паралельне з'єднання дроселя.

Найдієвішим є третій метод, проте в нього не точне регулювання, та й він вимагає більше обладнання, з'єднань, трубопроводів, себто дорожче.

Використання гідроакумулятора.

Найбільш дієвим є використання гідроакумуляторів, оскільки є змога розвантажити насос в час, коли система не споживає витрату масла або відшкодовує відсутність витрати насоса в даний момент роботи. Також в такому методі є й недоліки:

1. зниження надійності гідросистеми
2. ускладнення підбору акумулятора, який слугує забезпеченням потрібного режиму роботи гідросистеми за технологічним циклом.

Використання гідророзподільників.

Поширений метод розвантаження насосної установки через центральне положення розподільника. Це відбувається в середньому положенні, оскільки напірна лінія насоса проходить прямо через розподільник до резервуара. Такий метод є справді енергодієвим, але для управління роботою гідромору і забезпечення захисту насосного агрегату від нежаданих робочих станів необхідно застосовувати додаткові пристрої контролю. Крім того, при розвантаженні системи

за центральним положенням розподільника сильно псується динаміка виконавчих механізмів, оскільки при перемиканні з центру системі потрібен час, щоб підняти тиск від нуля до номінального значення приводу до робочого положення клапану.

### Перепуск (байпас)

Перепуск використовується для контролю потужності насоса на перемичці між вхідним і вихідним патрубками встановлено регулятор для підтримки постійного перепаду тиску на насосі. Якщо відбуваються зниження подачі насоса, то тиск, який він створює – зростає, так регулятор відповідає на відступ від норми перепаду від означеної позначки і відкривається, перекидаючи воду з напірного патрубку у всмоктуючий. Як результат, подача насоса не змінюється, а витрата води в мережі може сильно стрибати.

Відцентровані насоси керуються перепустками. Як працює перепустка показано на (рисунок 1.1).

Можна побачити, що коли клапан відкривається, корисний тиск, який створює насос 1, меншає, залежність витрати  $Q = f(s)$  виглядає як плавна крива (рисунок 1.1 б) і дбає про зміну витрати від  $Q_{max}$  до 0 (при цьому необхідно, щоб вихід мав досить велику пропускну спроможність).

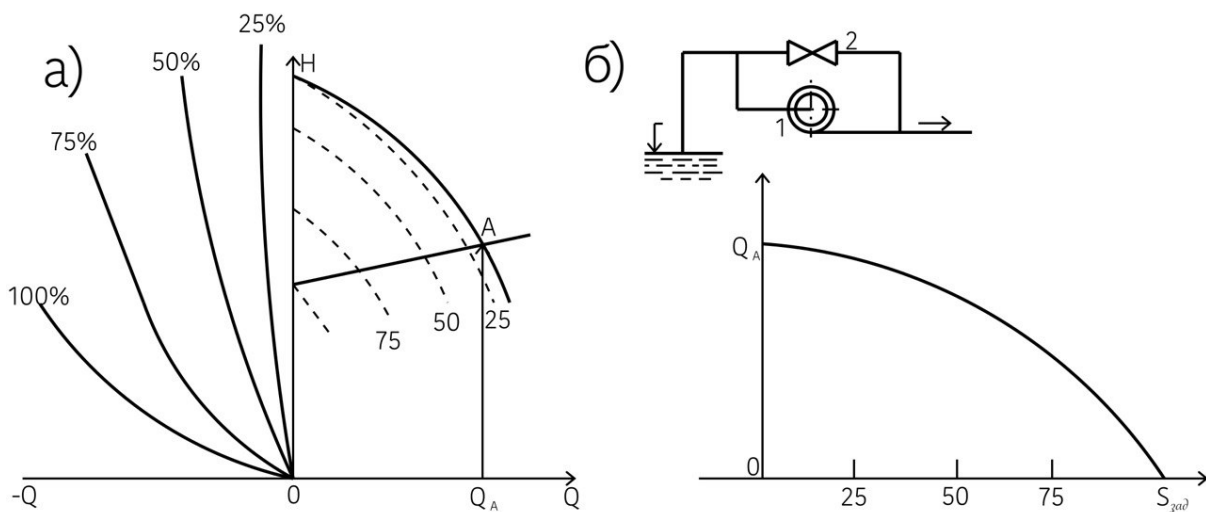


Рисунок 1.1 – Схема регулювання відцентрового насоса за допомогою перепуску

Рівняння Ейлера може виглядати таким чином, якщо відсутня закрученність потоку на вході до робочого колеса:

$$p_T = \rho u_2 c_{2u} = \rho u_2 (u_2 - w_2 \cos \beta_2) = K_T n^2 D_2^2 / (1 - w_2 \cos \beta_2),$$

Де  $K_T = \pi^2 / 3600$ ,  $n = w_2 / u_2$

Треба зауважити, що у методах регулювання взято за основу зміну діаметру колеса способом плавної зміни радіальної довжини лопатей і зміни кута виходу потоку з колеса у наслідку повороту торцевих частин лопатей або лопатей в цілому ще не знайшли практичного застосування.

Особливістю такого способу управління є постійна робота з подачею і тиском в зоні оптимального ККД, а мінусом є те, що при зменшенні навантаження на мережу споживана електроенергія залишається незмінною.

#### Зміна частоти обертання робочого колеса

Встановлення частотного регулятора робочого колеса є самим дієвим і дорогим способом регулювання подачі насоса, оскільки вартість частотного регулятора подібна з вартістю насоса.

Фізика цього способу легка: при зменшенні частоти обертання колеса насоса вдвічі меншає його подача, напір знижується в 4 рази, а споживання електроенергії – у 8 разів.

Дійсно, при зниженні живлення за рахунок зменшення частоти обертання колеса споживана потужність зменшується еквівалентно кубу відношення частот обертання:

$$N_2/N_1 = (n_2/n_1)^3$$

## Обточка робочого колеса

Облицювавши робоче колесо відцентрового насоса, ви можете зменшити діаметр, щоб знизити тиск, не погіршуючи дієвість гідравліки насоса. Якщо є невелике падіння ККД, то достатньо сильно зростає подача і тиск. Облицювання використовується, коли властивості насоса не відповідають нинішнім умовам експлуатації, але параметри системи не змінюються і немає можливості вибрати пристрій з каталогу. У турбінних насосів оточені лопаті, а у спіральних насосів також оточені колеса. Відомості про продуктивність, тиск, потужність і коефіцієнт дебіту в процесі визначаються наступним чином:

$$\begin{aligned} -G_2 &= G_1 D_2 / D_1; & -H_2 &= H_1 (D_2 / D_1)^2; & -N_2 &= N_1 (D_2 / D_1)^3; \\ & & -ns_2 &= ns_1 D_1 / D_2, \end{aligned}$$

У ході роботи необхідно налаштовувати характеристики насосів згідно з конкретними умовами. У такому разі, зовнішній діаметр робочого колеса  $D_2$  зазвичай підрізають, щоб зменшити (рисунок 2)

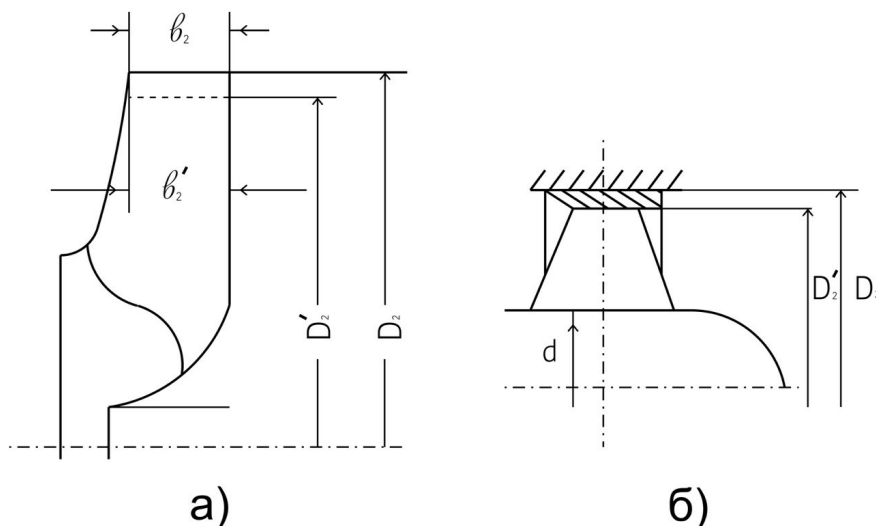


Рисунок 1.2 – Схема підрізування робочого колеса.

де  $Q$ ,  $H$ ,  $N$ ,  $D_2$  – номінальні подача, напір, потужність і зовнішній діаметр робочого колеса (до обрізки);

$Q'$ ,  $H'$ ,  $N'$ ,  $D'_2$  – те ж, після обрізки.

Зміна характеристичної кривої насоса при обертанні робочого колеса показано на (рисунок 1.3). Як можна побачити, підрізка значно збільшує діапазон подачі і тиску, які перекриваються в такому насосі.

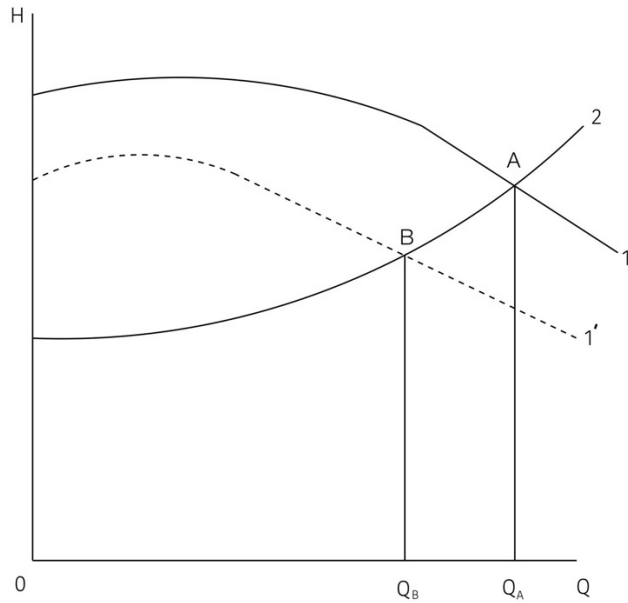


Рисунок 1.3 – Характеристики насоса в мережі при підрізуванні робочого колеса.

Для насосів з  $n_s = 60 \dots 120$  зменшення діаметру на 10 ... 15% від вихідного практично не позначається на ККД. При вищих  $n_s$  зниження ККД стає помітнішим (рисунок 1.4)

$$\frac{D_2 - D'_2}{D_2} \times 100$$

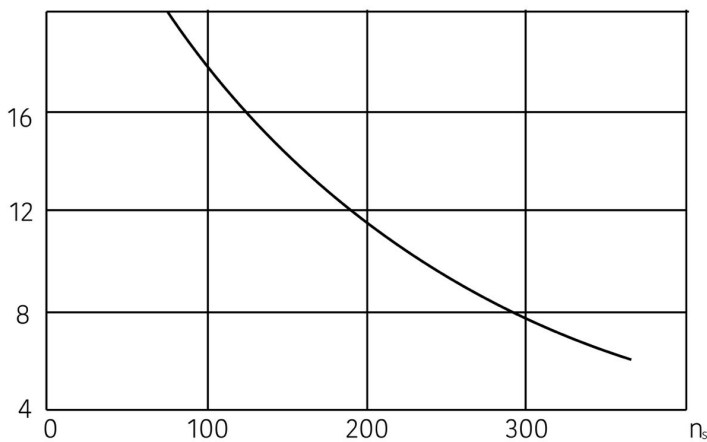


Рисунок 1.4 – Допустима обрізка робочого колеса в залежності від коефіцієнта швидкохідності

Для осьових насосів зміна параметра при підстроюванні робочого колеса може визначатися залежностями.

$$Q^I = Q \frac{D_2^{I^2} - d^2}{D_2^2 - d^2},$$

$$H^I = H$$

де  $d^I$  – збільшений діаметр втулки.

Ширина робочого колеса відцентрованого насосу може бути скорочена [19] (рисунок 1.5). У цьому випадку тиск залишається постійним, а подача зменшується еквівалентно зменшенню ширини лопаті.

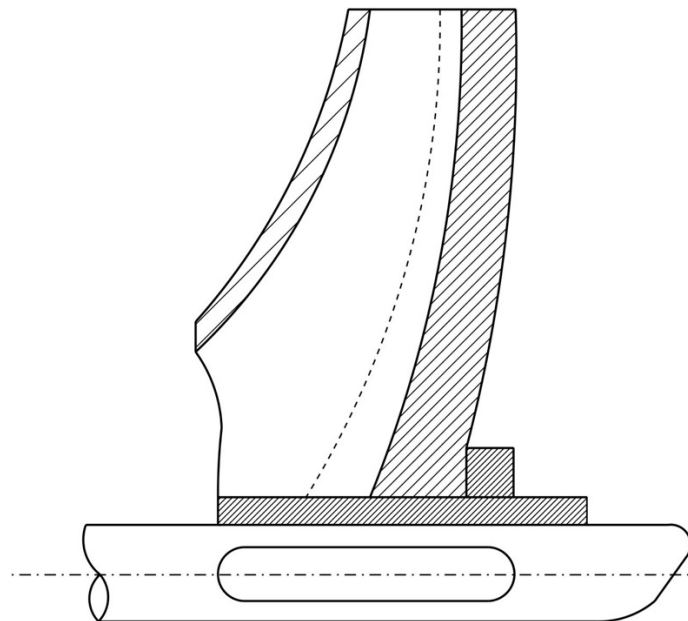


Рисунок 1.5 – Схема підрізування робочого колеса по ширині

У роботі пропонується інший спосіб підрізання колеса насосу - тільки по лопатям. Задня кромка робочого колеса скошена з поздовжньої сторони, що збільшує вихідну площу каналів робочого колеса по колу (рисунок 1.6). Проведені випробування виявили, що збільшення площі виходу на 11,7% при незмінних потужності і тиску дозволило збільшити подачу на 16,7% при найвищому значенні ефективності.

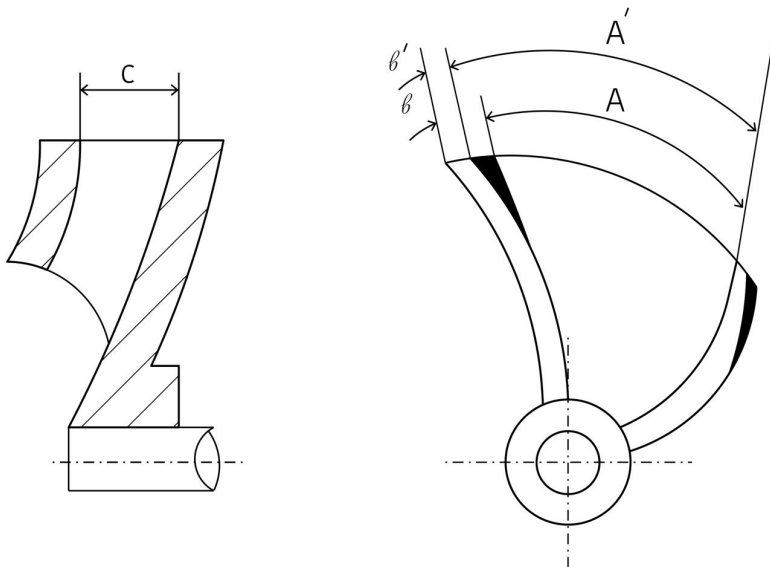


Рисунок 1.6 – Схема підрізування робочого колеса по лопатках.  
Зміна ширини робочого колеса.

Вибір насосу при складанні проекту насосних станцій і питного водопостачання робиться залежно від найбільшого водоспоживання враховуючи його можливе підвищення. На цих станціях широко використовуються насосні установки, які мають робоче колесо двостороннього входу з можливою подачею  $1250 \text{ м}^3/\text{год} - 6300 \text{ м}^3/\text{год}$ .

За нинішніх темпів урізання виробництва і, відповідно, споживання води з використанням недієвих методів управління, згідно з даними [1] біля 60% насосних станцій працюють лише з ККД 10–40%.

Потрібно зауважити, що 75% насосних систем працюють із завищеними напорами більше ніж на 20%. Для підвищення ефективності роботи насосних станцій прибігають до таких методів управління роботою насосів в системі:

- застосування частотно-регульованого приводу,
- застосування методу «вкл-викл» для насосів, що працюють паралельно, і їх комбінації.

## Регульований електропривод. Види і способи регулювання

Для управління потужністю насосної станції часто прибігають до зміни кількості працюючих насосних агрегатів, двигуни котрих вводяться в дію прямо від мережі. Двигуни середнього та великого робочого об'єму підпадають під технічні обмеження щодо прямого запуску, до яких додається потреба очікування між запусками.

Через це, для забезпечення необхідної потужності насосної станції вкрай необхідно рахуватися з особливостями запуску двигунів.

Самим дієвим методом отримати необхідний обсяг водопостачання для мережі є застосування регульованого електроприводу.

Порівняно зі зміною гідравлічних параметрів трубопроводу або насоса, це дозволяє розширювати діапазон керування потужності насосного агрегату, при цьому значно знизити використання електроенергії двигуном. Незважаючи на досить не малу вартість технологічного обладнання, термін окупності невеликий і становить кілька місяців.

Однак насосна станція є багатокомпонентною системою, в котрій зміна параметрів одного насосного агрегату може мати вплив на характеристики інших. Через це, при застосуванні регульованого приводу необхідно вирішувати проблему оптимальної сумісної роботи насосів і 7 можливості встановлення перетворювачів на кожному двигуні насосного агрегату.

Кількісні методи регулювання лопатевих насосів включають:

- дроселювання напірної сторони насоса;
- дроселювання сторони всмоктування насоса;
- байпас
- злив частини піднятої води в нижню частину;
- Попадання повітря у всмоктувальну лінію насоса;
- саморегуляція;
- поєднання паралельних/послідовних робочих ступенів у багатосекційних насосах;



- використання накопичувальних резервуарів;
- Використання пористого стабілізатору в передкамері насосної станції;
- використання перепускного трубопроводу, який об'єднує нитки напірних комунікацій великих насосних станцій;
- Зміна кількості еквівалентно працюючих насосів (використання обмінних агрегатів).

Якісними способами регулювання є:

- змінення частоти обертання робочого колеса;
- змінення кута встановлення лопатей дифузора на вході в робоче колесо насосу;
- змінення кута установки лопатей дифузора на виході з робочого колеса насоса;
- Змінення ширини робочого колеса;
- Змінення ступеню відкриття перерізу каналів крильчатки;
- змінення кута установки лопатей робочого колеса;
- саморегуляція;
- Поворот робочого колеса.

Комбіновані методів регулювання:

- саморегуляція з байпасом;
- Байпас по малому контуру із завихренням потоку перед робочим колесом;
- дроселювання з байпасом;
- байпас з підкруткою;
- Дроселювання та змінення частоти обертання робочого колеса;
- комбінація лопатевих і водоструминних насосів та ін. [8,18.28]

#### 1.4 Аналіз способів контролю тиску у водопровідних мережах

Системне вивчення та спостереження за величинами вільних напорів у розподільних і магістральних мережах забезпечує нормальну роботу міського водопроводу. Вільні напори можуть змінюватися в залежності від таких факторів: водоспоживання, стан мережі і характер розподілу води в ній. Щоб контролювати стан напору необхідно мати такі відомості:

- контролю правильного розподілу води і підтримання оптимального напору у мережі;
- установлювання причин зменшення напорів і керування ними;
- коригування меж зон живлення;
- розробки й уживання заходів з посилення подачі води, а також регулювання напорів;
- використовувати як основу для видачі висновків щодо приєднання нових споживачів та вказівки величини гарантійних тисків

У ході робіт на міській мережі відбувається постійне перемикання засувок під час проведення планових та аварійних ремонтів. Здійснюється суцільне будівництво нових та заміна існуючих мереж та вводів, виконуються відновлення інших підземних комунікацій, через що безперестанно змінюються напрямки потоків води, а також відбуваються порушення у кільцюванні мереж, стану трубопроводів, засувок, арматури та інше.

Постійне вимірювання напорів дає змогу своєчасно виявити неполадки мереж: закриті та прикриті арматури, їхнє пропускання на межах районів живлення тощо.

Дані про тиск у мережі слід отримувати систематично або періодично за необхідності.

Використовується для вимірювання тиску:

- пожежні крани, на яких встановлено підставку, обладнану переходом від гайки Ротта до вентиля діаметром 13 мм для вкручування манометра;
- вільні фланці патрубків у колодязях та камерах чи спеціально встановлені для вимірювань вентиля;
- водомірні вузли вводів з малою витратою за наявності приборів для встановлення манометра.

Місце для манометру в точках вимірювання встановлюють нівелюванням.

Кількість точок виміру розраховується з розрахунку одна-дві точки на 1 км території міста.

Манометри встановлюють на прохідних промислових підприємств, пожежних частин та інших організацій, де присутній цілодобовий черговий персонал, а також де присутній телефонний зв'язок. З цих точок управління водопостачання можемо отримати інформацію, що базується на щоденному записі тиску.

Якщо тиск необхідно вимірювати цілодобово, в колодязях і камерах встановлюють манометри, що самозаписують, із цілодобовою дисковою діаграмою.

У містах з розгалуженою водопровідною мережею обов'язково потрібно організувати малу бригаду щодо вимірювання тиску при експлуатаційній службі, покладаючи на неї також обов'язки з обробки інформації вимірювань. Ця бригада мусить складатися з:

- інженера;
- техніка;
- слюсарі у кількості три людини;
- машина з вентилятором;
- насос для відкачування води;
- стендер з манометром;
- відпопівдне устаткування з техніки безпеки.

Крім вимірювання тиску ця група також відповідає за вимірювання швидкості руху води у магістральній мережі та можливості блукаючих струмів у мережах водопостачання.

Бригада повинна щодня вимірювати тиск у мережі за заздалегідь розробленим планом, а також фіксувати результати вимірювань у спеціальний журнал.

За показниками вимірів щокварталу складається карта вільних тисків, після на план чи схему міської мережі наносяться всі точки вимірів й у кожній з них відзначається виміряний тиск.

Пункти в яких однакові показники тиску (інтервал складає 5м вод. ст.) з'єднують лініями, що становлять карту напорів. Однаковим кольором позначають зони з однаковим тиском.

Як основу для складання квартальних карт вільних тисків зручно зробити на кальці планшетну сітку міста (М 1:2000), на яку варто нанести точки вимірів, а для орієнтування - головні магістралі та магістралі мережі.

Дані регулярних вимірювань наносяться на ксерокопії з кальки і складаються карти вільних натисків, які дають наочне уявлення про стан натисків протягом року і використовуються при вирішенні різних питань експлуатації мережі.

Також, крім журналу реєстрації тиску, результати вимірювань заносяться до спеціальних карток обліку тиску. Така картотека використовується для того щоб мати відомості гарантійних тисків у процесі ухвалення рішення про приєднання нових абонентів до мереж водопостачання й уточнення меж ділянок мережного живлення.

Водорозбірні крани можуть використовуватися для разового вимірювання тиску під час перевірки водопроводу дворових мереж та мереж усередині будинків, а також для оперативного вимірювання тиску. Для вимірювання тиску штуцер звичайного манометра притискається рукою до вихідного краю отвору за допомогою гумової прокладки з отвором.

Заходи з раціонального використання води та зниження її втрат:

- дотримання графіків профілактичних оглядів санітарно-технічної арматури;
- популяризація через ЗМІ заходів щодо економного використання води та боротьби з протіканнями;

- забезпечити в процесі проектування системи міського водопостачання ретельної розробки технічних рішень, спрямованих на зниження нераціонального споживання та втрат води за рахунок оптимального зонування, створення на мережі регулюючих резервуарів, насамперед на промислових підприємствах, регулювання режимів роботи насосних станцій для зниження надлишкового тиску, проектування з урахуванням штатного будівельного та техніко-економічного обґрунтування кошторисних витрат питної води, що відпущена на технічні потреби промислових підприємств;

- розробка положення про впровадження нової форми експлуатації внутрішньобудинкових систем водопостачання та водовідведення спеціалізованими підприємствами;

- підготовлення пропозицій щодо сформування у містах України технічного інспектування водоспоживання у промисловості, житлово-комунальному господарстві з правом встановлення лімітів та введення санкцій за перевищення водоспоживання;

- поширення передового досвіду житлово-водопровідних організацій з експлуатації санітарно-технічних пристроїв усередині будинків, водопровідних мереж та ліквідації аварій, а також досвіду окремих раціоналізаторів;

- встановлення регуляторів напору на вводах у будівлю, які розміщені у зонах підвищених вільних напорів, а також поверхових регуляторів напору.

### Регулювання напорів

Значним відсотком невиробничого споживання води у водопроводах складають витікання зі зливних баків у будинках, які відбуваються не тільки через виходи з ладу баків, а здебільшого через збільшення напору у мережі.

У разі підвищення тиску закриття поплавкового клапана промивного бачка вимагає додаткового зусилля для натискання на золотник що досягається до певної межі підвищенням робочого рівня води в бачку. Однак при підвищенні напору більше 1,5-2 атм. (Вище тієї, на яку пристосований бак) здебільшого в встановлених баків поплавкові клапани не забезпечують перекриття. Вода, що надходить через переливний патрубок надходить в каналізацію протягом всього часу підтримки підвищеного тиску.

Як правило це відбувається в нічний час, коли напір у мережі збільшується. Здебільшого це пов'язано з відсутністю правильного регулювання системи подачі та розподілу води, а також поганим зонуванням та перевантаженням мережі. Встановлено, що в нічний час втрати води з баків можуть сягати 35–40 % від добової витрати води у будинку.

Використання водорозбірної арматури «на протікання» при підвищеному тиску у будинках викликає непродуктивну витрату води, крім протікання з баків. Конструкція арматури передбачена на отримання нормальних витрат води при напорі 2–3 м водяного стовпа. У випадку підвищення тиску різко зростає пропускна спроможність арматури.

За збільшення тиску у водорозбірного крана до 30 м. вод. ст. Об'єм води, що витікає з нього, збільшується в 4 рази, що візуально малопомітно. Запірний пристрій арматури дає змогу діставати 50% максимальної витрати вже при відкриванні на 1/4 оберту.

Раціональним зонуванням можна знизити втрати води та підвищенні тиски у мережі від регулюванням подачі води насосними станціями, а також потрібно встановити регулятор тиску прямої дії «після себе» до мережі домових вводах і на відгалуженнях до точок водорозбору на поверххах багатоповерхівок. Найпростішим для роботи це регулятор типу 21Ч 10 НЖ (25Ч 10 НЖ), які мають постійний тиск «після себе» за напрямом потоку води. Регулятори цього типу мають діаметр 50-150 мм і можуть працювати при тиску 16 атм. (чавунні) та більше 16 атм. (сталеві).

Регулятори типу 21Ч 10 НЖ складаються з:

- корпусу з двосідельцевим клапаном;
- головки регулятора з мембранним виконавчим механізмом і вантажем.

До трубопроводу за клапаном на відстані, що дорівнює не менше 10 діаметрів трубопроводу (по потоку води), приєднують імпульсну трубку, яка передає тиск на мембрану з кордової гуми товщиною 3 мм.

Дія регулятора тиску ґрунтується на перекритті клапана і зменшенні початкового тиску після регулятора до заданого з точністю до  $\pm 1$  м вод. ст.

Клапан працює з великою точністю, врівноважуючись навантаженнями та зворотним тиском діафрагмового приводу. Важіль навантаження прикріплений на шарнірі до штока клапана та діє у напрямку підйомного клапана. Тиск, який передається через імпульсну трубку на мембрану, створює зусилля на штоку клапана в напрямку, протилежному дії навантажень. Шток почне рухати вниз, тоді коли зусилля перевищить зусилля, що розвивається навантаженням і воно призведе

до закриття клапана та зниження або повного припинення подачі води в трубопровід за регулятором. Якщо тиск за регулятором знизиться (при збільшенні витрати води), клапан під дією навантаження знову відкриється і залишатиметься відкритим доти, доки тиск у трубопроводі не зросте. [1,5,9,10,11]

### 1.5 Мета та завдання дослідження

Метою роботи є дослідження розподілу вузлових напорів та формування зон надлишкового та недостатнього тиску у водопровідній мережі з врахуванням умов електропостачання та зміни пропускної здатності ділянок.

Здачі досліджень. Для досягнення цієї мети було необхідно:

- розробляння розрахункової схеми мережі водопроводу;
- виконувати гідравлічні розрахунки при нормальній експлуатації мережі;
- виконувати моделювання змін умов електропостачання;
- проводити моделювання змін опору ділянок;
- виконувати гідравлічні розрахунки мережі з врахуванням зміни опору ділянок для різних умов роботи мережі.;
- аналізувати п'єзометричні карти та зони тиску;
- розробити рекомендації щодо проектування водопровідних мереж виходячи з гідравлічних умов їх експлуатації. [1,5,10,28]

## РОЗДІЛ 2 РОЗРАХУНОК ВИХІДНИХ ДАНИХ

### 2.1 Визначення розрахункової кількості населення

Територія міста за щільністю населення і характеру забудови може бути розділена на два райони:

-I район має п'ятиповерхову забудову загальною площею 396,0 га.; будинки, які обладнані внутрішнім водопроводом, каналізацією і системою централізованого гарячого водопостачання; щільність населення - 250 чол/га.

-II район має триповерхову забудову загальною площею 128,0 га. Будинки обладнані ваннами і місцевими водонагрівачами; щільність населення – 200 чол/га.

У місті є два промислових підприємства: завод виробництва будівельних матеріалів і хлібозавод, розташованих на території I й II районів відповідно.

Витрата води на промислові потреби на підприємстві виробництва будівельних матеріалів становить 6000 м<sup>3</sup>/ добу., на хлібозаводі становить 4200 м<sup>3</sup>/добу. Джерело водопостачання підприємств - міська магістральна водопровідна мережа.

Кількість населення в і-му районі, чол:

$$N = P_i * F_i, \quad (2.1)$$

де  $P_i$  – щільність населення, чол/га;

$F_i$  – площа і-го району міста, га.

$$N_1 = 250,0 * 396,0 = 99000,0 \text{ чол,}$$

$$N_2 = 200,0 * 128,0 = 25600,0 \text{ чол.}$$

Загальна кількість населення в місті становить 124600,0 чол.; середня щільність населення 237,8 чол/га, загальна площа міста становить 524,0га.

## 2.2 Визначення розрахункового добового водоспоживання міста

Характеристика джерела водопостачання та умов забору води

Джерелом водопостачання міста є річка. Характеристики даного джерела наведені нижче.

Витрата річки:

- максимальна.. .....1000 м<sup>3</sup>/с;

-мінімальна .....250 м<sup>3</sup>/с;

Швидкість води в річці:

- максимальна.....0,8 м/с;

- мінімальна.....0,4 м/с;

Рівень води в річці:

- літній.....6.0 м:

- зимовий.....5,5 м;

- у паводок.....7,0 м;

Гідравлічна крупність наносів.....50 мм/с;

Товщина льоду.....0,4 м;

Висота хвилі.....0,5 м;

Ґрунти, що складають беріг річки:



- до 3 м.....пісок;
- до 6 м.....гравій;
- більше 6 м.....граніт.

Якісний склад води в джерелі водопостачання наступний:

1. Каламутність води ..... 100 мг/л;
2. Кольоровість ..... 70 град;
3. Лужність ..... 3,3 мг-екв/л;
4. РН ..... 7,8;
5. Вміст  $\text{Ca}^{2+}$  ..... 63,5 мг/л;
6. Вміст  $\text{Mg}^{2+}$  ..... 11,9 мг/л;
7. Вміст  $\text{Na}^{+} + \text{K}^{+}$  ..... 3,9 мг/л;
8. Вміст  $\text{Cl}^{-}$  ..... 9,2 мг/л;
9. Вміст  $\text{SO}_4^{2-}$  ..... 17,3 мг/л;
10. Температура води ..... 20°C;
11. Твердість води ..... 4,2 мг-екв/л;
12. Залізо загальне ..... 0,15 мг/л;
13. Сухий залишок ..... 418 мг/л.

З урахуванням наведених показників якості води, згідно [2, табл. 15] можливі наступні схеми очищення: «горизонтальні відстійники - швидкі фільтри», «освітлювачі із завислим осадом – швидкі фільтри», «контактні освітлювачі».

Принципова схема системи водопостачання міста

Джерелом водопостачання є річка. Водозабірна споруда та очисна станція розміщено нагору за течією ріки на відстані 2,5 км від межі міської забудови; насосна станція другого підйому розташована на території водоочисної станції.

Взаємне розташування основних споруд запроєктованої системи водопостачання наведено на рис. 1.1.

Вода забирається із джерела за допомогою водоприймальної споруди - 1 і подається насосами станції першого підйому - 2 на очисні споруди - 3 по водоводам - 9. Після очищення вода надходить у резервуари чистої води - 4, 3 яких за допомогою іншої групи насосів, встановлених на насосній станції другого підйому - 5 по водоводам - 8 подається в магістральну водопровідну мережу - 7. Схема водопостачання міста включає також водонапірну башту - 6.

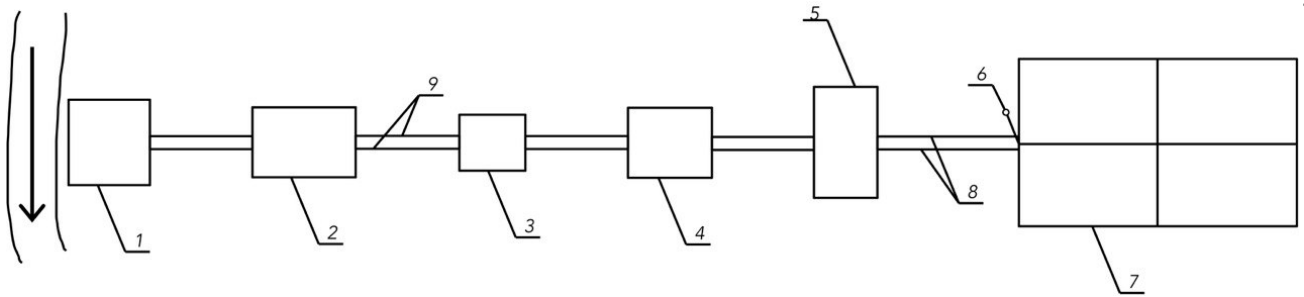


Рисунок 2.1 – Схема взаємного розташування основних споруд системи водопостачання

Визначення розрахункового добового водоспоживання міста

Добова витрата міста складається з витрати на поливання вулиць і зелених насаджень; витрати на господарсько-питні потреби міста і  
Витрати промислових підприємств.

Витрата води на господарсько-питні потреби міста для  $i$ -го району:

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

де  $q_i$  – питоме господарсько-питне водоспоживання на одного мешканця  $i$ -го району, (л/с доб \* мешк) за [2, табл. I];

$N_i$  – розрахункова кількість мешканців  $i$ -го району, чол.

Оскільки витрата господарсько-питної води не є постійною і змінюється впродовж року, при проектуванні визначено розрахункові витрати води в добу найбільшого та найменшого водоспоживання:

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

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

де  $K_{\text{доб. макс } i}$ ,  $K_{\text{доб. мін.}i}$ , – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання  $i$ -го району міста, прийняті п [2, п. 2.2]:  $K_{\text{доб. макс } i} = 1,2$ ;  $K_{\text{доб. мін.}i} = 0,8$ .

Розрахунки по визначенню добових витрат зведені в табл. 2.1.

Таблиця 2.1 - Добові витрати води на господарсько-питні потреби населення міста

Район	Розрахункова кількість мешканців, чол	Питоме водоспоживанн	Коефіцієнт добової нерівномірності		Добова витрата води, м <sup>3</sup> /добу		
			K <sub>доб.макс</sub>	K <sub>доб.мін</sub>	Q <sub>i</sub>	Q <sub>доб.макс</sub>	Q <sub>доб.мін</sub>
I	99000	300	1,2	0,8	29700,0	35640,00	23760,00
II	25600	230	1,2	0,8	5888,00	7065,60	4710,40
Усього	124600				35588,0	42705,60	28470,40

Витрата води на поливання території міста і території промислового підприємства прийнята залежно від кліматичних умов і ступеню благоустрою міста, за [2, примітка 1, табл. 3]. Результати розрахунку наведено у табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Добові витрати води на поливання вулиць і зелених насаджень

Район населеного пункту	Розрахункова кількість мешканців, чол	Питома середньодобова витрата на поливання д/доба чол	Добова витрата води на поливання, м <sup>3</sup> /добу		
			Усього по району Q <sub>пол</sub>	Двірниками Q <sup>I</sup> <sub>пол</sub>	Поливальними машинами Q <sup>II</sup> <sub>пол</sub>
I	99000	80	7920,00	3168,00	4752,00
II	25600	80	2048,00	819,20	1228,80
Усього	124600		9968,00	3987,20	5980,80

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

Витрата води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на виробництві, визначена для кожної зміни, виходячи з кількості робітників питомої витрати води на одного працюючого:

$$Q_{\text{побут}} = \sum N_{\text{гар}} * q_{\text{гар}} + \sum N_{\text{хол}} * q_{\text{хол}}, \quad (2.5)$$

де  $N_{\text{гар.}}$ ,  $N_{\text{хол.}}$  - відповідно кількість робітників, що працюють в "гарячих" і "холодних" цехах;

$q_{\text{гар.}}$ ,  $q_{\text{хол.}}$  - питомі витрати води на одного працюючого в "гарячих" і "холодних" цехах, прийняті за [2, п. 2.4]:  $q_{\text{гар.}} = 45 \text{ л}/(\text{зміну} * \text{роб.})$

$q_{\text{хол.}} = 25 \text{ л}/(\text{зміну} * \text{роб.})$ . Розрахунки зведені в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 Добові витрати води на господарсько-питні потреби робочих промислових підприємств

Найменування підприємства	Зміни роботи	Гарячі цехи			Холодні цехи			Загалом
		Кількість Робітників $N_{\text{гар.}}$ , чол	Норма Витрати води, $q_{\text{гар.}}$ , л/(зміну*роб)	Витрата води, $Q$ , м <sup>3</sup>	Кількість робітників $N_{\text{хол.}}$ , чол	Норма Витрати води, $q_{\text{хол.}}$ , л/(зміну*роб)	Витрата води, $Q$ , м <sup>3</sup>	
Хлібозавод	I	225	45	10,25	675	25	16,88	27,00
	II	200	45	9,00	600	25	15,00	24,00
	III	150	45	6,75	450	25	11,25	18,00
Усього		575		25,87	1725		43,13	69,00
Завод виробництва будівельних матеріалів	I	150	45	6,75	450	25	11,25	18,00
	II	125	45	5,62	375	25	9,38	15,00
	III	-	-	-	-	-	-	-
Усього		275		12,37	825		20,63	33,00

Годинна витрата води на одну душову сітку на промислових підприємствах прийнята рівною 500 л, а тривалість користування душем 4 хвилин після закінчення зміни. Необхідна кількість душових сіток визначається за кількістю робітників, що користуються душем у максимальну зміну та кількістю робітників, що обслуговуються однією душовою сіткою залежно від групи виробничих процесів.

Витрата води на користування душем на промислових підприємства: визначається за формулою:

$$Q_{\text{душ}} = 0,5 * \Sigma N_i / n_i, \quad (2.6)$$

де 0,5 - годинна витрата води на одну душову сітку, м<sup>3</sup>;

N<sub>i</sub> - кількість робітників у цехах з і- санітарною характеристикою виробничого процесу;

n<sub>i</sub> - розрахункова кількість робітників на одну душову сітку для і- ю санітарної характеристики виробничого процесу за [3, табл. 4].

Розрахунки зведені в табл. 2.4.

Таблиця 2.4 Витрата води на користування душами на промислових підприємствах

Вид цехів	Кількість робітників за змінами, чол			Група виробничого процесу	Кількість робітників на 1 душову сітку	Кількість працюючих душових сіток, шт			Питома витрата на 1 душову сітку, м <sup>3</sup>	Витрата води за змінами, м <sup>3</sup>		
	I	II	III			I	II	III		I	II	III
Хлібозавод												
Гар.цеху	225	200	150	IIa	5	45	40	30	0,375	16,88	15,00	11,25
Хол.цеху	675	600	450	Ia	15	45	40	30		16,87	15,00	11,25
Усього	900	800	600			90	80	60		33,75	30,00	22,50
Завод виробництва будівельних матеріалів												
Гар.цеху	150	125	-	IIв	5	30	25	-	0,375	11,25	9,37	-
Хол.цеху	450	375	-	Ia	15	30	25	-		11,25	9,38	-
Усього	600	500	-			60	50	-		22,50	18,75	-

Витрата води на виробничі потреби на промислових підприємствах приймається за даними завдання на проектування: завод виробництв: будівельних матеріалів - 6000,0 м<sup>3</sup>/добу; хлібозавод - 4200,0 м<sup>3</sup>/добу.

Розрахункова витрата води на пожежогасіння і число одночасних пожеж для житлової забудови прийнятий за [2, табл. 5]: 40 л/с на одну зовнішню пожежу і 5 л/с на одну внутрішню пожежу при трьох одночасних пожежах.

Розрахункова витрата води на потреби пожежогасіння на завод виробництва будівельних матеріалів прийнята за [2, табл. 7]: 15 л/с, що відповідає першій та другій ступені вогнестійкості будинків промислових підприємств при пожежній

небезпеці виробництв на них що відповідає категорії Б, В, при об'ємі найбільшого будинку - 18 тис. М<sup>3</sup>; розрахункова витрата води на потреби пожежогасіння на хлібозаводі прийнятий по [2, табл. 7]: 10 л/с, що відповідає першій ступені вогнестійкості будинків промислових підприємств при пожежній небезпеці виробництва на них категорії Д, при обсязі найбільшого будинку - 10 тис. м<sup>3</sup>.

Число можливих одночасних пожеж на кожному підприємстві прийнято рівним одному, тому що їх території не перевищують 150 га.

Розрахункова витрата води на потреби пожежогасіння міста:

$$Q_{\text{пож}} = 3 * (40 + 5) + 0,5 * (15 + 10) = 147,5 \text{ л/с.}$$

При розрахунковій тривалості гасіння пожежі, що дорівнює трьом годинам, об'єм води на потреби пожежогасіння:

$$W_{\text{пож}} = 3 * 3600 * Q_{\text{пож}} / 1000, \quad (2.7)$$

$$W_{\text{пож}} = 3 * 3600 * 147,5/1000 = 1593,0 \text{ м}^3.$$

### 2.3 Режим водоспоживання міста

Режим витрати води формується наступними видами водорозбору і їх режимами:

- поливання вулиць: механізоване, в одну зміну, починається в 6-00 і закінчується в 20-00, рівномірне по годинах роботи;
- поливання зелених насаджень: здійснюється вручну, рівномірно в ранкові і вечірні години: (з 5-00 до 8-00, з 18-00 до 21-00);
- витрата води на виробничі потреби підприємства рівномірна протягом зміни
- витрата води на господарсько-питні потреби робітників на виробництві нерівномірна у часі для холодних цехів, рівномірна у межах зміни для гарячих
- витрата води на прийняття душу, що витрачається протягом 45 хвилин після кожної зміни;
- витрата води на господарсько-питні потреби населення міста, нерівномірна впродовж доби.

Для обчислення витрати води на господарсько-питні потреби необхідно обчислити коефіцієнти годинної нерівномірності споживання води.

$$K_{i \text{ год. макс.}} = \alpha_{i \text{ макс.}} * \beta_{i \text{ макс.}}, \quad (2.8)$$

$$K_{i \text{ год. мін.}} = \alpha_{i \text{ мін.}} * \beta_{i \text{ мін.}}, \quad (2.9)$$

де  $K_{i \text{ год. макс.}}$ ,  $K_{i \text{ год. мін.}}$  - відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти годинної нерівномірності;

$\alpha_{i \text{ макс.}}$ ,  $\alpha_{i \text{ мін.}}$  - відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти, що залежать від ступеня благоустрою прийняті за [2, п. 2.2]:  $\alpha_{i \text{ макс.}} = 1,4$ ;  $\alpha_{II \text{ макс.}} = 1,2$ ;  $\alpha_{I \text{ мін.}} = 0,5$ .

$\beta_{i \text{ макс.}}$ ,  $\beta_{i \text{ мін.}}$  - відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти, ще залежать від чисельності населення прийняті за [2, табл. 2 ]:

$$\beta_{I \text{ макс.}} = 1,101,$$

$$\beta_{I \text{ мін.}} = 0,698;$$

$$\beta_{II \text{ макс.}} = 1,191,$$

$$\beta_{II \text{ мін.}} = 0,519;$$

$$K_{I \text{ год мін.}} = 0,5 * 0,698 = 0,35;$$

$$K_{I \text{ год макс.}} = 1,4 * 1,101 = 1,54;$$

$$K_{II \text{ год мін.}} = 0,5 * 0,519 = 0,26;$$

$$K_{II \text{ год макс.}} = 1,2 * 1,191 = 1,43;$$

Погодинний розподіл витрати на господарсько-питні потреби населення міста за [3, табл. 12}.

Для другого району розрахункова величина  $K_{\text{год макс}}$  не збігається з табличною, тому виконано перерахування максимальної годинної витрати:

$$q_{\text{макс год } i} = 4,17 * K_{\text{год макс}}, \quad (2.10)$$

$$q_{\text{макс год I}} = 4,17 * 1,54 = 6,42;$$

$$q_{\text{макс год II}} = 4,17 * 1,43 = 5,96;$$

Результати обчислень зведені в табл.2.5. За результатами розрахунків побудований графік водоспоживання міста по годинах доби рис. 2.2.

Таблиця 2.5 Режим водоспоживання міста

№ за/п	Години доби	Господарсько – питні витрати				Витрата на поливання вулиць и зелених насаджень			
		1 район		2 район		1 район		2 район	
		%	м <sup>3</sup>	%	м <sup>3</sup>	Силами двірників м <sup>3</sup>	механізовано м <sup>3</sup>	Силами двірників м <sup>3</sup>	механізовано м <sup>3</sup>
1	0-1	1,50	534,60	2,50	176,64				
2	1-2	1,50	534,60	2,65	187,24				
3	2-3	1,50	534,60	2,20	155,44				
4	3-4	1,50	534,60	2,25	158,98				
5	4-5	2,50	891,00	3,20	226,10				
6	5-6	3,50	1247,40	3,90	275,56	528,00		136,53	
7	6-7	4,50	1603,80	4,50	317,95	528,00	339,43	136,54	87,77
8	7-8	5,50	1960,20	5,10	360,35	528,00	339,43	136,54	87,77
9	8-9	6,42	2288,09	5,30	374,48		339,43		87,77
10	9-10	6,20	2209,68	5,96	421,10		339,43		87,77
11	10-11	6,20	2209,68	5,30	374,48		339,43		87,77
12	11-12	6,18	2202,55	5,24	370,24		339,43		87,77
13	12-13	5,00	1782,00	4,60	325,02		339,43		87,77
14	13-14	5,00	1782,00	4,40	310,89		339,43		87,77
15	14-15	5,50	1960,20	4,60	325,02		339,43		87,77
16	15-16	6,00	2138,40	4,60	325,02		339,43		87,77
17	16-17	6,00	2138,40	4,90	346,20		339,43		87,77
18	17-18	5,50	1960,20	4,80	339,15		339,43		87,78
19	18-19	5,00	1782,00	4,70	332,08	528,00	339,42	136,53	87,78
20	19-20	4,50	1603,80	4,50	317,95	528,00	339,42	136,53	
21	20-21	4,00	1425,60	4,40	310,89	528,00		136,53	
22	21-22	3,00	1096,20	4,20	296,73				
23	22-23	2,00	712,80	3,60	254,36				
24	23-24	1,50	534,60	2,60	183,70				
		100,00		100,00		3168,00	4752,00	819,2	1228,80



## Продовження таблиці 2.5

№ за/п	Витрати промислових підприємств				Хлібозавод				Завод виробництва будівельних матеріалів				Загальні витрати			
	Виробничі		Холодний цех		Гарячий цех		Душло вт.		Виробничі		Холодний цех				Гарячий цех	
	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³	%	м³
1	4,16	175,00	12,05	1,36	6,25	0,42	30,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	18,75	1,48	936,77
2	4,16	175,00	12,05	1,36	12,50	0,84		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,42	899,02
3	4,16	175,00	12,05	1,36	12,50	0,84		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,37	867,24
4	4,16	175,00	12,05	1,36	18,75	1,27		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		1,38	871,21
5	4,16	175,00	12,05	1,36	6,25	0,42		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		2,05	1293,88
6	4,16	175,00	12,05	1,36	12,50	0,84		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		3,75	2364,69
7	4,16	175,00	12,05	1,36	12,50	0,84		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		5,06	3190,69
8	4,16	175,00	15,65	1,73	18,75	1,28		0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00		5,70	3590,30
9	4,17	175,00	12,05	2,03	6,25	0,63	22,50	4,17	375,00	12,05	1,36	6,25	0,42		5,81	3666,71
10	4,17	175,00	12,05	2,03	12,50	1,27		4,17	375,00	12,05	1,36	12,50	0,84		5,73	3613,48
11	4,17	175,00	12,05	2,03	12,50	1,27		4,17	375,00	12,05	1,36	12,50	0,84		5,65	3566,86
12	4,17	175,00	12,05	2,03	18,75	1,89		4,17	375,00	12,05	1,36	18,75	1,27		5,64	3556,54
13	4,17	175,00	12,05	2,03	6,25	0,63		4,17	375,00	12,05	1,36	6,25	0,42		4,90	3088,66
14	4,17	175,00	12,05	2,03	12,50	1,27		4,17	375,00	12,05	1,36	12,50	0,84		4,87	3075,59
15	4,17	175,00	12,05	2,03	12,50	1,27		4,17	375,00	15,65	1,73	12,50	0,84		5,18	3268,29
16	4,17	175,00	15,65	2,67	18,75	1,89		4,17	375,00	12,05	1,13	18,75	1,28		5,46	3447,59
17	4,17	175,00	12,05	1,81	6,25	0,55	33,75	4,17	375,00	12,05	1,13	6,25	0,35	22,50	5,58	3521,89
18	4,17	175,00	12,05	1,81	12,50	1,13		4,17	375,00	12,05	1,13	12,50	0,70		5,20	3280,70
19	4,17	175,00	12,05	1,81	12,50	1,13		4,17	375,00	12,05	1,13	12,50	0,70		5,96	3760,58
20	4,17	175,00	12,05	1,81	18,75	1,69		4,17	375,00	12,05	1,13	18,75	1,06		5,66	3481,39
21	4,17	175,00	12,05	1,81	6,25	0,55		4,17	375,00	12,05	1,13	6,25	0,35		4,68	2954,86
22	4,17	175,00	12,05	1,81	12,50	1,13		4,17	375,00	12,05	1,13	12,50	0,70		3,04	1947,70
23	4,17	175,00	12,05	1,81	12,50	1,13		4,17	375,00	12,05	1,13	12,50	0,70		2,41	1521,93
24	4,17	175,00	15,65	2,33	18,75	1,69		4,17	375,00	15,65	1,47	18,75	1,06		2,02	1274,85
	100,00	4200,00	100,00	43,13	100,0	25,8	86,25	100,00	6000,00	100,00	20,4	100,00	12,37	41,25	100,00	63041,45

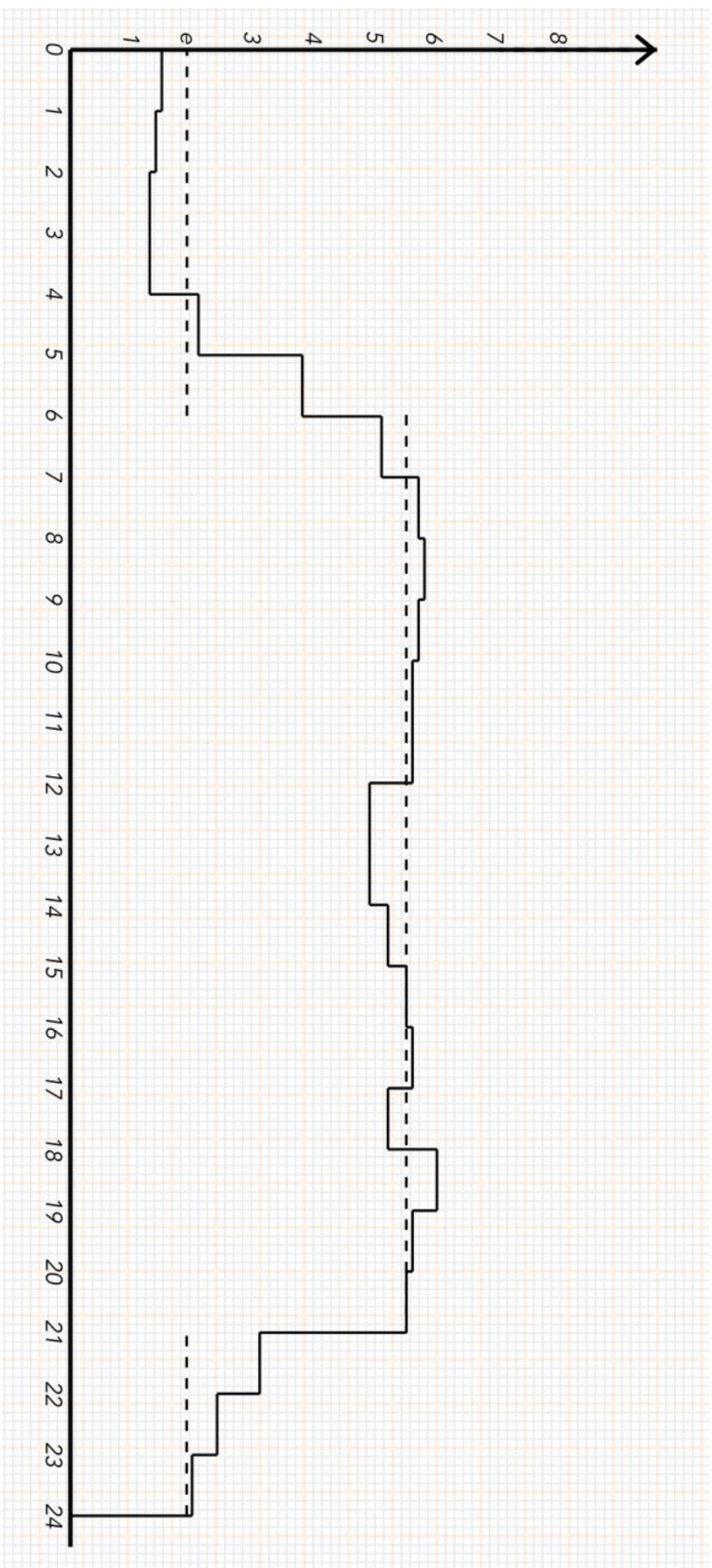


Рисунок 2.2 – Суміщений графік водоспоживання міста та роботи насосної станції другого підйому.

## РОЗДІЛ 3 МЕТОДИ ТА МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

### 3.1 Моделювання гідравлічних умов роботи мережі

Дослідження впливу розташування водоживлювачів виконано за наступною методикою:

- вибрана схему мережі водопостачання, яка складається з 9 кілець і має переважну забудову у 5 та 3 поверхи.

- гідравлічний розрахунок мережі виконано за трьома варіантами живлення:

А) підключення труб напірного водопроводу від насосної станції другого підйому до вищої геодезичної позначки 100 м у вузлі 1; б) підключення напірного водопроводу труби до нижньої геодезичної позначки 90 м у вузлі 14; в) приєднання напірних водоводів до двох вузлів 11 та 12 на відмітках 94,54м та 92м;

- для всіх варіантів живлення мережі визначаються місця розташування вузла управління та для нього визначаються п'езометричні позначки;

- виконано моделювання зміни опору окремих ділянок мережі на магістралях при зміні їх пропускної здатності на 10, 20, 30% для всіх варіантів живлення за наступними напрямками:

- зменшення пропускної здатності ділянок 1-2-6-9-10-13-17;

- зменшення пропускної здатності ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4;

- виконано гідравлічний розрахунок мережі після зміни опору відокремлених ділянок за трьома варіантами електропостачання;

- для усіх варіантів було розраховано п'езометричні позначки у вузлі мережі щодо вузла електропостачання;

- для всіх варіантів живлення мережі були визначені зони недостатнього та надмірного тиску за умовою:

$$H_{\text{факт}} \geq H_{\text{потр}}, \quad (3.1)$$

де  $H_{\text{факт}}$ - фактичний напір у вузлі;

$H_{\text{потр}}$ - необхідний напір у тім же вузлі:

$$H_{\text{потр}} = 4(n_i - 1) + 10, \quad (3.2)$$

де  $n_i$ - кількість поверхів.

### 3.2 Розрахунок вихідних схем для різних варіантів живлення водопровідної мережі

Для формування вихідних розрахункових схем визначаються вузлові витрати, здійснюється початковий поточкорозподіл, за результатами складаються розрахункові схеми для різних варіантів живлення водопровідної мережі.

Два водоводи по 2000 м призначені для подачі води від насосної станції 2 підйому до водопровідної мережі. Водопровід підключається до магістральної мережі у вузлі 1.

Рівномірне розташування магістральної мережі по місту забезпечує охоплення усіх великих споживачів (промислові підприємства забезпечуються водою від вузлів мережі - № 10, 18), які користуються міським водопостачанням. Розподільна мережа включає в себе лінії, які проложені всіма вулицями і проїздами міста, також вона забезпечує постачання води у населені квартали.

Найбільший вузол мережі (1) з'єднує водонапірну башту з магістральною мережею. За такої маршрутизації загальна довжина магістральної мережі становить 17 180 м.

За цією схемою міського водопостачання можна побачити, що водопровідна башта знаходиться на початку мережі (вузол 1). Найважливіші розрахунки режимів роботи мережі - це режим подачі води в мережу в годину водоспоживання і режим подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі .

Найбільший годинний відбір води з мережі випадає на 18-19 години роботи, тоді, коли в мережі накоплюється  $3760,58 \text{ м}^3$ , що відповідає 5,96% або 1044,6 л/с, також на промисловість виділяється  $554,77 \text{ м}^3$  або 154,1 л/с, як зосереджені затрати у вузлах 18 і 10, згідно з чим  $177,94 \text{ м}^3$ , або 49,4% л/с, використовується на господарсько-питні потреби населення, полив вулиць і насаджень однаково за довжиною мережі, відповідно водоспоживанню районів міста: використання води у I районі –  $2649,42 \text{ м}^3$  або 736,0 л/с, II району –  $556,39 \text{ м}^3$  або 154 л/с. Постачання води в годину найбільшого водоспоживання в мережу є таким-  $3502,64 \text{ м}^3$  або 973,0 л/с, а інша вода для містян у цю ж годину направляється з башти у мережу ( $257,94 \text{ м}^3$  або 71,6 л/с).

Водопровідна мережа, яка розташована у I районі складає свою довжину на таких розрахункових ділянках: 1-2 , 1-3 , 2-4 , 2-6 , 3-7 , 4-5 , 5-6 , 5-11 . ф - 7 , 6-9 , 7-8 , 8-9 , 8-15 , 9-10 , 10-11 , 10-13 , 11-12 , 14-15 і рівняється 11690 м , а також ділянки 1-2 , 1-3 , 2-4 , 4-5 , 10-13 , 5-11 , 11-12 , 14-15 , з житловими будинками лише з одного боку, мають довжину : 4810 м.

Ділянки 12-13 , 13-14 проходять по межі I та II районів ,та складають 1510 М.

Протяжність водопровідної мережі, розташованої на території II району, що включає в себе такі розрахункові ділянки: 12-18, 13-17, 14-16, 16-17, 17-18, становить 3980 м, а ще ділянки 12-18, 14- 16, 16-17, 17-18, з житловими будинками лише з одного боку, загальна довжина яких 3070 м.

За певної протяжності магістральної мережі та сумі розподілених витрат по кожному району визначаються питомі затрати для режиму максимального водоспоживання. При розрахунку враховується, що протяжність ділянок, які пролягають межами районів, ділиться з-поміж них порівну.

Питома витрата для і-го району при максимальному водоспоживанні:

$$Q_{\text{пит } i} = Q_i / (\Sigma l_i + \Sigma l_o / 2), \quad (3.3)$$

де  $Q_i$ - сумарна розосереджена витрата і-го району л/с,

$\Sigma l_i$ -загальна довжина ділянок мережі і-го району, м,

$\Sigma l_o$ -сумарна довжина ділянок мережі, що проходять по межі району, м.

$$q_{\text{пит } 1} = 736,0 / ((11690 - 4810) + 4810/2 + 1510/2) = 0,07331 \text{ л/(с/м)},$$

$$q_{\text{пит } 2} = 154,5 / ((3980 - 3070) + 3070/2 + 1510/2) = 0,04828 \text{ л/(с/м)},$$

Питома витрата води по ділянках, які знаходяться на межі районів:

$$q_{\text{пит } 1-2} = (0,07331 + 0,04828) / 2 = 0,0608 \text{ л/(с/м)},$$

Водовіддача кожної ділянки мережі (шляхова витрата ділянки):

$$Q_{\text{шл } 1} = q_{\text{пит } 1} * l_{\text{діл } 1}, \quad (3.4)$$

де  $l_{\text{діл } 1}$ - довжина ділянки між двома вузловими точками.

Відбір шляхових витрат виконується у вузлах, до яких прилучаються розрахункові ділянки. Розрахунковий вузловий потік включає в себе фактичний розподілений потік, який береться прямо з вузла та суми шляхового потоку усіх ділянок, що прилягають до вузла:

$$Q = Q_c + 1/2 \Sigma_1^n Q_{\text{пута } 1}, \quad (3.5)$$

—

де  $Q_c$ — зосереджена витрата у вузлі, л/с;

$\Sigma_1^n Q_{\text{шл } 1}$ — сума шляхових витрат всіх ділянок, що долучаються до вузла, л/с;

$n$ -кількість розрахункових ділянок, що прилягають до розглянутого (і-го) вузлу.

Початковий розподіл потоків всіх розрахункових випадків виконується відповідно до першого закону Кірхгофа, із збереженням балансу витрат у вузлах. Тому забезпечується вимога щодо забезпечення безперебійної подачі води споживачам, себто можливість взаємозамінності лінії мережі при аварії. Попередні витрати води на ділянки мережі та їх напрямки показано на рис. 3.1, 3.3, 3.5 та в табл. 3.2, 3.4 3.6 — для режимів подачі води в мережу в годину найбільшого водоспоживання для різних варіантів живлення водопостачання при нормальній експлуатації; на рис. 3.2, 3.4, 3.6 та табл. 3.3, 3.5, 3.7 — для режимів подачі води в мережу в годину найбільшого водоспоживання при пожежі для різних варіантів живлення водопровідної мережі при нормальній роботі.

Розрахунки в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Визначення вузлових витрат

№ вуз	Номер ділянок, що примикають до вузла	Довжина ділянок, м	Питомі витрати ділянок, (л/с)/м	Шляхові витрати, л/с		Зосередженні витрати, л/с	Зведені до вузлових шляхові витрати, л/с
1	2	3	4	5	6	7	8
1	1-2	65	0,07331	4,77	15,40		15,40
	1-3	355	0,07331	26,03			
2	2-1	65	0,07331	4,77	39,60		39,60
	2-4	485	0,07331	35,56			
	2-6	530	0,07331	38,85			
3	3-1	355	0,07331	26,03	38,70		38,70
	3-7	700	0,07331	51,32			
4	4-2	485	0,07331	35,56	26,20		26,20
	4-5	230	0,07331	16,86			
5	5-4	230	0,07331	16,86	52,00		52,00
	5-6	950	0,07331	69,64			
	5-11	240	0,07331	17,59			
6	6-2	530	0,07331	38,85	99,70		99,70
	6-5	950	0,07331	69,64			
	6-7	760	0,07331	55,72			
	6-9	480	0,07331	35,19			
7	7-3	700	0,07331	51,32	71,80		71,80
	7-6	760	0,07331	55,72			
	7-8	500	0,07331	36,66			
8	8-7	500	0,07331	36,66	89,80		89,80
	8-9	940	0,07331	68,91			
	8-15	1010	0,07331	74,04			
9	9-6	480	0,07331	35,19	64,10		64,10
	9-8	940	0,07331	68,91			
	9-10	330	0,07331	24,19			
10	10-9	330	0,07331	24,19	52,40	104,70	157,10
	10-11	680	0,07331	49,85			
	10-13	420	0,07331	30,79			

Продовження таблиці 3.1

11	11-5	240	0,07331	17,59	48,60		48,60
	11-10	680	0,07331	49,85			
	11-12	405	0,07331	29,69			
12	12-11	405	0,07331	29,69	48,20		48,20
	12-13	680	0,0608	41,34			
	12-18	520	0,04828	25,11			
13	13-10	420	0,07331	30,79	83,30		83,30
	13-12	680	0,0608	41,34			
	13-14	830	0,0608	50,46			
	13-17	910	0,04828	43,93			
14	14-13	830	0,0608	50,46	36,50		36,50
	14-15	205	0,07331	15,03			
	14-16	155	0,04828	7,48			
15	15-8	1010	0,07331	74,04	44,50		44,50
	15-14	205	0,07331	15,03			
16	16-14	155	0,04828	7,48	15,80		15,80
	16-17	500	0,04828	24,14			
17	17-13	910	0,04828	43,93	42,70		42,70
	17-16	500	0,04828	24,14			
	17-18	360	0,04828	17,38			
18	18-12	520	0,04828	21,11	21,20	49,40	70,60
	18-17	360	0,04828	17,38			
					890,50	154,10	1044,60

Таблиця 3.2 – Результати початкового потокорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	Q <sub>попер</sub> л/с	d, мм	l, м
1	0-1	297,1	500	710
2	1-0	732,1	800	130
3	2-0	230,3	500	970
4	2-0	204,1	500	460
5	1-2	462,2	600	530
6	0-1	258,4	500	700
7	1-4	50,0	250	760
8	3-2	50,0	250	950
9	3-0	202,1	500	480
10	4-3	262,5	500	480
11	0-4	236,6	500	500
12	5-4	50,0	250	940
13	5-3	248,4	500	330
14	3-6	50,0	250	680
15	6-0	103,5	300	810
16	5-6	141,3	400	840
17	0-5	96,8	300	1010
18	0-5	52,3	300	410
19	5-8	20,0	250	830
20	6-7	20,0	250	680
21	7-0	35,3	300	1040
22	8-7	58,0	300	910
23	0-8	35,8	250	310
24	0-8	20,0	200	1000
25	0-7	35,3	250	720



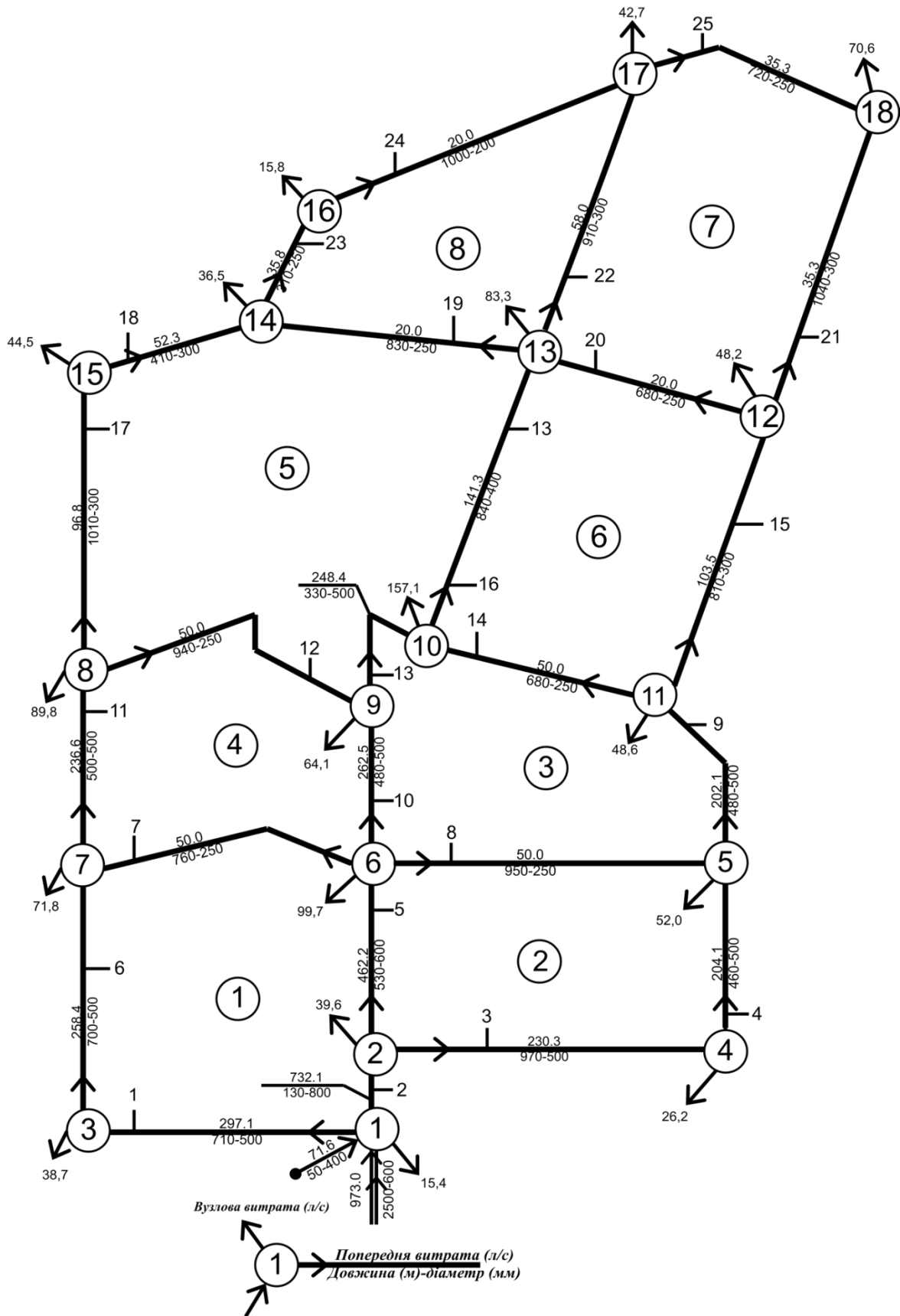


Рисунок 3.1 – Результати попереднього поточкорозподілу у мережі для режиму максимального водоспоживання (живлення у вузлі 1)

Таблиця 3.3 – Результати початкового потокорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	q <sub>попер</sub> л/с	d, мм	l, м
1	0-1	332,1	500	710
2	1-0	844,6	800	130
3	2-0	270,4	500	970
4	2-0	244,2	500	460
5	1-2	534,6	600	530
6	0-1	293,4	500	700
7	1-4	50,0	250	760
8	3-2	50,0	250	950
9	3-0	242,2	500	480
10	4-3	334,9	500	480
11	0-4	271,6	500	500
12	5-4	40,0	250	940
13	5-3	310,8	500	330
14	3-6	40,0	250	680
15	6-0	153,6	300	810
16	5-6	141,2	400	840
17	0-5	141,8	300	1010
18	0-5	97,3	300	410
19	5-8	25,0	250	830
20	6-7	25,0	250	680
21	7-0	80,4	300	1040
22	8-7	57,9	300	910
23	0-8	40,8	250	310
24	0-8	25,0	200	1000
25	0-7	40,2	250	720

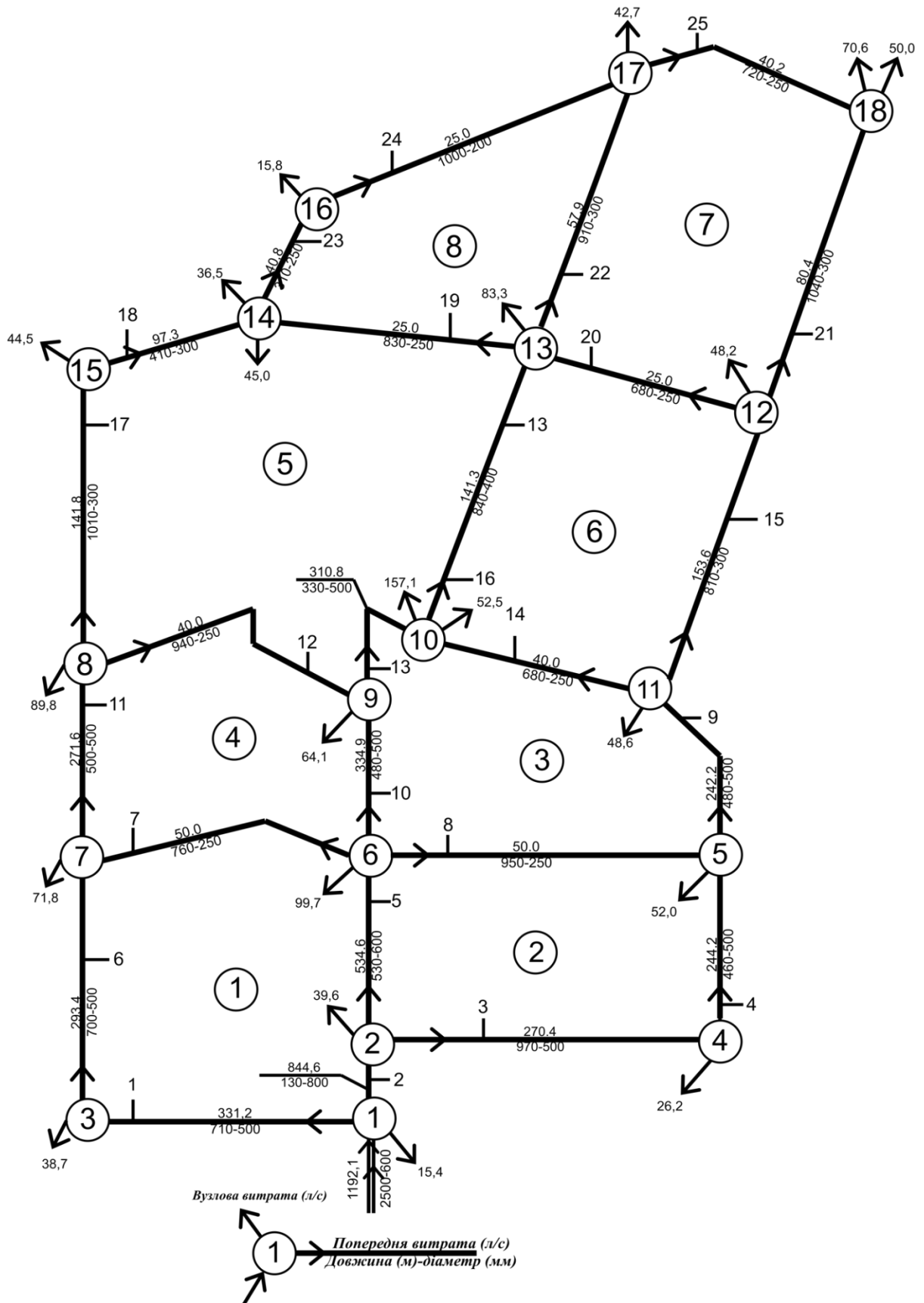


Рисунок 3.2 – Результати початкового поточкорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі (живлення у вузлі 1)

Таблиця 3.4 – Результати початкового поточкорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12.

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	q <sub>попер</sub> л/с	d, мм	l, м
1	0-1	19,4	200	710
2	1-0	36,8	200	130
3	0-2	22,8	200	970
4	0-2	49,0	250	460
5	1-2	20,0	150	530
6	1-0	19,3	150	700
7	1-4	66,1	250	760
8	2-3	115,8	300	950
9	0-3	216,8	500	480
10	3-4	30,0	250	480
11	4-0	25,0	200	500
12	4-5	88,8	300	940
13	3-5	182,9	400	330
14	3-6	281,1	600	680
15	0-6	60,0	250	810
16	6-5	58,9	250	840
17	5-0	26,0	200	1010
18	5-0	70,5	300	410
19	5-8	115,0	350	830
20	6-7	276,1	600	680
21	7-0	102,2	300	1040
22	8-7	18,9	200	910
23	0-8	8,0	150	310
24	8-0	7,8	150	1000
25	7-0	31,6	200	720

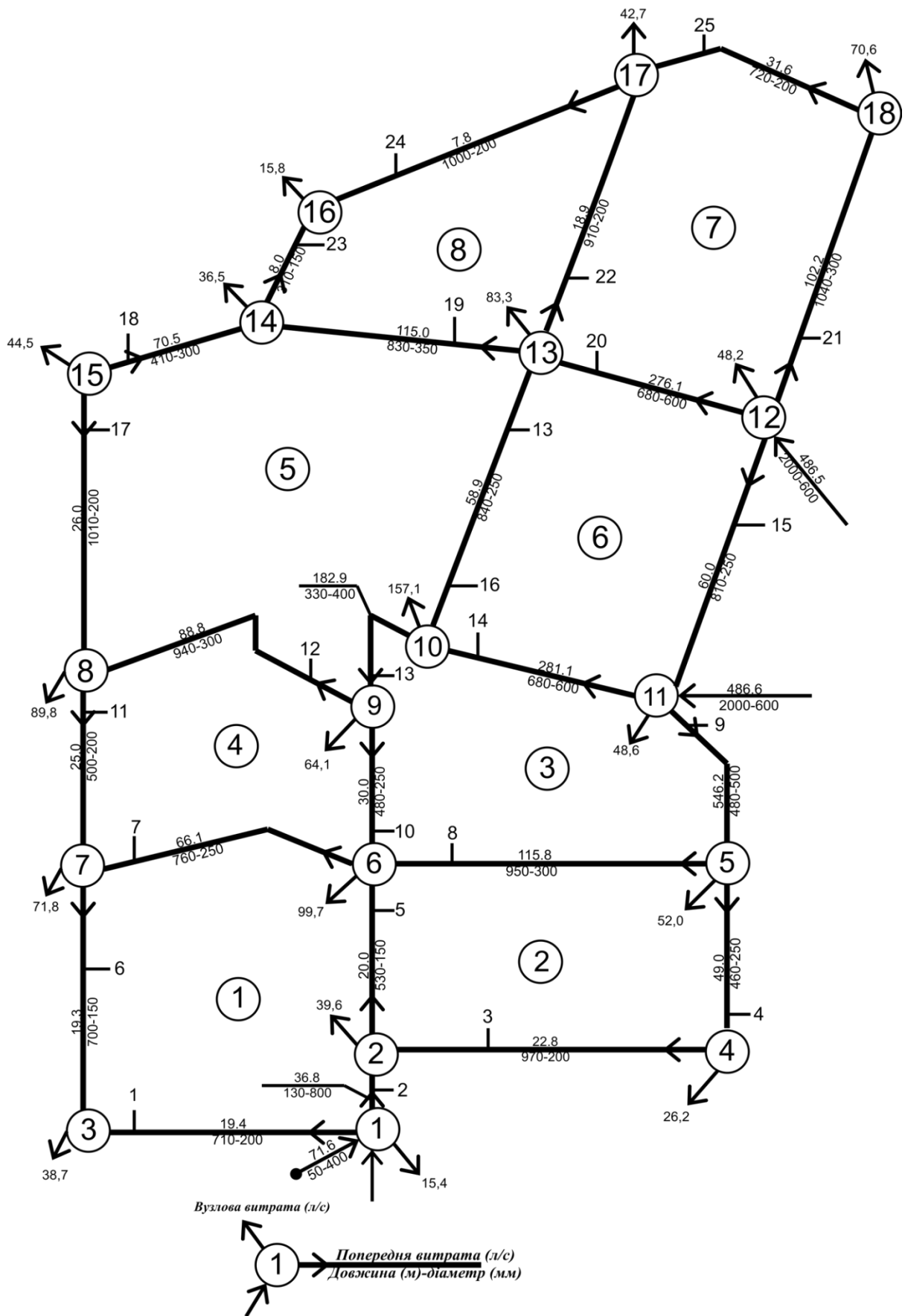


Рисунок 3.3 – Початковий потікорозподілу для режиму подачі води в мережу за годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12

Таблиця 3.5 – Результати початкового поточкорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12.

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	$q_{\text{попер}}$ л/с	d, мм	l, м
1	0-1	19,4	200	710
2	1-0	36,8	200	130
3	0-2	22,8	200	970
4	0-2	49,0	250	460
5	1-2	20,0	150	530
6	1-0	19,3	150	700
7	1-4	66,1	250	760
8	2-3	115,8	300	950
9	0-3	216,8	500	480
10	3-4	30,0	250	480
11	4-0	25,0	200	500
12	4-5	88,8	300	940
13	3-5	182,9	400	330
14	3-6	344,3	600	680
15	0-6	49,45	250	810
16	6-5	48,2	250	840
17	5-0	26,0	200	1010
18	5-0	70,5	300	410
19	5-8	160,0	350	830
20	6-7	310,4	600	680
21	7-0	152,2	300	1040
22	8-7	18,9	200	910
23	0-8	8,0	150	310
24	8-0	7,8	150	1000
25	7-0	31,6	200	720

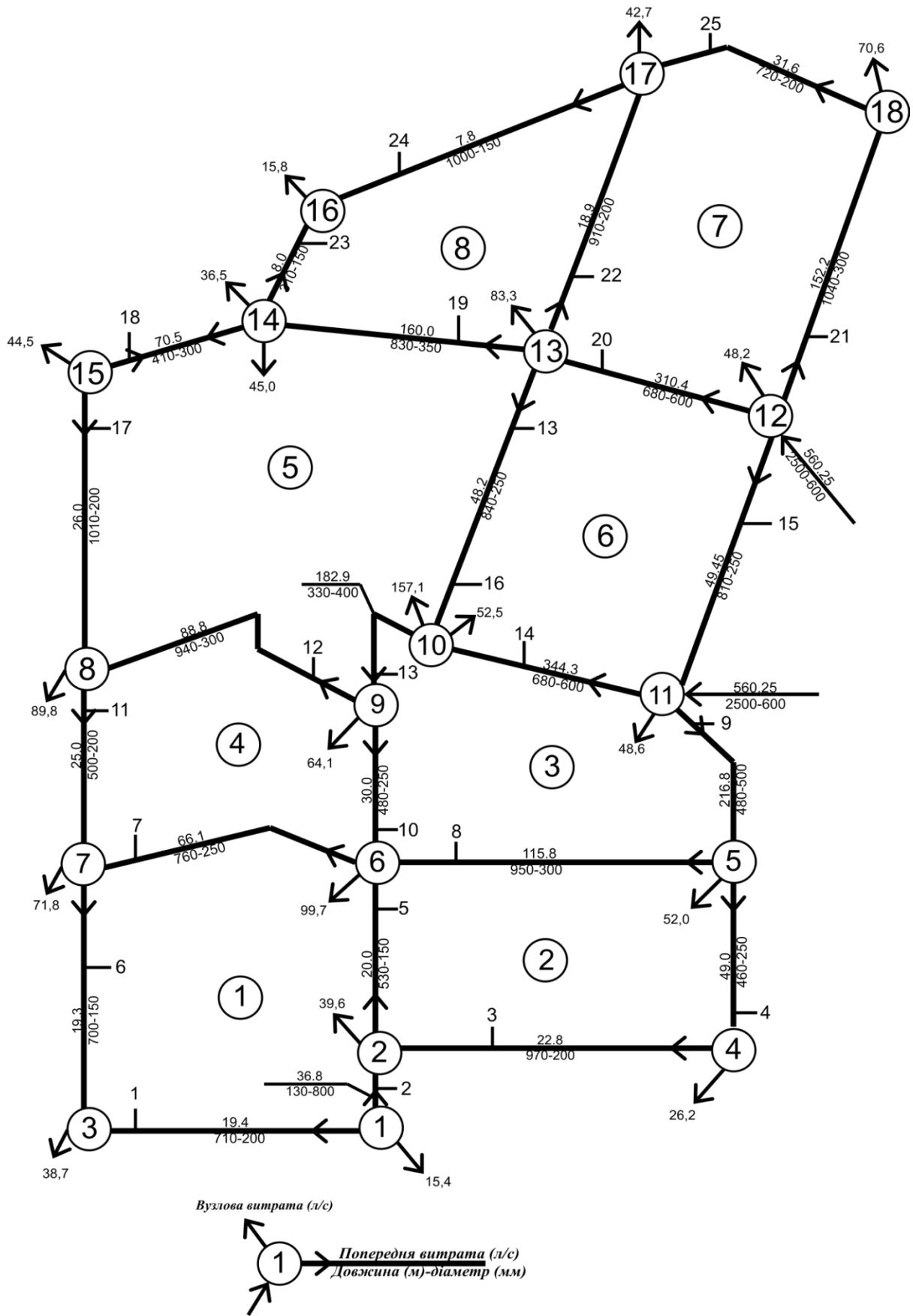


Рисунок 3.4 – Результати попереднього поточкорозподілу в мережі для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12

Таблиця 3.6 – Результати початкового поточкорозподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14.

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	q <sub>попер</sub> л/с	d, мм	l, м
1	0-1	12,9	200	710
2	1-0	43,3	200	130
3	2-0	13,1	150	970
4	0-2	13,1	200	460
5	2-1	9,4	200	530
6	1-0	25,8	200	700
7	1-4	32,5	200	760
8	3-2	21,7	200	950
9	0-3	43,4	250	480
10	3-4	163,3	400	480
11	4-0	65,1	250	500
12	4-5	51,6	250	940
13	3-5	279,0	500	330
14	6-3	30,7	200	680
15	0-6	61,3	250	810
16	6-5	466,8	600	840
17	5-0	103,3	300	1010
18	5-0	147,8	400	410
19	8-5	713,1	800	830
20	7-6	133,0	350	680
21	7-0	23,5	250	1040
22	8-7	30,0	200	910
23	0-8	75,6	300	310
24	0-8	59,8	250	1000
25	0-7	47,1	250	720



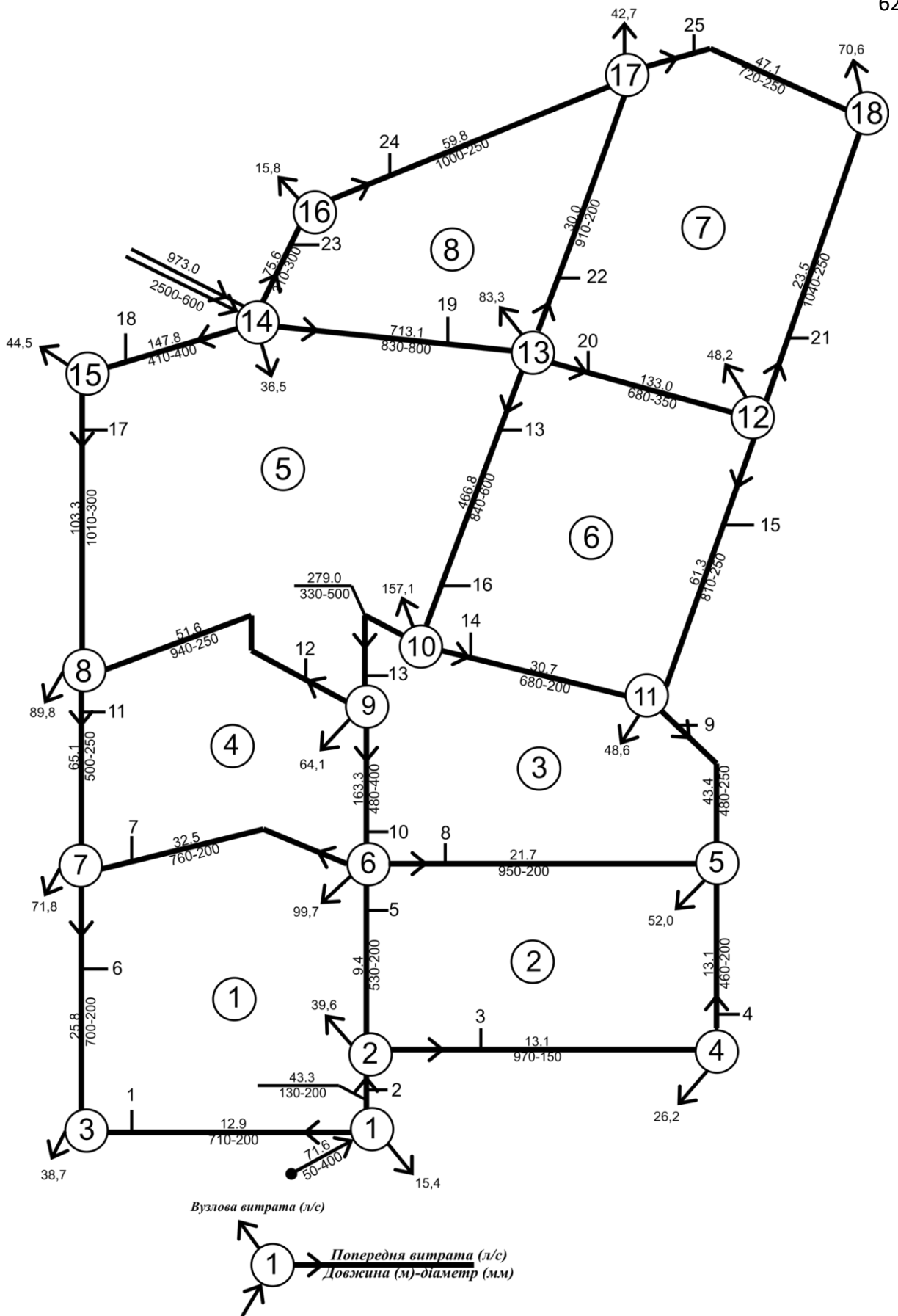


Рисунок 3.5 — Початковий потокорозподіл для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14

Таблиця 3.7 – Результати початкового поточкорозподілу для режиму подачі води у мережу за годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14

№ ділянки	Вихідні дані			
	Код ділянки	q <sub>попер</sub> л/с	d, мм	l, м
1	0-1	12,9	200	710
2	1-0	43,3	200	130
3	2-0	13,1	150	970
4	0-2	13,1	200	460
5	2-1	9,4	200	530
6	1-0	25,8	200	700
7	1-4	32,5	200	760
8	3-2	21,7	200	950
9	0-3	43,4	250	480
10	3-4	163,3	400	480
11	4-0	65,1	250	500
12	4-5	51,6	250	940
13	3-5	279,0	500	330
14	6-3	30,7	200	680
15	0-6	61,3	250	810
16	6-5	519,3	600	840
17	5-0	103,3	300	1010
18	5-0	147,8	400	410
19	8-5	793,3	800	830
20	7-6	149,7	350	680
21	7-0	40,2	250	1040
22	8-7	41,0	200	910
23	0-8	97,9	300	310
24	0-8	82,1	250	1000
25	0-7	80,4	250	720

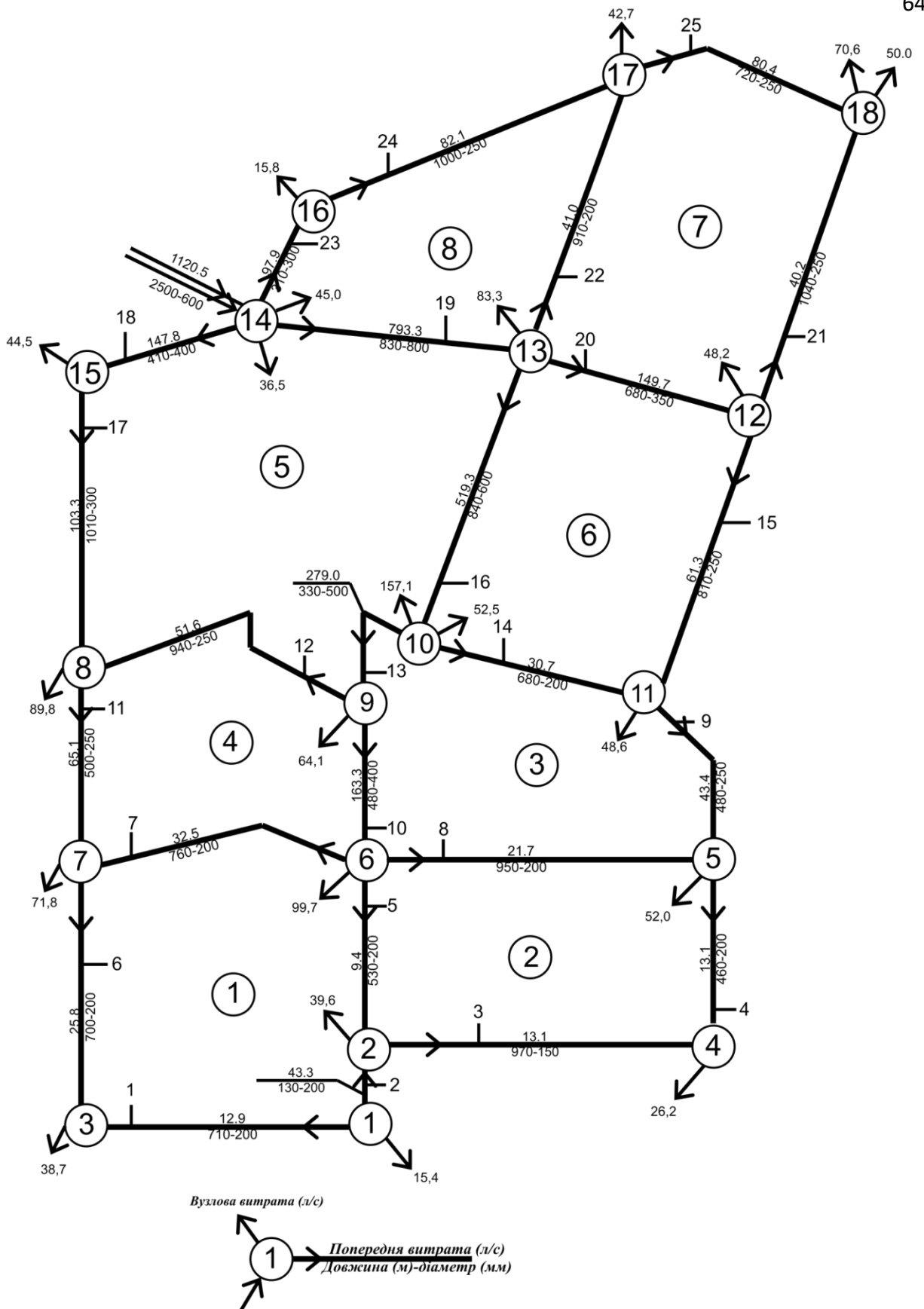


Рисунок 3.6 – Початковий потікорозподіл для режиму подачі води у мережу за годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14

## РОЗДІЛ 4 АНАЛІЗ ДИНАМІКИ ВУЗЛОВИХ НАПОРІВ ПРИ ЗМІНІ ГІДРАВЛІЧНИХ УМОВ ЇЇ РОБОТИ

### 4.1 Розрахунок вихідних схем для різних варіантів живлення водопровідної мережі при зміні пропускної здатності ділянок

За розглянутими варіантами живлення водопровідної мережі (підключення водоводів у вузол 1; підключення водоводів у вузол 14; підключення водоводів у вузли 11 та 12) виконано розрахунок попереднього розподілу витрат на ділянках мережі, результати наведені у таблицях 4.1 – 4.6.

Таблиця 4.1 – Результати початкового розподілу за годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17.

№ ділянки	Вихідні данні						
	Код ділянки	Витрати води $q_{\text{попер}}$ л/с	Діаметр ділянки, м	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			Довжина ділянки, мм
				10%	20%	30%	
1	0-1	297,1	500	500	500	500	710
2	1-0	732,1	800	720	640	560	130
3	2-0	230,3	500	500	500	500	970
4	2-0	204,1	500	500	500	500	460
5	1-2	462,2	600	540	480	420	530
6	0-1	258,4	500	500	500	500	700
7	1-4	50,0	250	250	250	250	760
8	3-2	50,0	250	250	250	250	950
9	3-0	202,1	500	500	500	500	480
10	4-3	262,5	500	450	400	350	480
11	0-4	236,6	500	250	250	250	500
12	5-4	50,0	250	300	300	300	940
13	5-3	248,4	500	450	400	350	330
14	3-6	50,0	250	250	250	250	680
15	6-0	103,5	300	300	300	300	810
16	5-6	141,3	400	360	320	280	840
17	0-5	96,8	300	200	200	200	1010
18	0-5	52,3	300	300	300	300	410
19	5-8	20,0	250	250	250	250	830
20	6-7	20,0	250	250	250	250	680
21	7-0	35,3	300	300	300	300	1040
22	8-7	58,0	300	300	270	210	910
23	0-8	35,8	250	250	250	250	310
24	0-8	20,0	200	200	200	200	1000
25	0-7	35,3	250	250	250	250	720

Таблиця 4.2 – Результати початкового розподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4

№ ділянки	Вихідні данні						Довжина ділянки, мм
	Код ділянки	Витрати води $Q_{\text{попер}}$ Л/с	Діаметр ділянки, мм	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			
				10%	20%	30%	
1	0-1	297,1	500	450	400	350	710
2	1-0	732,1	800	800	800	800	130
3	2-0	230,3	500	500	500	500	970
4	2-0	204,1	500	450	400	350	460
5	1-2	462,2	600	600	600	600	530
6	0-1	258,4	500	450	400	350	700
7	1-4	50,0	250	250	250	250	760
8	3-2	50,0	250	250	250	250	950
9	3-0	202,1	500	450	400	350	480
10	4-3	262,5	500	500	500	500	480
11	0-4	236,6	500	450	400	350	500
12	5-4	50,0	250	250	250	250	940
13	5-3	248,4	500	500	500	500	330
14	3-6	50,0	250	250	250	250	680
15	6-0	103,5	300	270	240	210	810
16	5-6	141,3	400	400	400	400	840
17	0-5	96,8	300	270	240	210	1010
18	0-5	52,3	300	270	240	210	410
19	5-8	20,0	250	250	250	250	830
20	6-7	20,0	250	250	250	250	680
21	7-0	35,3	300	270	240	210	1040
22	8-7	58,0	300	300	300	300	910
23	0-8	35,8	250	225	200	175	310
24	0-8	20,0	200	180	160	140	1000
25	0-7	35,3	250	225	200	175	720

Таблиця 4.3 – Результати початкового розподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11-12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17.

№ ділянки	Вихідні данні						
	Код ділянки	Витрати води $Q_{\text{попер}}$ л/с	Діаметр ділянки, мм	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			Довжина ділянки, мм
				10%	20%	30%	
1	0-1	19,4	200	200	200	200	710
2	1-0	36,8	200	180	160	140	130
3	0-2	22,8	200	200	200	200	970
4	0-2	49,0	250	250	250	250	460
5	1-2	20,0	150	135	120	105	530
6	1-0	19,3	150	150	150	150	700
7	1-4	66,1	250	250	250	250	760
8	2-3	115,8	300	300	300	300	950
9	0-3	216,8	500	500	500	500	480
10	3-4	30,0	250	225	200	175	480
11	4-0	25,0	200	200	200	200	500
12	4-5	88,8	300	300	300	300	940
13	3-5	182,9	400	360	320	280	330
14	3-6	281,1	600	600	600	600	680
15	0-6	60,0	250	250	250	250	810
16	6-5	58,9	250	225	200	175	840
17	5-0	26,0	200	200	200	200	1010
18	5-0	70,5	300	300	300	300	410
19	5-8	115,0	350	350	350	350	830
20	6-7	276,1	600	600	600	600	680
21	7-0	102,2	300	300	300	300	1040
22	8-7	18,9	200	180	160	140	910
23	0-8	8,0	150	150	150	150	310
24	8-0	7,8	150	150	150	150	1000
25	7-0	31,6	200	200	200	200	720

Таблиця 4.4 – Результати початкового розподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11-12. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4.

№ ділянки	Вихідні данні						
	Код ділянки	Витрати води $Q_{\text{попер}}$ Л/с	Діаметр ділянки, мм	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			Довжина ділянки, мм
				10%	20%	30%	
1	0-1	19,4	200	180	160	140	710
2	1-0	36,8	200	200	200	200	130
3	0-2	22,8	200	200	200	200	970
4	0-2	49,0	250	225	200	175	460
5	1-2	20,0	150	150	150	150	530
6	1-0	19,3	150	135	120	105	700
7	1-4	66,1	250	250	250	250	760
8	2-3	115,8	300	300	300	300	950
9	0-3	216,8	500	450	400	350	480
10	3-4	30,0	250	250	250	250	480
11	4-0	25,0	200	180	160	140	500
12	4-5	88,8	300	300	300	300	940
13	3-5	182,9	400	350	350	350	330
14	3-6	281,1	600	600	600	600	680
15	0-6	60,0	250	225	200	175	810
16	6-5	58,9	250	250	250	250	840
17	5-0	26,0	200	180	160	140	1010
18	5-0	70,5	300	270	240	210	410
19	5-8	115,0	350	350	350	350	830
20	6-7	276,1	600	600	600	600	680
21	7-0	102,2	300	270	240	210	1040
22	8-7	18,9	200	200	200	200	910
23	0-8	8,0	150	135	120	105	310
24	8-0	7,8	150	135	120	105	1000
25	7-0	31,6	200	180	160	140	720

Таблиця 4.5 – Результати початкового розподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17

№ ділянки	Вихідні данні						Довжина ділянки, мм
	Код ділянки	Витрати води $Q_{\text{попер}}$ л/с	Діаметр ділянки, мм	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			
				10%	20%	30%	
1	0-1	12,9	200	200	200	200	710
2	1-0	43,3	200	180	160	140	130
3	2-0	13,1	150	150	150	150	970
4	0-2	13,1	200	200	200	200	460
5	2-1	9,4	200	180	160	140	530
6	1-0	25,8	200	200	200	200	700
7	1-4	32,5	200	200	200	200	760
8	3-2	21,7	200	200	200	200	950
9	0-3	43,4	250	250	250	250	480
10	3-4	163,3	400	360	320	280	480
11	4-0	65,1	250	250	250	250	500
12	4-5	51,6	250	250	250	250	940
13	3-5	279,0	500	450	400	350	330
14	6-3	30,7	200	200	200	200	680
15	0-6	61,3	250	250	250	250	810
16	6-5	466,8	600	540	480	420	840
17	5-0	103,3	300	300	300	300	1010
18	5-0	147,8	400	400	400	400	410
19	8-5	713,1	800	800	800	800	830
20	7-6	133,0	350	350	350	350	680
21	7-0	23,5	250	250	250	250	1040
22	8-7	30,0	200	180	160	140	910
23	0-8	75,6	300	300	300	300	310
24	0-8	59,8	250	250	250	250	1000
25	0-7	47,1	250	250	250	250	720



Таблиця 4.6 – Результати початкового розподілу для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4.

№ ділянки	Вихідні данні						Довжина ділянки, мм
	Код ділянки	Витрати води $q_{\text{попер}}$ Л/с	Діаметр ділянки, мм	Розрахунковий діаметр з урахуванням зростання, мм			
				10%	20%	30%	
1	0-1	12,9	200	180	160	140	710
2	1-0	43,3	200	200	200	200	130
3	2-0	13,1	150	150	150	150	970
4	0-2	13,1	200	180	160	140	460
5	2-1	9,4	200	200	200	200	530
6	1-0	25,8	200	180	160	140	700
7	1-4	32,5	200	200	200	200	760
8	3-2	21,7	200	200	200	200	950
9	0-3	43,4	250	225	200	175	480
10	3-4	163,3	400	400	400	400	480
11	4-0	65,1	250	225	200	175	500
12	4-5	51,6	250	250	250	250	940
13	3-5	279,0	500	500	500	500	330
14	6-3	30,7	200	200	200	200	680
15	0-6	61,3	250	225	200	175	810
16	6-5	466,8	600	600	600	600	840
17	5-0	103,3	300	270	240	210	1010
18	5-0	147,8	400	360	320	280	410
19	8-5	713,1	800	800	800	800	830
20	7-6	133,0	350	350	350	350	680
21	7-0	23,5	250	225	200	175	1040
22	8-7	30,0	200	200	200	200	910
23	0-8	75,6	300	270	240	210	310
24	0-8	59,8	250	225	200	175	1000
25	0-7	47,1	250	225	200	175	720

## 4.2 Гідравлічний розрахунок мереж для різних умов живлення в умовах нормального функціонування

Гідравлічний розрахунок мережі виконано із використанням програми для розрахунку gidrastr1. Первинні данні є такими: довжина та діаметр ділянок, попередні витрати, визначені при початковому водорозподілі, код ділянок, кількість вузлів та контурів, передбачувана пухкість. Результат обчислення показує дійсні показники витрат на ділянках мережі, а також втрати напору при маршрутизації води через мережу згідно з прийнятими діаметрами. Отримані показники втрат напору відповідають другому закону Кірхгофа і допускають до розрахунку п'єзометричні позначки і фактичні вільні напори у всіх вузлах мережі, а також дають визначати потрібний напір насосів, що здійснюють подачу води в мережу, і висоту підйому водонапірної башти. За методом Лобачова-Кроса робилося зв'язування мережі. Втрати напору визначаються за такою формулою:

$$h_i = S_{oi} * l_i * q_{ik}^2 * \delta, \quad (4.1)$$

де  $S_{oi}$ - питомий опір

$l_i$ -довжина ділянки в мережі, м

$q_{ik}^2$ - витрата по ділянці мережі, л/с(м<sup>3</sup>/с)

$\delta$ -поправочний коефіцієнт, що враховує швидкість руху води в трубах

Результати гідравлічної ув'язки мережі за режимами подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання для різних варіантів живлення водопроводу в таблицях. 4.7, 4.8, 4.9 та графічно показані на рис. 4.1, 4.2, 4.3.

Гідравлічне підключення водопровідної мережі під час пожежі в годину максимального водоспоживання робиться так само як і у випадку максимального водорозподілу. Витрата, що надається насосами до мережі, зростає до величини пожежної витрати (147,5 л/с). Вузли прогнозованої пожежі - 10, 14, 18. Результати прив'язки гідромережі за режимами подачі води в мережу за годину максимальної витрати води при пожежі для різних варіантів живлення водопровідної мережі показано у табл. 4.10, 4.11, 4.12 та графічно надано на рис. 4.4, 4.5, 4.6.

Таблиця 4.7 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	500	710	264,61	1,35	3,40
2	1-0	800	130	764,59	1,52	0,43
3	2-0	500	970	234,66	1,20	3,67
4	2-0	500	460	208,46	1,06	1,39
5	1-2	600	530	490,33	1,73	3,31
6	0-1	500	700	225,91	1,15	2,47
7	1-4	250	760	30,56	0,62	2,12
8	3-2	250	950	24,32	0,50	1,75
9	3-0	500	480	180,79	0,92	1,12
10	4-3	500	480	335,74	1,71	3,70
11	0-4	500	500	184,67	0,94	1,21
12	5-4	250	940	10,25	0,21	0,37
13	5-3	500	330	281,88	1,44	1,79
14	3-6	250	680	36,50	0,74	2,62
15	6-0	300	810	95,68	1,35	7,60
16	5-6	400	840	161,29	1,28	4,87
17	0-5	300	1010	84,63	1,20	7,44
18	0-5	300	410	40,13	0,57	0,76
19	5-8	250	830	20,97	0,43	1,17
20	6-7	250	680	-5,85	0,12	0,10
21	7-0	300	1040	53,33	0,75	3,25
22	8-7	300	910	51,17	0,72	2,64
23	0-8	250	310	24,60	0,50	0,58
24	0-8	200	1000	8,80	0,28	0,89
25	0-7	250	720	17,27	0,35	0,72

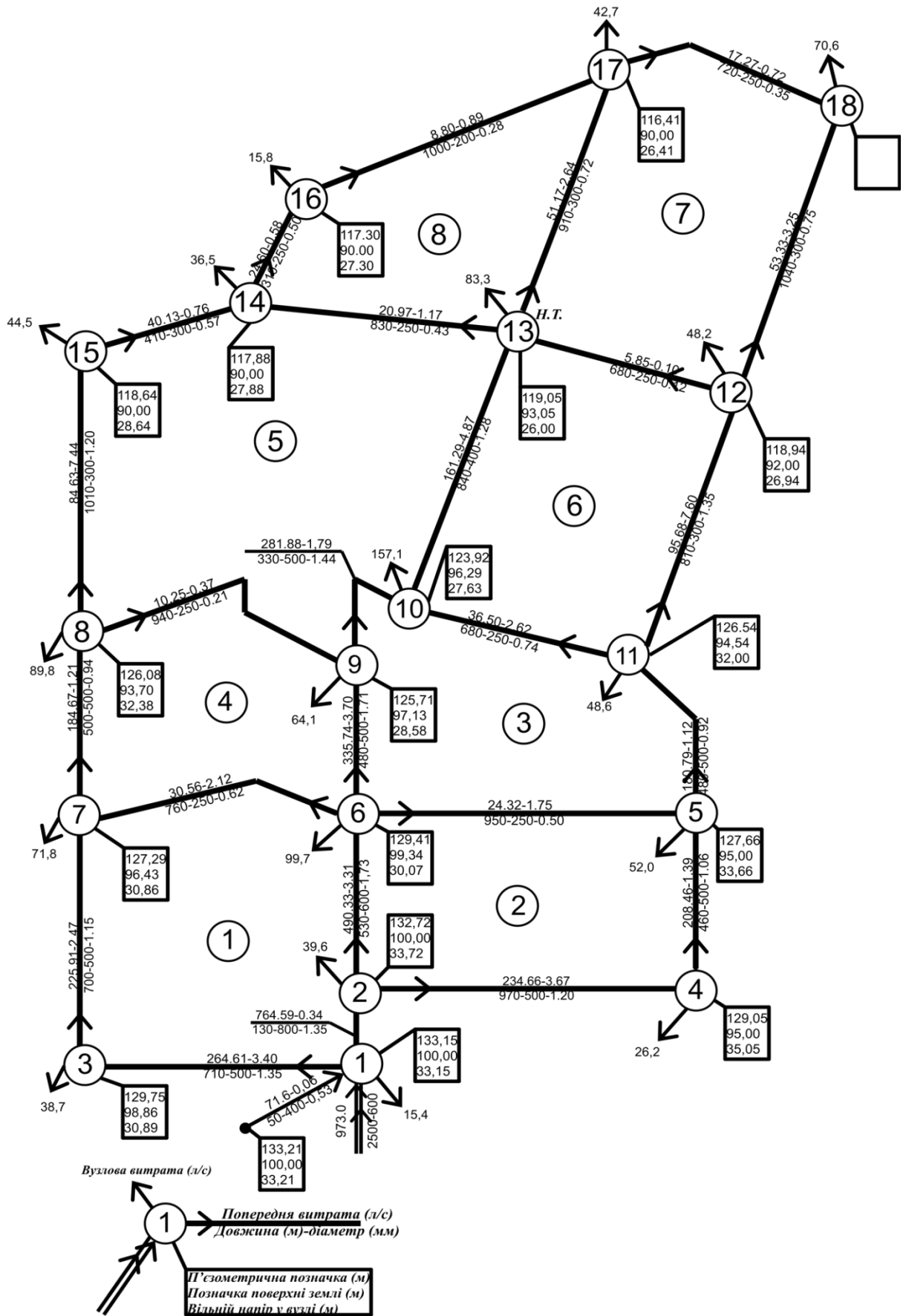


Рисунок 4.1 – П'єзометрична карта для режиму максимального водоспоживання.  
Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1

Таблиця 4.8 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	500	710	298,79	1,52	4,33
2	1-0	800	130	877,91	1,75	0,57
3	2-0	500	970	270,03	1,38	4,83
4	2-0	500	460	243,83	1,24	1,87
5	1-2	600	530	568,28	2,01	4,45
6	0-1	500	700	260,09	1,32	3,24
7	1-4	250	760	33,82	0,69	2,55
8	3-2	250	950	27,97	0,57	2,25
9	3-0	500	480	219,80	1,12	1,61
10	4-3	500	480	406,78	2,07	5,43
11	0-4	500	500	222,12	1,13	1,71
12	5-4	250	940	19,61	0,40	1,17
13	5-3	500	330	362,29	1,85	2,96
14	3-6	250	680	49,03	1,00	4,53
15	6-0	300	810	122,17	1,73	12,39
16	5-6	400	840	201,72	1,61	7,62
17	0-5	300	1010	112,71	1,59	13,15
18	0-5	300	410	68,21	0,96	2,02
19	5-8	250	830	37,76	0,77	3,41
20	6-7	250	680	-9,53	0,19	0,24
21	7-0	300	1040	83,50	1,18	7,48
22	8-7	300	910	71,13	1,01	4,85
23	0-8	250	310	24,47	0,50	0,58
24	0-8	200	1000	8,67	0,28	0,86
25	0-7	250	720	37,10	0,76	2,86

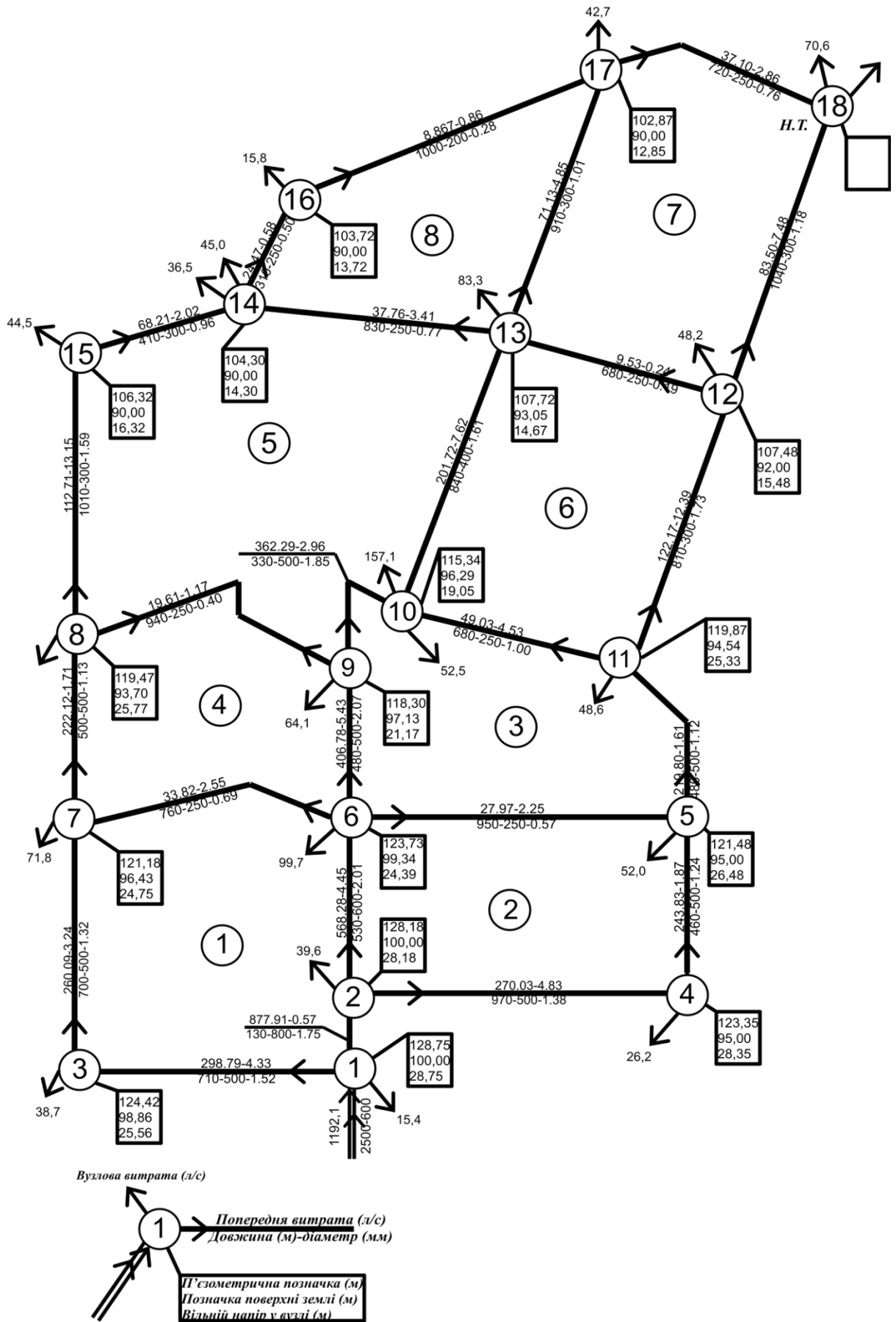


Рисунок 4.2– П'єзометрична карта для режиму максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1

Таблиця 4.9 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12.

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	34,13	1,09	7,39
2	1-0	200	130	22,07	0,70	0,60
3	0-2	200	970	21,71	0,69	4,37
4	0-2	250	460	47,91	0,98	2,93
5	1-2	150	530	4,18	0,24	0,51
6	1-0	150	700	4,57	0,26	0,78
7	1-4	250	760	51,24	1,04	5,50
8	2-3	300	950	89,60	1,27	7,81
9	0-3	500	480	189,51	0,97	1,22
10	3-4	250	480	57,16	1,16	4,26
11	4-0	200	500	25,13	0,80	2,95
12	4-5	300	940	83,80	1,19	6,80
13	3-5	400	330	205,06	1,63	3,10
14	3-6	600	680	305,62	1,08	1,68
15	0-6	250	810	57,23	1,17	7,20
16	6-5	250	840	56,54	1,15	7,30
17	5-0	200	1010	31,13	0,99	8,86
18	5-0	300	410	75,63	1,07	2,45
19	5-8	350	830	125,24	1,30	5,89
20	6-7	600	680	295,77	1,05	1,58
21	7-0	300	1040	85,30	1,21	7,75
22	8-7	200	910	30,68	0,98	7,77
23	0-8	150	310	13,11	0,74	2,32
24	8-0	150	1000	2,69	0,15	0,44
25	7-0	200	720	14,70	0,47	1,60

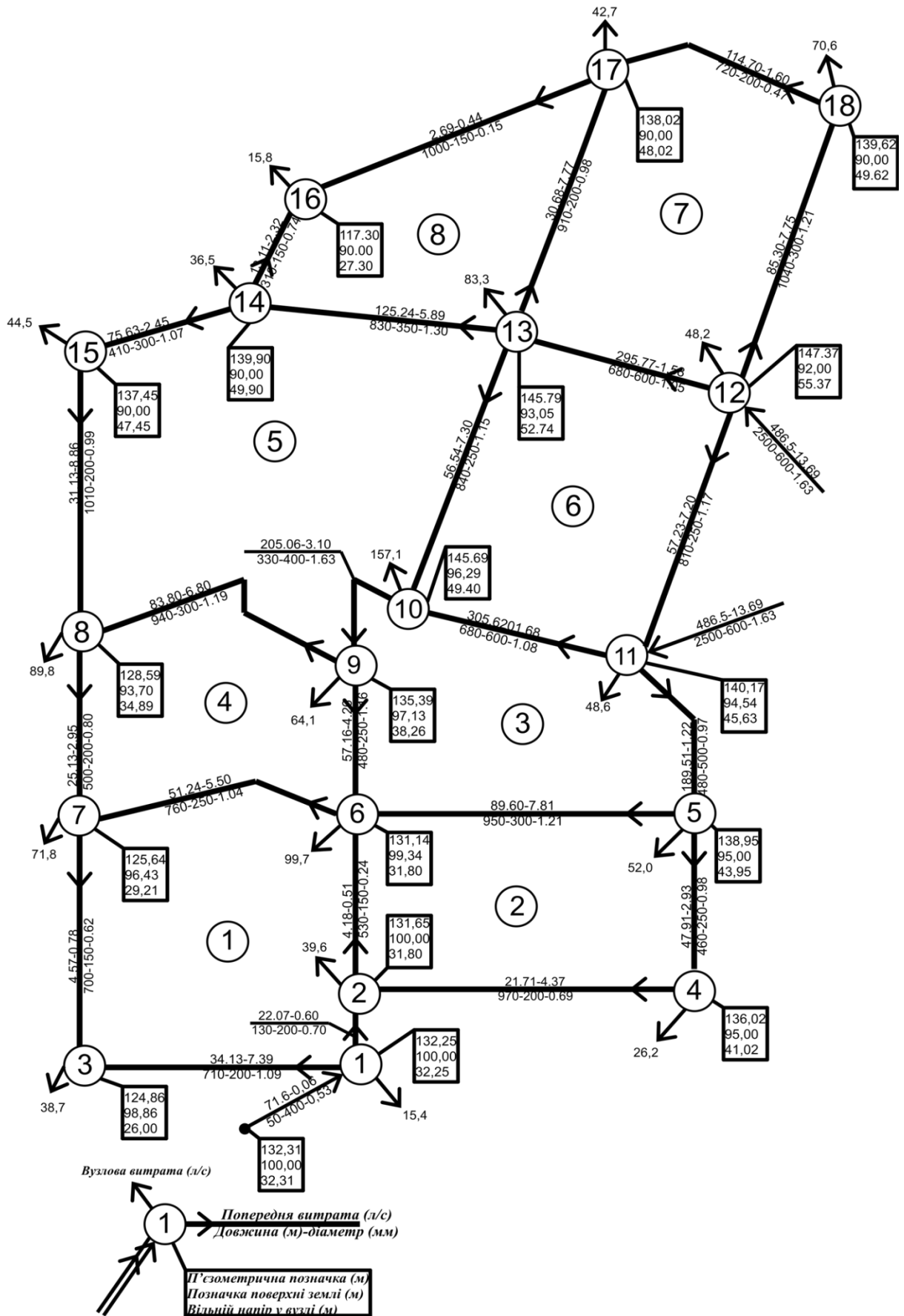


Рисунок 4.3– Гізометрична карта для режиму максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 та 12



Таблиця 4.10 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	34,86	1,11	7,69
2	1-0	200	130	21,34	0,68	0,57
3	0-2	200	970	22,78	0,73	4,78
4	0-2	250	460	48,98	1,00	3,06
5	1-2	150	530	4,52	0,26	0,58
6	1-0	150	700	3,84	0,22	0,57
7	1-4	250	760	53,57	1,09	5,97
8	2-3	300	950	92,98	1,32	8,42
9	0-3	500	480	193,96	0,99	1,27
10	3-4	250	480	55,77	1,14	4,07
11	4-0	200	500	22,07	0,70	2,32
12	4-5	300	940	89,49	1,27	7,71
13	3-5	400	330	209,36	1,67	3,23
14	3-6	600	680	368,01	1,30	2,40
15	0-6	250	810	50,32	1,03	5,66
16	6-5	250	840	50,95	1,04	6,01
17	5-0	200	1010	22,38	0,71	4,81
18	5-0	300	410	66,88	0,95	1,95
19	5-8	350	830	164,68	1,71	10,19
20	6-7	600	680	340,29	1,20	2,05
21	7-0	300	1040	121,44	1,72	15,71
22	8-7	200	910	41,36	1,32	13,68
23	0-8	150	310	16,31	0,92	3,46
24	8-0	150	1000	-0,51	0,03	0,02
25	7-0	200	720	0,84	0,03	0,01

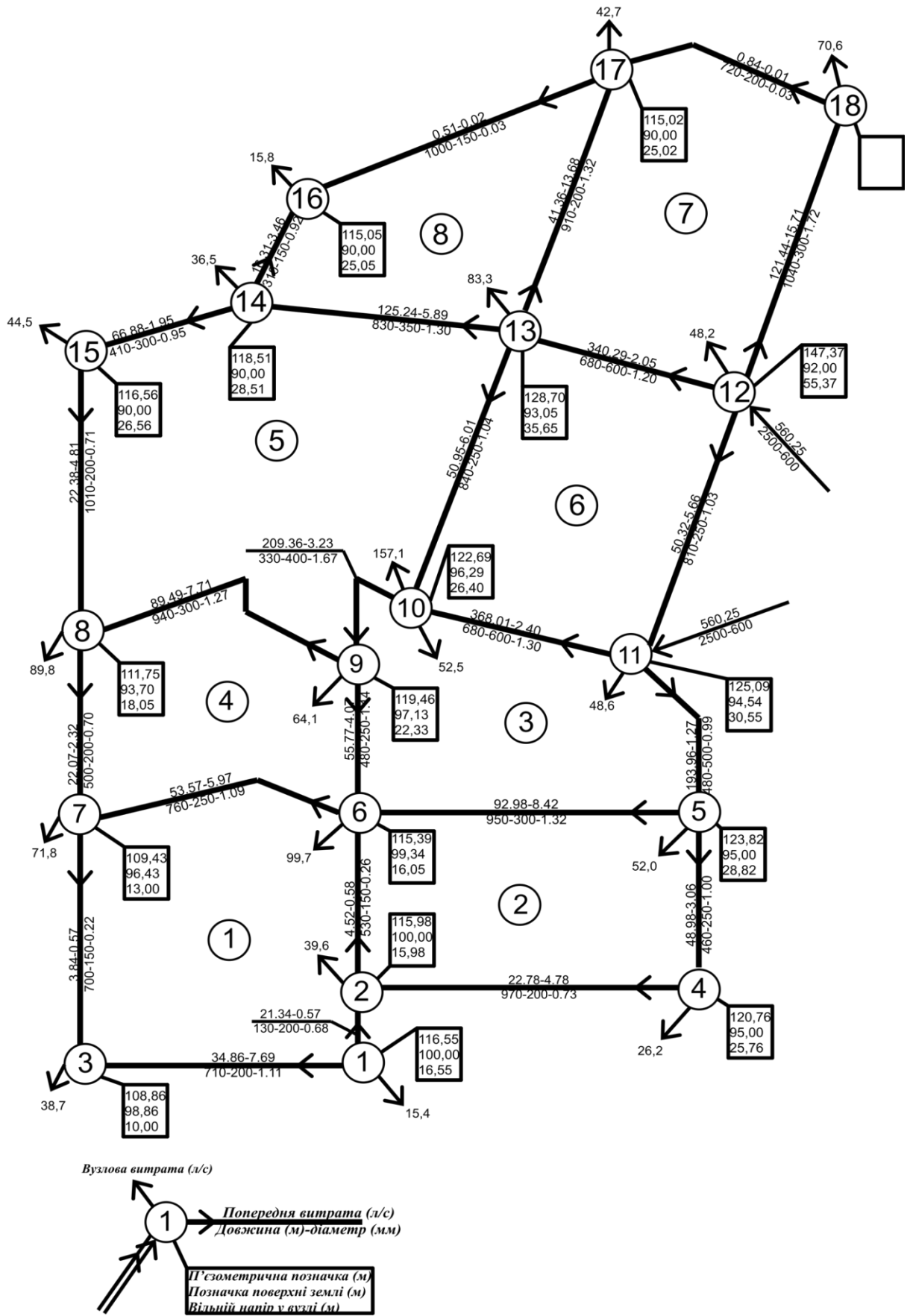


Рисунок 4.4– Гізометрична карта для режиму максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 та 12

Таблиця 4.11 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14.

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	27,61	0,88	4,98
2	1-0	200	130	28,59	0,91	0,97
3	2-0	150	970	10,02	0,57	4,43
4	0-2	200	460	16,18	0,51	1,21
5	2-1	200	530	21,03	0,67	2,25
6	1-0	200	700	11,09	0,35	0,94
7	1-4	200	760	27,60	0,88	5,33
8	3-2	200	950	24,81	0,79	5,47
9	0-3	250	480	43,37	0,88	2,55
10	3-4	400	480	173,13	1,38	3,21
11	4-0	250	500	55,29	1,13	4,17
12	4-5	250	940	40,40	0,82	4,37
13	3-5	500	330	277,63	1,41	1,74
14	6-3	200	680	36,13	1,15	7,78
15	0-6	250	810	55,85	1,14	6,88
16	6-5	600	840	470,86	1,67	4,84
17	5-0	300	1010	104,69	1,48	11,34
18	5-0	400	410	149,19	1,19	2,05
19	8-5	800	830	719,66	1,43	2,43
20	7-6	350	680	137,72	1,43	5,84
21	7-0	250	1040	33,67	0,69	3,46
22	8-7	200	910	27,78	0,88	6,46
23	0-8	300	310	67,65	0,96	1,50
24	0-8	250	1000	51,85	1,06	7,39
25	0-7	250	720	36,93	0,75	2,84

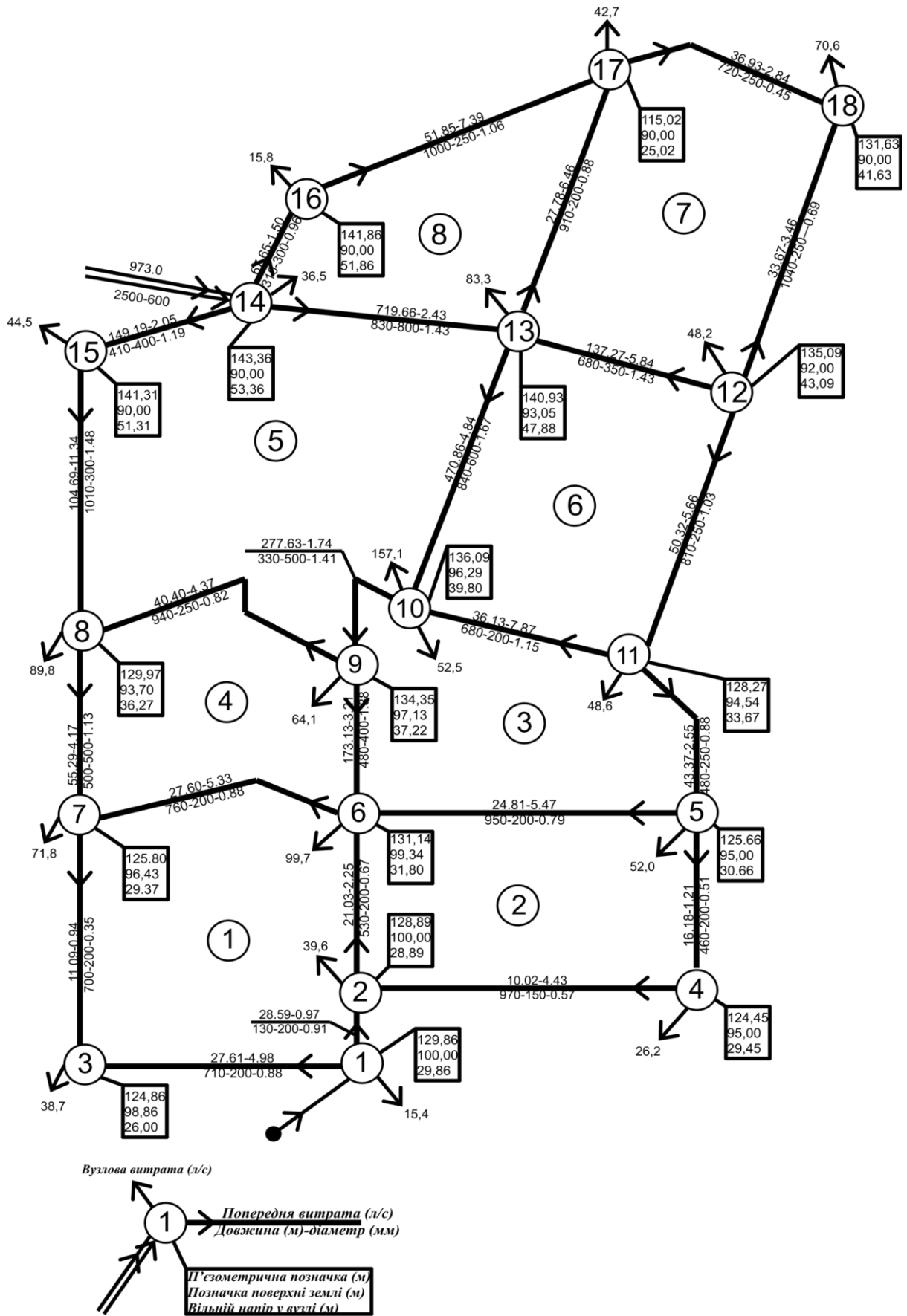


Рисунок 4.5– Піезометрична карта для режиму максимального водоспоживання.  
Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14

Таблиця 4.12 – Результати розрахунку магістральної водопровідної мережі для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14.

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	27,04	0,86	4,80
2	1-0	200	130	29,16	0,93	1,01
3	2-0	150	970	10,46	0,59	4,79
4	0-2	200	460	15,74	0,50	1,15
5	2-1	200	530	20,90	0,67	2,23
6	1-0	200	700	11,66	0,37	1,01
7	1-4	200	760	26,63	0,85	4,99
8	3-2	200	950	25,76	0,82	5,87
9	0-3	250	480	41,98	0,86	2,40
10	3-4	400	480	172,99	1,38	3,20
11	4-0	250	500	56,82	1,16	4,39
12	4-5	250	940	37,33	0,76	3,81
13	3-5	500	330	274,58	1,40	1,70
14	6-3	200	680	37,33	1,19	8,37
15	0-6	250	810	53,25	1,08	6,29
16	6-5	600	840	521,52	1,84	5,94
17	5-0	300	1010	109,13	1,54	12,33
18	5-0	400	410	153,63	1,22	2,16
19	8-5	800	830	803,21	1,60	3,03
20	7-6	350	680	161,45	1,68	8,02
21	7-0	250	1040	60,00	1,22	10,08
22	8-7	200	910	36,94	1,18	10,99
23	0-8	300	310	82,16	1,16	2,16
24	0-8	250	1000	66,36	1,35	11,86
25	0-7	250	720	60,60	1,23	7,12

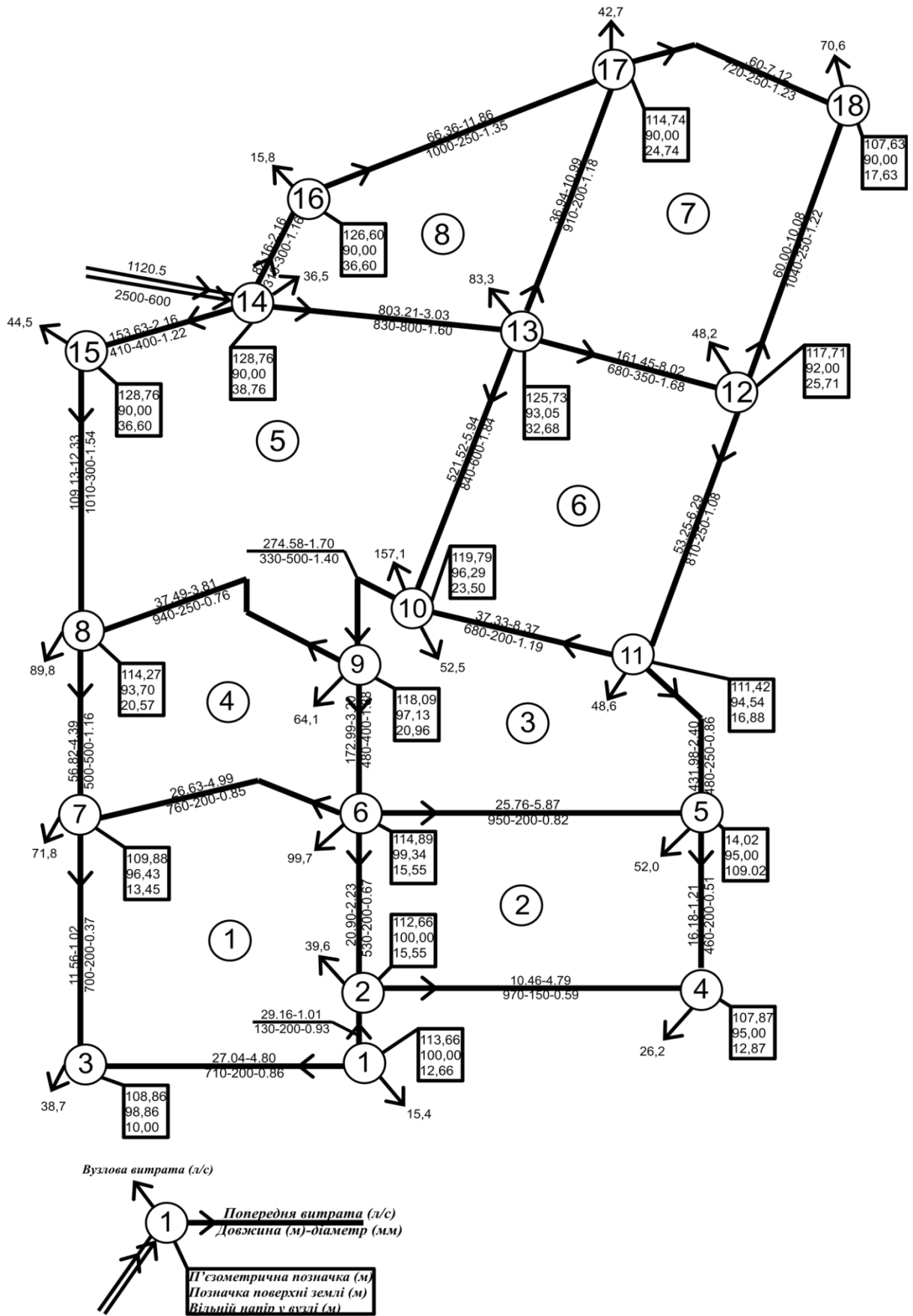


Рисунок 4.6 – Г'єзометрична карта для режиму максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14

### 4.3 Гідравлічний розрахунок мереж для різних умов живлення з урахуванням зміни пропускної здатності окремих ділянок

Визначення діаметрів проводили за допомогою ПК саме для години найбільшої витрати води. Програма розрахунку *diamkol*. Вихідними даними є: задані витрати на ділянках мережі, вузлові витрати, сумарна подача води до мережі. У розрахунку вибираються найекономічні діаметри ділянок мережі. Результати розрахунків у таблиці. 3.2 – 3.7 та на рис. 3.1 – 3.6 при нормальній роботі мережі.

Початковий розподіл потоку для різних варіантів електропостачання з урахуванням зміни опорів на деяких ділянках робився так само як і початковий розподіл потоку для різних варіантів електропостачання за нормальних умов водоспоживання. Зміну опору приймають рівним 10, 20, 30% від вихідного.

Області зміни опору:

- за варіантом А: 1-2-6-9-10-13-17;

- за варіантом Б: 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4.

Для розрахунку вибраний режим максимального водоспоживання.

Результати розподілу початкового потоку різних варіантів потужності з урахуванням зміни опору на деяких ділянках наведені в таблиці. 2.9-2.13.

Гідравлічне ув'язування мережі водопроводу на ПК ЕОМ для різних варіантів живлення з урахуванням зміни опорів на окремих ділянках виконували так само як і гідравлічне ув'язування водопровідної мережі для різних варіантів живлення при нормальних умовах експлуатації. Зміна опорів приймалась на 10, 20, 30% від вихідного. Напрямки зміни опорів:

- за варіантом А: 1-2-6-9-10-13-17;

- за варіантом Б: 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4.

Для розрахунку приймається режим максимального водоспоживання.

Результати розрахунків наведені в таблицях додатку А: табл. А.1- А.18 та на рис. А.1-А.18.

### 4.4 Розрахунок п'єзометричних позначок для різних умов живлення з урахуванням зміни пропускної здатності окремих ділянок

Розрахування позначок для різних варіантів живлення мережі при зміні опору окремих ділянок було проведено таким же чином, як і розрахунок п'єзометричних позначок для різних варіантів живлення мережі за нормальних умов водоспоживання. За режим розрахунку приймається режим подачі води до мережі за годину найбільшого водоспоживання. Розпочато з'ясування розрахункових п'єзометричних позначок, пошук несприятливого вузла мережі. Збитковим вузлом є такий вузол, для котрого необхідна максимальна п'єзометрична позначка у місці приєднання водопровідних труб до магістральної мережі.

П'єзометрична позначка у місці приєднання водопровідних труб (вузол 1):

$$\Pi_1 = z_i + H_{в\ потр\ i} + \Sigma h_{i-1}, \quad (4.2)$$

де  $z_i$  - абсолютна позначка землі  $i$ -ого вузла магістральної мережі;

$H_{в\ потр\ i}$  - необхідний мінімальний напір в  $i$ -ому вузлі магістральної мережі;

$\Sigma h_{i-1}$  - сумарні втрати напору на шляху від  $i$ -ого вузла до точки підключення водоводів (вузол 1).

$$H_{в\ потр\ i} = 6 + 4n, \quad (4.3)$$

де  $n$  - кількість поверхів у будинках розглянутого району.

Підрахунок зведений в табл. 2.38 – для режиму подачі води до мережі в годину найбільшого водоспоживання (точка приєднання водопроводів до мережі у вузлі 1) та табл. 2.39 - для режиму подачі води в мережу за годину найбільшого водоспоживання під час пожежі (точка приєднання водопровідних труб до мережі у вузлі 1).

Для режиму подачі води в мережу в годину найбільшого водоспоживання (точка приєднання водопроводів до мережі у вузлі 1) несприятливим вузлом буде вузол 13, для режиму подачі води в мережу в годину найбільшого водоспоживання при пожежі (точка приєднання водопровідних труб до мережі в вузлі 1) - вузол 18

Необхідні п'єзометричні розмітки у вузлах магістральної мережі:

$$\Pi_i = H_{в\ потр\ i} + z_i, \quad (4.4)$$

У разі пожежі потрібний тиск у несприятливому вузлі мережі  $H_{в\ потр\ i} = 10$  м.

Результатом є значення фактичних вільних напорів у вузлах мережі, а також їх фактичні п'єзометричні позначки. Одержані вільні напори у вузлах водопровідної мережі не нижчі від потрібних і не вище 0,6 МПа.

Так само робляться розрахунки п'єзометричних позначок для інших варіантів потужності мережі за нормальних умов водоспоживання. Результати розрахунків зведено до таблиці. 2,40 – 2,43. Графічно показані результати розрахунків на рис. 2.7-2.12.

Висота стовбуру водонапірної вежі:

$$H_6 = \Pi_1 + h_6 - z_6, \quad (4.5)$$

Де  $\Pi_1$  - п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів від башти до мережі  
 $\Pi_1 = 133,15$  м

$H_6$  - втрати напору у водоводах від башти до мережі, м

$Z_6$  - абсолютна позначка землі в місці установки башти,  $Z_6 = 100,00$  м.

Втрати напору у водоводах визначаються за формулою:

$$h = 1,5 * i * l$$



При витраті води 71,6 л/с, за таблицями [5]  $i=0,00111$ , швидкість 0,53 м/с.

$$h = 1,15 * 0,00111 * 50 = 0,06 \text{ м}$$

$$H_g = 133,15 + 0,06 - 100,00 = 41,22 \text{ м}$$

Результати наведені в таблицях додатку Б: табл. Б.1– Б.24

## РОЗДІЛ 5 АНАЛІЗ РЕЖИМІВ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ. ВИБІР НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ

### 5.1 Визначення параметрів роботи насосної станції

#### 5.1.1 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів

За категорією забезпеченості подачі води проектувана система водопостачання відноситься до першої категорії надійності [2]. Відповідно до п. 1.6 даного проекту приймається двоступінчастий режим роботи насосної станції. Подача на першій та другій ступені становить відповідно:  $Q - 1173,72 \text{ м}^3 \text{ год}$ ,  $Q = 3502,64 \text{ м}^3/\text{год}$ .

Розрахункова витрата кожного з всмоктувальних водоводів:

$$Q_{\text{вс.в}} = Q_{\text{макс.н.с}} / (n_{\text{вс}} - 1), \quad (5.1)$$

де  $Q_{\text{макс.н.с}}$  - максимальна подача насосної станції,  $\text{м}^3/\text{год}$ ;  
 $n_{\text{вс}}$  - кількість всмоктувальних водоводів.  $n_{\text{вс}}=2$ .

$$Q_{\text{вс.в}} = 3502,64 / (2-1) = 3502,64 \text{ м}^3/\text{год} = 973,0 \text{ л/с}.$$

З урахуванням вимог [2] по таблицях [5] до проектування прийняті сталеві електрозварні труби діаметром  $D_{\text{вс}} = 800 \text{ мм}$ ;  $v = 1,91 \text{ м/с}$ ;

Число напірних водоводів від насосної станції також дорівнює двом.

Розрахункова витрата кожного з них:

$$Q_{\text{н.в}} = Q_{\text{макс.н.с}} / n_{\text{н}} \quad (5.2)$$

де  $n_{\text{н}}$  - число напірних водоводів,  $n_{\text{н}} = 2$ .

$$Q_{\text{н.в}} = 3502,64 / 2 = 1751,32 \text{ м}^3/\text{год} = 486,5 \text{ л/с}.$$

До проектування прийняті два сталевих напірних водовода  $D_{\text{н}} = 600 \text{ мм}$ ,  $v = 1,63 \text{ м/с}$ .

### 5.1.2 Визначення розрахункового напору насосів

Необхідний напір насосів насосної станції другого підйому :

$$H_p = H_{\text{геом}} + h_K + h_B + h_3, \quad (5.3)$$

де  $H_{\text{геом}}$  - геометрична висота підйому ,

$h_K$  - сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних комунікаціях насосної станції , прийняті для режиму максимального водоспоживання

$h_K = 1,5$  м ; для режиму пожежі в годину максимального водоспоживання

$h_K = 2,0$  М;

$h_{н.в}$  - втрати напору в напірних водоводах при максимальній подач насосної станції, м

$h_3$  - запас на вилив з напірного трубопроводу,  $h_3 = 1,0$  м .

$$H_{\text{геом}} = P_K - z_i$$

де  $P_K$  - п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі,

$P_K = 133,15$  м;

$z_i$  - абсолютна розрахункова позначка в резервуарі чистої води , по [2, п. 7.4] :  $z_i = 79,6$  м.

$$H_{\text{геом}} = 133,15 - 79,6 = 53,55 \text{ м.}$$

$$h_{н.в} = 1,15 * \delta * S_0 * l * Q^2, \quad (5.4)$$

де  $\delta$  - коефіцієнт , що враховує неквадратичність залежності втрат напору в трубопроводах від витрати [5, табл. 3];

$S_0$  – питомий опір труб [5, табл. 3];

$l$  – довжина водоводів,  $l = 2500$ м;

$Q$  – витрата по водоводу, м<sup>3</sup>/с.

Втрати напору у водоводах визначаються для кожного ступеню роботи насосної станції

$$h_{н.в I} = 1,15 * 1,067 * 0,01859 * 2500 * 0,163^2 = 1,52 \text{ м,}$$

$$h_{н.в II} = 1,15 * 0,964 * 0,01859 * 2500 * 0,4865^2 = 12,19 \text{ м,}$$

$$H_{p I} = 53,55 + 1,0 + 1,52 + 1,0 = 57,07 \text{ м,}$$

$$H_{p II} = 53,55 + 1,5 + 12,19 + 1,0 = 68,24 \text{ м.}$$

По визначеним вище витраті і напору приймаються насоси відцентрованої марки Д1250-65 [7]. На першому ступені роботи насосної станції прийнято що працює один насос, на другій - паралельно працюючому підключається ще два насоси тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів - три, резервних, згідно (2) два.

Загальна кількість насосів марки Д1250-65 на насосній станції другого підйому дорівнює п'яти.

Тип комплектуючого електродвигуна - А4-45ОУ - 6У3 [7] . Розрахункова подача насосної станції при пожежі:

$$Q_{\text{пож.н.с}}^I = Q_{\text{н.с}} + Q_{\text{п}} , \quad (5.5)$$

Де  $Q_{\text{н.с}}$  - розрахункова секундна подача насосної станції в годину максимального водоспоживання, л/с ;

$Q_{\text{пож}}$  - розрахункова витрата на пожежогасіння,  $Q_{\text{пож}} = 147,5$  л/с. і.

$$Q_{\text{пож.н.с}}^I = 973,0 + 147,5 = 1120,5 \text{ л/с} = 4033,8 \text{ м}^3/\text{с} .$$

Необхідний напір насосів при пожежі:

$$H_{\text{пож}} = \Pi_1 + h - z_p , \quad (5.6)$$

$\Pi_1$  - п'єзометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі при пожежі,

$\Pi_1 = 128,75$  м;

$h$  - сумарні втрати напору в усмоктувальним і напірних водоводах;

$z_p$  - абсолютна позначка дна РЧВ,  $z_p = 78,85$  м;

$$h_{\text{н.в іі пож}} = 1,15 * 0,955 * 0,01859 * 2500 * 0,56025^2 = 16,02 \text{ м},$$

$$H_{\text{п}} = 128,75 + 16,02 - 78,85 = 65,92 \text{ м}.$$

Отриманий напір  $H_{\text{п}} < H_{\text{р}}$ , значить необхідна витрата  $Q_{\text{пож н.с}}^I$  і напір будуть забезпечуватися основною групою насосів за рахунок зниження напорів мережі, але не менш 10 м.

### 5.1.3 Аналіз роботи насосів і уточнення їхніх робочих характеристик

Характеристика водоводів розраховується для двох розрахункових випадків:

$$H_i = (S_K + 1,15 * \delta * S_O * 1) * Q^2 + H_i , \quad (5.7)$$

де  $S_K$  - опір у комунікаціях насосної станції :

$$S_K = h_K / Q^2 , \quad (5.8)$$

де  $Q$  - розрахункова витрата,  $\text{м}^3/\text{с}$  .

Розрахункові режими забезпечуються [8]:

- на першій ступені: одним насосом марки Д1250-65 з регулюванням подачі засувкою на напірному трубопроводі;
- на другій ступені: групою із трьох паралельно працюючих насосів тієї ж марки без регулювання подачі.

- У випадку пожежі в годину максимального водоспоживання в мережу може бути подана розрахункова витрата  $Q_{\text{п}} = 1120,5$  л/с і напір  $H = 65,92$  м за рахунок зниження напору в мережі .

Глибний насос, установлений у дренажному приямку типу ЕПЗ-10-16 , з характеристиками:

$$Q = 10 \text{ м}^3/\text{год}, H = 14-16 \text{ м}, N = 1,5 \text{ кВт}.$$

Для осушення машинного залу у випадку його затоплення при виході з насоса, запірної арматури або трубопроводу, для спорожнювання всмоктувальних водоводів у випадку їх ремонту передбачені аварійні насоси.

Продуктивність насоса :

$$Q_{\text{ав}} = 0,5 * F / 3,6 * t , \quad (4.21)$$

$Q_{\text{ав}}$  - продуктивність аварійного насоса, л/с;

$F$  - площа машинного залу,  $\text{м}^2$ ;

$t$  - час відкачки в годинниках,  $t = 2$  години.

$$Q_{\text{ав}} = 0,5 * 360 / 3,6 * 2 = 25 \text{ л/с} .$$

До установки прийнятий насос консольний К 90/45 [9]. Один робочий та один резервний, який зберігається на складі.

Для ремонту і обслуговування технологічного устаткування і арматури в насосній станції передбачена кран-балка електрична вантажопідйомністю 5 т.

Для обліку витрати води , що надходить у міську мережу, передбачені в колодязях на трубопроводах від насосної станції витратоміри - лічильники ультразвукові [10].

Для забезпечення нормальної роботи насосних агрегатів установлені напірні арматури. Тип запірних арматур обраний з урахуванням проектного ступеня автоматизації насосної станції - повна , механізована. На всмоктувальних трубопроводах (  $p_{\text{в}} = 0,25 \text{ МПа}$  ) установлені засувки клинові з висувним шпинделем (30ч930брМ) з електроприводом [10] :  $D_y = 800$  мм,  $1000$  мм,  $H = 2200$  мм,  $m = 2880$  кг. і засувки з електроприводом паралельні фланцеві (30ч915бр) з невисувним шпинделем:  $D_y = 600$  мм,  $L = 800$  мм,  $H = 1700$  мм,  $m = 1233$  кг .

На напірних трубопроводах (  $p_{\text{в}} = 1 \text{ МПа}$  ) установлені засувки паралельні фланцеві з невисувним шпинделем (30ч915бр із електроприводом):  $D_y = 600$  мм,  $L = 800$  мм,  $H = 1700$  мм,  $m = 1233$  кг і  $D_y = 500$  мм,  $L = 700$  мм,  $H = 1700$  мм,  $m = 899$  кг.

Для запобігання зворотного струму води на напірних трубопроводах передбачені клапани зворотні ненаголошені фланцеві (19ч16р5):  $D_y = 500$  мм,  $L = 700$  мм ,  $m = 151$  кг.

## 5.2 Вибір насосного обладнання для різних умов живлення

Розглядаються варіанти живлення мережі за умови підключення водоводів у вузол 14. Геометрична висота підйому:

$$H_{\text{геом}} = \Pi_K - z_I$$

де  $\Pi_K$  - п'езометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі,

$$\Pi_K = 143,36 \text{ м};$$

$z_i$  - абсолютна розрахункова позначка в резервуарі чистої води, по [2, п. 7.4]:  $z_I = 79,6 \text{ м}$ .

$$H_{\text{геом}} = 143,36 - 79,6 = 63,76 \text{ м}.$$

Втрати напорів у водоводах будуть такими, як і за умови живлення мережі у вузол 1. Тоді напори насосів на першому та другому ступені роботи насосної станції складатимуть:

$$H_{pI} = 63,76 + 1,0 + 1,52 + 1,0 = 68,3 \text{ м},$$

$$H_{pII} = 63,76 + 1,5 + 12,19 + 1,0 = 78,4 \text{ м}.$$

Для забезпечення напорів необхідно встановити насоси: на першій ступені роботи насосної станції прийнято що працює один насос, на другій - паралельно працюючому підключається ще один насос тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів – два, резервних два []. Загальна кількість насосів марки Д1600-90 на насосній станції другого підйому дорівнює чотирьом.

Розглядається варіант живлення мережі за умови підключення водоводів у вузли 11 та 12.

$$\text{У вузлі 11: } H_{\text{геом}} = 140,17 - 79,6 = 60,57 \text{ м};$$

$$h_{н.вI} = 1,15 * 1,067 * 0,04692 * 2500 * 0,0815^2 = 0,95 \text{ м},$$

$$h_{н.вII} = 1,15 * 0,964 * 0,04692 * 2500 * 0,243^2 = 8,5 \text{ м},$$

$$H_{pI} = 60,57 + 1,0 + 0,95 + 1,0 = 63,5 \text{ м},$$

$$H_{pII} = 60,57 + 1,5 + 8,5 + 1,0 = 71,5 \text{ м}.$$

$$\text{У вузлі 12: } H_{\text{геом}} = 147,37 - 79,6 = 67,77 \text{ м};$$

$$H_{pI} = 67,77 + 1,0 + 0,95 + 1,0 = 70,7 \text{ м},$$

$$H_{pII} = 67,77 + 1,5 + 8,5 + 1,0 = 78,8 \text{ м}.$$

За умови живлення мережі у двох вузлах треба будувати дві насосні станції. Кожна з яких повинна бути укомплектована насосним обладнанням типу 630-90 :для забезпечення напорів необхідно встановити насоси: на першій ступені роботи прийнято, що працює один насос, на другій - паралельно працюючому підключається ще один насос тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів – два, резервних два []. Загальна кількість насосів марки Д6302-90 на кожній насосній станції другого підйому дорівнює чотирьом.

## РОЗДІЛ 6

### ОХОРОНА ПРАЦІ ТА ТЕХНОГЕННА БЕЗПЕКА

#### 6.1 Характеристика потенційних небезпечних та шкідливих виробничих факторів на водопровідній насосній станції

У будівлях технічного призначення з водопостачання не має цілком незагрозливих процесів виробництва. Мета охорони праці полягає в тому, щоб забезпечити мінімізацію ураження та можливість захворювання співробітника, а також організувати комфортні умови за високою продуктивністю праці.

У магістерській роботі представлений проект насосної станції II підйому з корисною продуктивністю 96500 м<sup>3</sup>/доб, яка призначена для того, щоб подавати воду водоспоживачам. Станція II підйому відноситься до I категорії надійності та займається подачею чистої води у мережу з резервуарів.

Вміст машинного залу – це 5 насосів марки Д 500-65. Перший рівень має 2 насоси, до яких підключається ще один з другого рівню. Також, є ще 2 насоса тієї ж марки в резерві. Шахта має власну витяжну вентиляцію, яка допомагає забезпечувати робочу зону повітрям відповідним нормативним вимогам.

Найважливішим об'єктом у системі водопостачання та водовідведення є Водопровідна насосна станція (ВНС). Вона є акумулятором для багатьох загрозливих виробничих факторів. За системою стандартів безпеки праці [21], на ВНС є такі ознаки небезпеки та шкідливі чинники:

- рухомі елементи устаткування – вали електродвигунів і насосів, вантажопідйомні крани;
- падаючі предмети та інструменти - обслуговування обладнання на висоті;
- небезпечний рівень напруги в електричному ланцюзі, замикання в якому може відбутися через тіло людини, електророзподільні пристрої, електродвигуни;
- знижена температура повітря у виробничих приміщеннях;
- підвищена вологість повітря у виробничих приміщеннях;
- підвищений рівень шуму і вібрацій (в машинних залах, в приміщеннях і спорудах з встановленим технологічним устаткуванням);
- недостатня освітленість робочої зони;

## 6.2 Заходи з поліпшення умов праці

Водопровідна насосна станція має упорядковану, огорожену територію, яка також освітлена зовнішньо. Безпечним доступом забезпечені усі споруди, не тільки в умовах нормативної експлуатації, а ще й у разі інциденту, такого як затоплення чи занесення снігом.

Відкриті драбини слугують виходами з будівель та сполучають заглиблені та наземні приміщення. Ці драбини мають бути не менше 0,7м та мати кут нахилу не більше 45 градусів, але приміщення довжиною 12м та менше можуть мати нахил не більше 60 градусів.

Робочі проходи, які розташовані на висоті 0,8м над підлогою, а також майданчики для обслуговування ємностей мають бути шириною не менше 0,6м. Вони повністю безпечні та захищені на висоту 1м та зашити знизу на висоту 0,1м.

Від виступаючих конструкцій перекриття до підлоги висота приміщення повинна бути не менше 2,2 м. 2 м – це найменша можлива висота для приміщень з обладнанням та з частинами комунікацій, які виступають, для місць з великою прохідністю людей. А ширина цих приміщень має складати не менше 1 метру, коридор повинен бути мінімум 1,4м, щодо дверей – 0,8м, а сходи та майданчики – 1,05м.

Якщо висота агрегату і електропривода у насосній станції більша за 1,4 метри, то забезпечено майданчики, мости або можливість розширити фундамент для нормального обслуговування з огорожею.

Нерухомі виступаючі частини устаткування мають таку ширину проходів:

- 1м для агрегатів з електродвигунами, які мають напругу до 1000В
- 1,2м – напруга більше 1000В
- 0,7м , якщо агрегат поряд зі стінкою в шахтної станції
- 1м – інакші станції
- 1,5м – повинно бути між компресорами
- 2м – перед розподільчим щитом
- 0,7м – має бути поміж нерухомих виступаючих частин обладнання

Правила технічної експлуатації систем водопостачання забезпечують надійну роботу та використання насосних станцій, а також ремонтні та аварійні роботи.

Працівникам категорично забороняється знімати усі захисні пристрої , використовувати факели, як метод освітлення, намагатися ремонтувати устаткування в час роботи, а також вручну призупиняти рух насосних агрегатів.

При будь-яких ремонтних роботах з агрегатами, обладнання повинно бути повністю знеструмлене, також повинні бути проведені обов'язкові заходи забезпечуючи неможливість мимовільного пуску, для застереження – є плакати.

Перед тим, як запустити агрегат, черговий машиніст повинен переконатися і бути впевненим у тому, що всі частини та запобіжні пристрої працюють справно, якщо виявлено несправність - про це записується в оперативний журнал.

### 6.3 Виробнича санітарія

ВНС оснащена природнім та штучним освітленням для належного рівня освітлення. Отвори в зовнішніх стінах передбачені саме для природнього освітлення(бічного) за вимогами [22], то ж ми маємо такий коефіцієнт  $\%КЕО=1,15$ .

Водопровідна насосна станція передбачає такі значення у висвітленні:

- 50лк- якщо періодично спостерігати за процесом виробництва
- 6 лк- для доприміщень
- 200лк- для здравпунктів
- 75лк- для гардеробів
- 50лк- для душових
- 300лк- для панелі з приладами

Проходи мають значення аварійного освітлення – 0,5-1лк.

В холодні сезони для підтримання потрібної температури приміщень , такої як  $+18^{\circ}\text{C}$ , є тупикова однотрубна система опалювання.

Насосні агрегати – це джерела шуму та вібрацій, які призводять до негативного впливу на здоров'я, посилюють втому та знижують працездатність робітника, через це працівники можуть травмуватися та припускатися похибок в роботі .

Знизити шум на робочому місці можна дотримуючись таких заходів:

- Використовувати устаткування з найменшими показниками шумових характеристик
- Проводити своєчасно профремонт та обслуговування обладнання
- Дистанційно керувати агрегатами
- Використовувати звукопоглинаючі та відображаючі матеріали, такі як штукатурка, пінопласт, гіпс, деревина та пориста цегла
- Екрани і кабіни повинні бути звукоізолювані

Також можуть бути забезпечені медико-профілактичні заходи, такі як:

- Навушники (<95дБА)
- Шлемофон (<120дБА)
- Біруши, які можуть зменшити рівень шуму на 10-15дБА



Знизити вібрації в стаціонарному обладнанні можна виконуючи такі технологічні заходи:

- Удосконалити конструкції обладнання і проводити своєчасні профремонти
- Використовувати віброізоляцію

Таблиця 6.1 – Санітарні норми мікроклімату [23]

Період року	Категорія робіт	Температура, °С				Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с		
		Оптимальна	Допустима		Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних		
			Верхня межа	Нижня межа						
			На робочих місцях							
		Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних					
Холодний	Середньої важкості II-б	7-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0
Теплий	Середньої важкості II-б	0-22	27	29	16	15	40-60	70 (при 25°С)	0,3	0,2-0,5

Дивлячись на те, що роботу робітників обслуговуючих устаткування зараховують до робіт середньої тяжкості (категорії 2б), то межі параметрів мікроклімату мають бути такими: 21°С-температура, до 75% - вологість, до 0,4м/с – швидкість руху повітря.

#### 6.4 Пожежна безпека

Мета та цілі пожежної безпеки обговорюються та приймаються ще в момент проектування, будівництва та експлуатації будівель та споруд. Це, зазвичай, комплекс профзаходів, який попереджує пожежі, мінімізує ризик розповсюдження вогню, забезпечує умови для щонайшвидшої евакуації людей і матеріальних цінностей, а ще створює умови для пожежної охорони.

Вогнегасники є заходом протипожежної безпеки., та повинні бути у наявності:

- Пінні та водні вогнегасники 10л. -1од
- Порошкові вогнегасники 5л -2од

Будинки та споруди мають бути забезпечені бочками для зберігання води та пожежним відром, для пожежогасіння згідно з ДЕСТ 12.4.009-83 місткість цих бочок повинна бути не менше  $0,2 \text{ м}^3$ , а пожежного відра не менше  $0,008 \text{ м}^3$ .

Розрахунок встановлення пожежних стендів є таким – 1 стенд на площу до  $5000 \text{ м}^2$ . Укомплектування засобів пожежогасіння повинно бути таким:

- 3 вогнегасники
- 1 ящик з піском
- 1 покривало з негорючого теплоізоляційного матеріалу теплоізоляції або з повсті розміром до  $2 \times 2 \text{ м}$
- 2 ломи
- 3 багри
- 2 сокири
- 2 лопати

Місткість ящиків для піску –  $0,5 \text{ м}^3$ ;  $1,0 \text{ м}^3$ ;  $3,0 \text{ м}^3$  і до ящиків повинна йти у комплекті совкова лопата.

#### 6.5 Засоби індивідуального захисту

Працівники, що обслуговують агрегати та устаткування з обертаючимися елементами мають бути у спецодязі (жінки – у комбінезонах або брюках).

Кожного тижня має проводитися дезінфікація та прання спецодязі робітників, що знаходяться у контакті зі стічною рідиною і сміттям.

Робітники ВНС забезпечені таким спецодязом:

- Костюмом з бавовни
- Рукавицями з бавовни
- Кирзовими черевиками
- Гумовими рукавицями
- Спеціальним взуттям
- Ватною курткою

А також у кожного має бути черговий комплект діелектричних рукавиць у 2 од. Також, працівникам видають чергові гомові чоботи -1од, черговий прогумлений плащ – 1 од.

Заглушки, протиповітряні навушники, маски або тампони зі стерилізованої вати – слугують як захист від шуму.

## ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

1. Результат аналізу нормативів, розробок у сфері будівництва водопровідних мереж підтверджує, що у державних будівельних нормах, регламентах роботи диспетчерських служб не враховують зміни гідравлічних умов роботи мережі для оптимізації розподілу потоків при експлуатації та проектуванні мереж.
2. Встановлено зростання гідравлічного опору сталевих і чавунних труб з часом. Інтенсивність утворення нальоту в сталевих трубах значно вище, ніж у чавунних: коефіцієнт втрати напору зростає на 40-60% в середньому за 5 років.
3. Результат аналізу гідравлічних режимів роботи мережи за різними варіантами її живлення показує, що найбільш оптимальним варіантом є підключення водоводів до мережі у вузол з найбільшою геодезичною позначкою, так за результатами проведеного дослідження, це вузол 1.
4. Результати дослідження впливу пропускної здатності ділянок на вузлові тиски показали:
  - на розподіл тисків найбільший вплив чинить зміна пропускної здатності ділянок, розташованих на центральному магістральному напрямку руху води: для вузла живлення №1 – це напрямок 1-2; для вузла живлення №14 – це напрямок ;
  - найбільша зона недостатнього напору при зміні пропускної здатності ділянок спостерігатиметься за умови живлення мережі у вузлі №14 – до 12 вузлів з максимальним недостатнім напором у 25 м;
  - найбільша зона надмірних напорів при зміні пропускної здатності ділянок спостерігатиметься за умови живлення мережі у вузлах №11-12 – до 11 вузлів з максимальним надмірним напором у 25 м.
5. Моделювання ситуацій, зумовлених зміною гідравлічних умов роботи водопровідних мереж на етапі їх проектування забезпечує оптимізацію роботи мережі під час її експлуатації, визначення місць для обладнання вузлів регулювання тиску в мережі.

**ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ**

1. Бука Є. Р., Добровольська О. Г. Про вплив рельєфу місцевості на динаміку вузлових напорів. Матеріали I Всеукр. наук.-практ. конф. здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», 19-21 жовтня 2021 року. ІННІ ім Ю.М. Потебні ЗНУ. Запоріжжя: ЗНУ. 2021 р. С.272 -273.
  2. Водовідведення та очистка стічних вод міста. Курсове і дипломне проектування. Приклади та розрахунки: Навчальний посібник / О. А. Василенко, С. М. Епоян та ін. Київ-Харків, КНУБА, ХНУБА, ТО Ексклюзив, 2012, 540 с.
  3. Водопостачання та очистка природних вод: навчальний посібник С. М.Епоян, В. Д.Колотило та ін. Харків: Фактор, 2010, 192 с.
  4. ГОСТ 12.1.005-88 Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони. [Чинний від 2019-04-26 по 2022-01-01]. URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=6264](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6264). (дата звернення: 23.11. 2020).
- 
5. Грабовський П. О., Ларкіна Г. М., Прогульний В. І., Карпов І. П. Зниження собівартості водопровідної води. Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки: Науково-технічний збірник. Випуск 27. К.: КНУБА, 2016. С. 99–105 с.
  6. ДБН 2.5-28:2018. Природне і штучне освітлення. [Чинний від 2019-03-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2018. 135 с. URL : [https://ledeffect.com.ua/images/\\_\\_\\_branding/dbn2018.pdf](https://ledeffect.com.ua/images/___branding/dbn2018.pdf) (дата звернення: 23.11. 2020).
  7. ДБН В.2.5 – 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01] Вид. офіц. Київ: Мінрегіон України, 2013. 172 с. URL : [www.minregion.gov.ua/.../DBN\\_V.2.5-74\\_2013](http://www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013) (дата звернення: 15.09. 2019).

8. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. Частина 1. Проектування. Частина 2. Будівництво. [Чинний від 2013-03-01]. Вид.офіц. Київ: Мінрегіонбуд України, 2013.
9. Добровольська О., Бука Є. Р. Аналіз гідравлічних характеристик водопровідної мережі з урахуванням умов її живлення. Актуальні проблеми, пріоритетні напрямки та стратегії розвитку України: тези доповідей III Міжнародної науково-практичної онлайн-конференції, м. Київ, 13 жовтня 2021 року – Київ : ІТТА, 2021. С. 1424–1427. URL: [https://itta.org.ua/wp-content/uploads/2021/10/%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96\\_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B8\\_%D0%BF%D1%80%D1%96%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%96\\_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%](https://itta.org.ua/wp-content/uploads/2021/10/%D0%90%D0%BA%D1%82%D1%83%D0%B0%D0%BB%D1%8C%D0%BD%D1%96_%D0%BF%D1%80%D0%BE%D0%B1%D0%BB%D0%B5%D0%BC%D0%B8_%D0%BF%D1%80%D1%96%D0%BE%D1%80%D0%B8%D1%82%D0%B5%D1%82%D0%BD%D1%96_%D0%BD%D0%B0%D0%BF%D1%80%D1%8F%D0%BC%)
10. Добровольська О., Бука Є. Р. Вплив структури розташування споживачів на вузлові напори у водопровідній мережі. Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «МОЛОДА НАУКА-2022» Запоріжжя : ЗНУ, 2022. Т. V С. 144–145. URL: [https://web.znu.edu.ua/NIS//2022/tom\\_5.pdf](https://web.znu.edu.ua/NIS//2022/tom_5.pdf).
11. Добровольська О., Бука Є. Р. Про вплив гідравлічних характеристик водопровідної мережі на якість водозабезпечення. Матеріали IV Міжнародної науково-практичної конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг» 20-22 жовтня 2021 року Львів : Національний університет «Львівська політехніка, 2021. С. 53–54. URL: [https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2021/nov/25211/zbirnyktez\\_2021.pdf](https://science.lpnu.ua/sites/default/files/attachments/2021/nov/25211/zbirnyktez_2021.pdf).
12. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. URL : [http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id\\_doc=51051](http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51051)
- 
13. ДСТУ 7525:2014 Національний стандарт України. Вода питна. Вимоги та контролювання якості. [Чинний від 2015-02-01] Вид. офіц. Київ: Міністерство економічного розвитку України, 2014. 26 с. URL : [www.http://iccwc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf) (дата звернення: 28.09. 2019).

14. Закон України «Про місцеве самоврядування в Україні». Відомості Верховної Ради України (ВВР), 1997, № 24, ст.170.  
URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/280/97%D0%B2%D1%80#Text>.
15. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14#Text>.
16. Закон України Про Загальнодержавну цільову програму "Питна вода України" на 2011-2020 роки. Відомості Верховної Ради України (ВВР), 2005, № 15, ст.243. URL : <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2455-15#Text>.
17. Матеріали Міжнародної науково-практичної конференції «Перспективи сталого розвитку в умовах глобалізації в економічному, управлінському та інженерному аспектах» / за ред. Макаренка А. П., Меліхової Т. О. Запорізький національний університет. Запоріжжя: ЗНУ, 2022
18. Міські інженерні мережі та споруди: підручник: А. М. Тугай та ін. Київ: КНУБА, 2016. 288 с.
19. Наказ Міністерства з питань житлово-комунального господарства України від 23.12.2011 № 476 «Про затвердження Методичних рекомендацій з розробки схем оптимізації роботи систем централізованого водопостачання та водовідведення». URL : <https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0476738-10#Text>.
20. Орлов В. О., В. Шадура О., Назаров С. М. Інтенсифікація та реконструкція систем водопостачання: навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2013. 265 с.
21. Петросов В. А. Устойчивость водоснабжения / В. А. Петросов. – Х.: Фактор, 2007. – 360 с.
22. Системи водовідведення: навч. посіб./ М. Гіроль, Б. Охримюк, Г. Собчук, Г. Лагуд. Рівне : НУВГП, 2011, 444 с.
23. Ткачук О. А. , В. Шадура О. Водопровідні мережі. Рівне : НУВГП, 2010, 146 с.
24. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі: навчальний посібник. Рівне: НУВГП, 2015, 412 с.
25. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі і розподілення води населених пунктів / О. А. Ткачук. – Рівне: НУВГП, 2008. – 301с.

- 26.Ткачук О. А., В. Шадура О. “Водопровідні мережі” навчальний посібник, Рівне: НУВГП 2010. – 143 с.
- 27.Ткачук О. А., Косінов В. П., Новицька О. С. Системи подачі та розподілення води населених пунктів: навчальний посібник. – Рівне: НУВГП, 2011. 273 с.
- 28.Хоружий П. Д., Шарков М. В. Реконструкция систем водоснабжения: Расчет и проектирование. – К.: Будівельник, 1983. – 144с.
- 29.Шадура В. О., Кравченко Н. В. “Водопостачання та водовідведення” навчальний посібник, Рівне: НУВГП 2018. – 343 с.
- 30.Шевелев Ф. А., Шевелев А. Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб: Справ.пособие. М. : Стройиздат, 1984. 116с.
31. Water Hammer Arresters. Standart PDI-WH 201. Revised 2017. The plumbing and drainage institute. Copyright, 2017. 36 p.

**ДОДАТОК А. Результати гідравлічного розрахунку при зміні пропускної здатності ділянок**

Таблиця А.1 4.13 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	500	710	290,20	1,48	4,09
2	1-0	720	130	739,00	1,82	0,70
3	2-0	500	970	260,66	1,33	4,50
4	2-0	500	460	234,46	1,19	1,74
5	1-2	540	530	438,74	1,92	4,64
6	0-1	500	700	251,50	1,28	3,03
7	1-4	250	760	27,71	0,56	1,77
8	3-2	250	950	23,19	0,47	1,60
9	3-0	500	480	205,65	1,05	1,42
10	4-3	450	480	288,14	1,81	4,76
11	0-4	500	500	207,41	1,06	1,50
12	5-4	250	940	22,37	0,46	1,49
13	5-3	450	330	246,41	1,55	2,39
14	3-6	250	680	46,66	0,95	4,13
15	6-0	300	810	110,39	1,56	10,11
16	5-6	360	840	135,97	1,34	6,05
17	0-5	300	1010	95,23	1,35	9,39
18	0-5	300	410	50,73	0,72	1,17
19	5-8	250	830	14,69	0,30	0,62
20	6-7	250	680	4,80	0,10	0,07
21	7-0	300	1040	57,39	0,81	3,72
22	8-7	270	910	42,79	0,75	3,21
23	0-8	250	310	28,92	0,59	0,78
24	0-8	200	1000	13,12	0,42	1,81
25	0-7	250	720	13,21	0,27	0,44



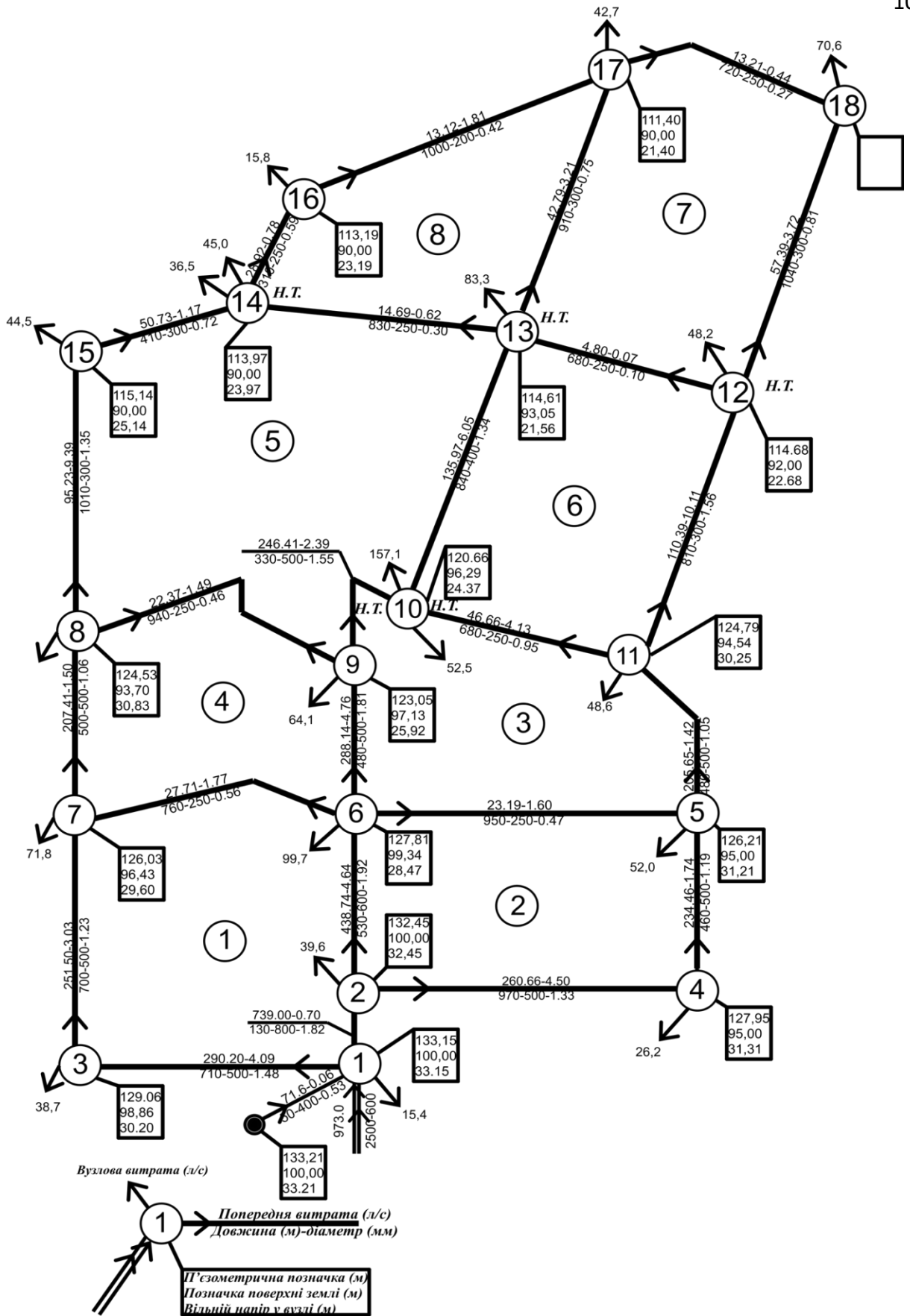


Рисунок А.1 4.7 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Таблиця А.2 4.14 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	500	710	320,39	1,63	4,98
2	1-0	640	130	708,81	2,20	1,21
3	2-0	500	970	289,69	1,48	5,56
4	2-0	500	460	263,49	1,34	2,18
5	1-2	480	530	379,53	2,10	6,48
6	0-1	500	700	281,69	1,43	3,80
7	1-4	250	760	21,21	0,43	1,09
8	3-2	250	950	20,36	0,41	1,27
9	3-0	500	480	231,85	1,18	1,77
10	4-3	400	480	238,26	1,90	6,08
11	0-4	500	500	231,09	1,18	1,84
12	5-4	250	940	33,79	0,69	3,15
13	5-3	400	330	207,95	1,65	3,18
14	3-6	250	680	58,09	1,18	6,22
15	6-0	300	810	125,16	1,77	13,00
16	5-6	320	840	108,93	1,35	7,25
17	0-5	300	1010	107,50	1,52	11,96
18	0-5	300	410	63,00	0,89	1,74
19	5-8	250	830	5,70	0,12	0,12
20	6-7	250	680	14,05	0,29	0,47
21	7-0	300	1040	62,92	0,89	4,41
22	8-7	240	910	33,98	0,75	3,77
23	0-8	250	310	32,20	0,66	0,95
24	0-8	200	1000	16,40	0,52	2,70
25	0-7	250	720	7,68	0,16	0,17

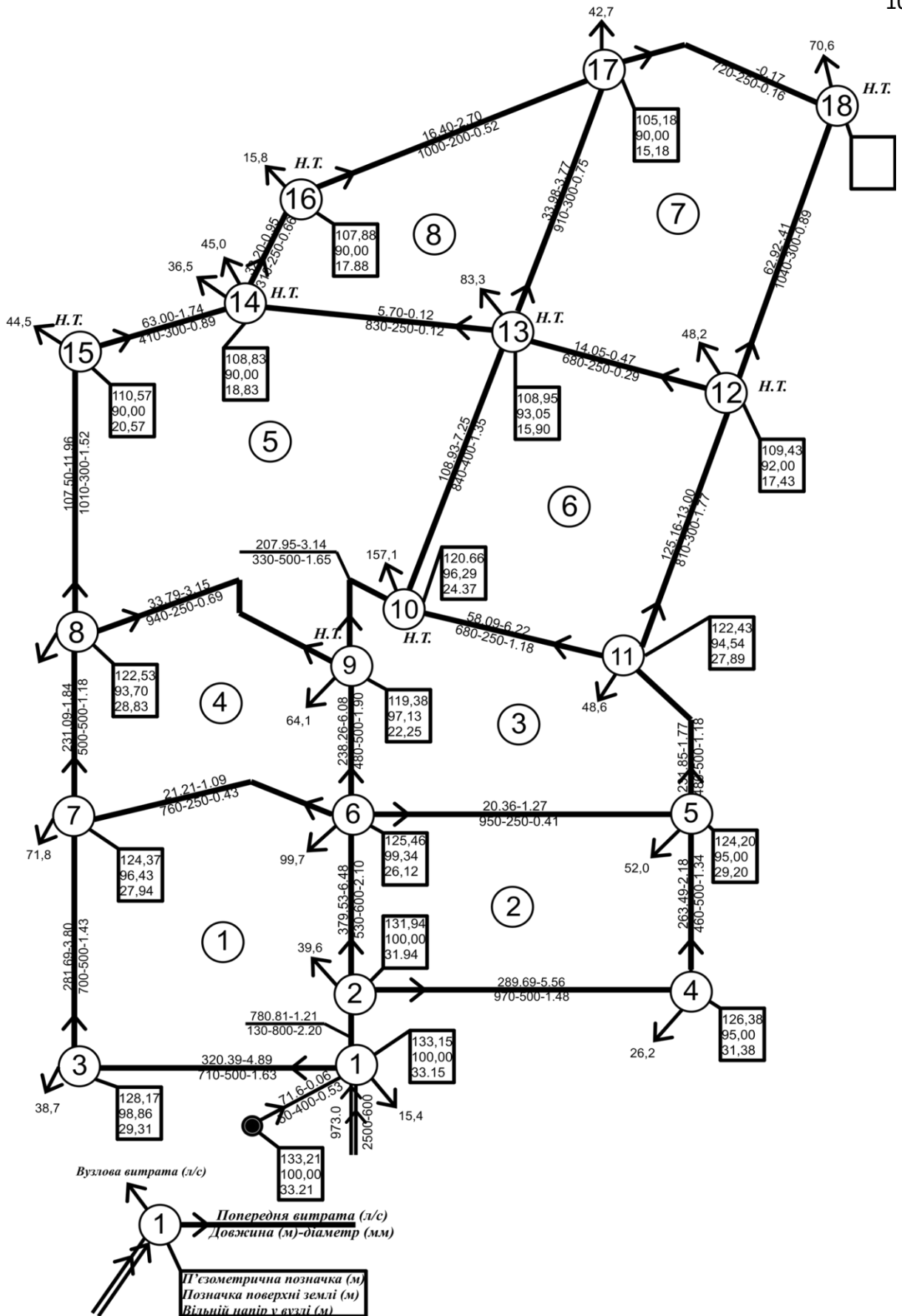


Рисунок А.2 4.8 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Таблиця А.3 4.15 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	500	710	358,61	1,83	6,24
2	1-0	560	130	670,59	2672	2,19
3	2-0	500	970	320,79	1,63	6,82
4	2-0	500	460	294,59	1,50	2,73
5	1-2	420	530	310,20	2,24	8,78
6	0-1	500	700	319,91	1,63	4,90
7	1-4	250	760	7,25	0,15	0,16
8	3-2	250	950	15,38	0,31	0,77
9	3-0	500	480	257,97	1,31	2,18
10	4-3	350	480	187,87	1,95	7,67
11	0-4	500	500	255,36	1,30	2,23
12	5-4	250	940	44,72	0,91	5,28
13	5-3	350	330	168,48	1,75	4,24
14	3-6	250	680	69,93	1,42	8,96
15	6-0	300	810	139,44	1,97	16,14
16	5-6	280	840	81,31	1,32	8,20
17	0-5	300	1010	120,85	1,71	15,11
18	0-5	300	410	76,35	1,08	2,49
19	5-8	250	830	-5,63	0,11	0,12
20	6-7	250	680	21,72	0,44	1,02
21	7-0	300	1040	69,52	0,98	5,31
22	8-7	210	910	25,37	0,73	4,28
23	0-8	250	310	34,21	0,70	1,06
24	0-8	200	1000	18,41	0,59	3,34
25	0-7	250	720	1,08	0,02	0,01

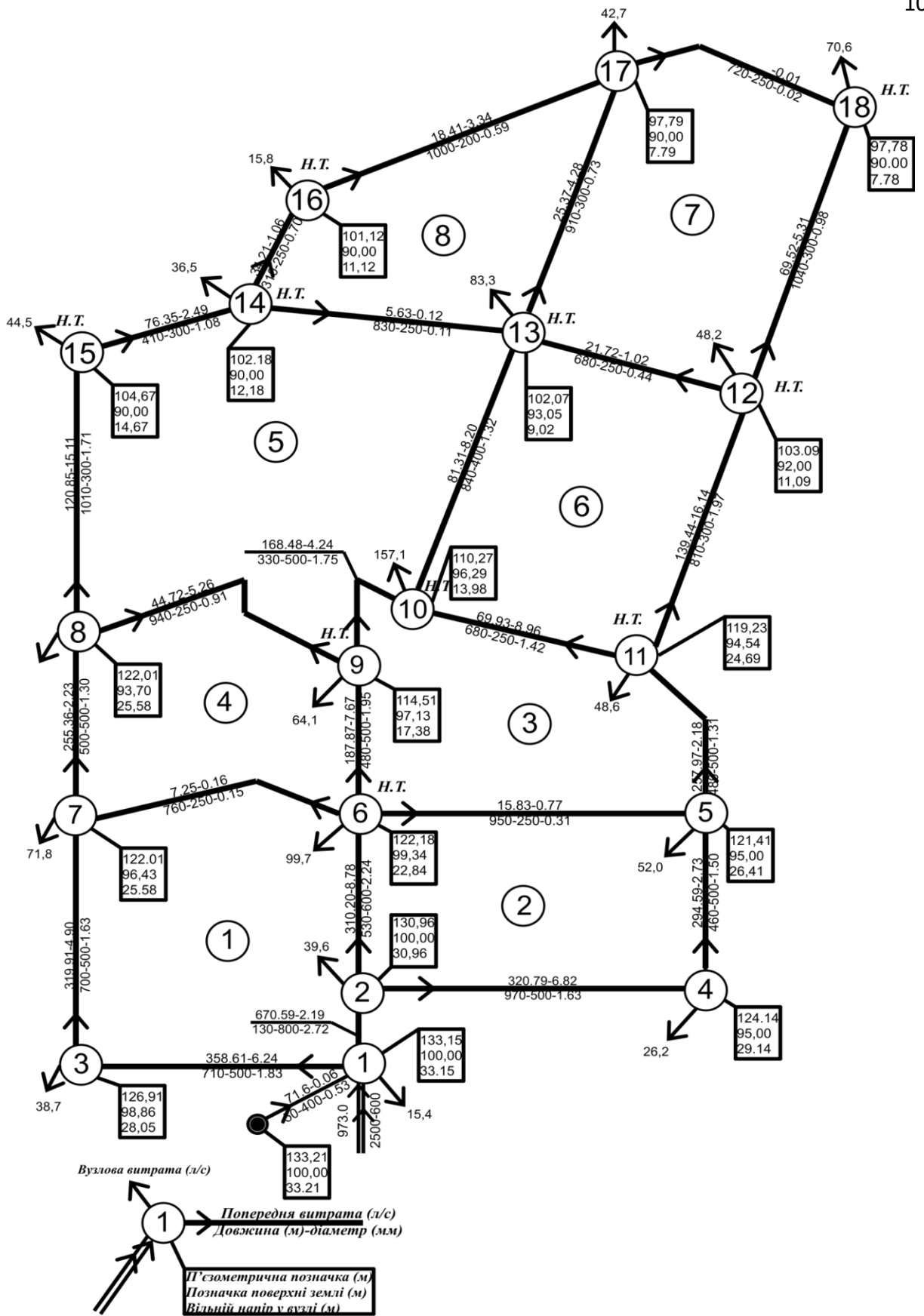


Рисунок А.3 4.9 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Таблиця А.4 4.16 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	450	710	229,89	1,45	4,48
2	1-0	800	130	799,31	1,59	0,47
3	2-0	500	970	226,32	1,15	3,43
4	2-0	450	460	200,12	1,26	2,20
5	1-2	600	530	533,39	1,89	3,92
6	0-1	450	700	191,19	1,20	3,06
7	1-4	250	760	37,93	0,77	3,15
8	3-2	250	950	24,01	0,49	1,71
9	3-0	450	480	172,12	1,08	1,73
10	4-3	500	480	371,75	1,89	4,53
11	0-4	450	500	157,32	0,99	1,52
12	5-4	250	940	-5,76	0,12	0,14
13	5-3	500	330	301,89	1,54	2,06
14	3-6	250	680	40,32	0,82	3,15
15	6-0	270	810	83,20	1,45	10,04
16	5-6	400	840	182,11	1,47	6,42
17	0-5	270	1010	73,29	1,28	9,72
18	0-5	270	410	28,79	0,50	0,70
19	5-8	250	830	28,80	0,59	2,08
20	6-7	250	680	-14,10	0,29	0,47
21	7-0	270	1040	49,11	0,86	4,72
22	8-7	300	910	58,90	0,83	3,42
23	0-8	225	310	21,09	0,53	0,74
24	0-8	180	1000	5,29	0,21	0,60
25	0-7	225	720	21,49	0,54	1,78

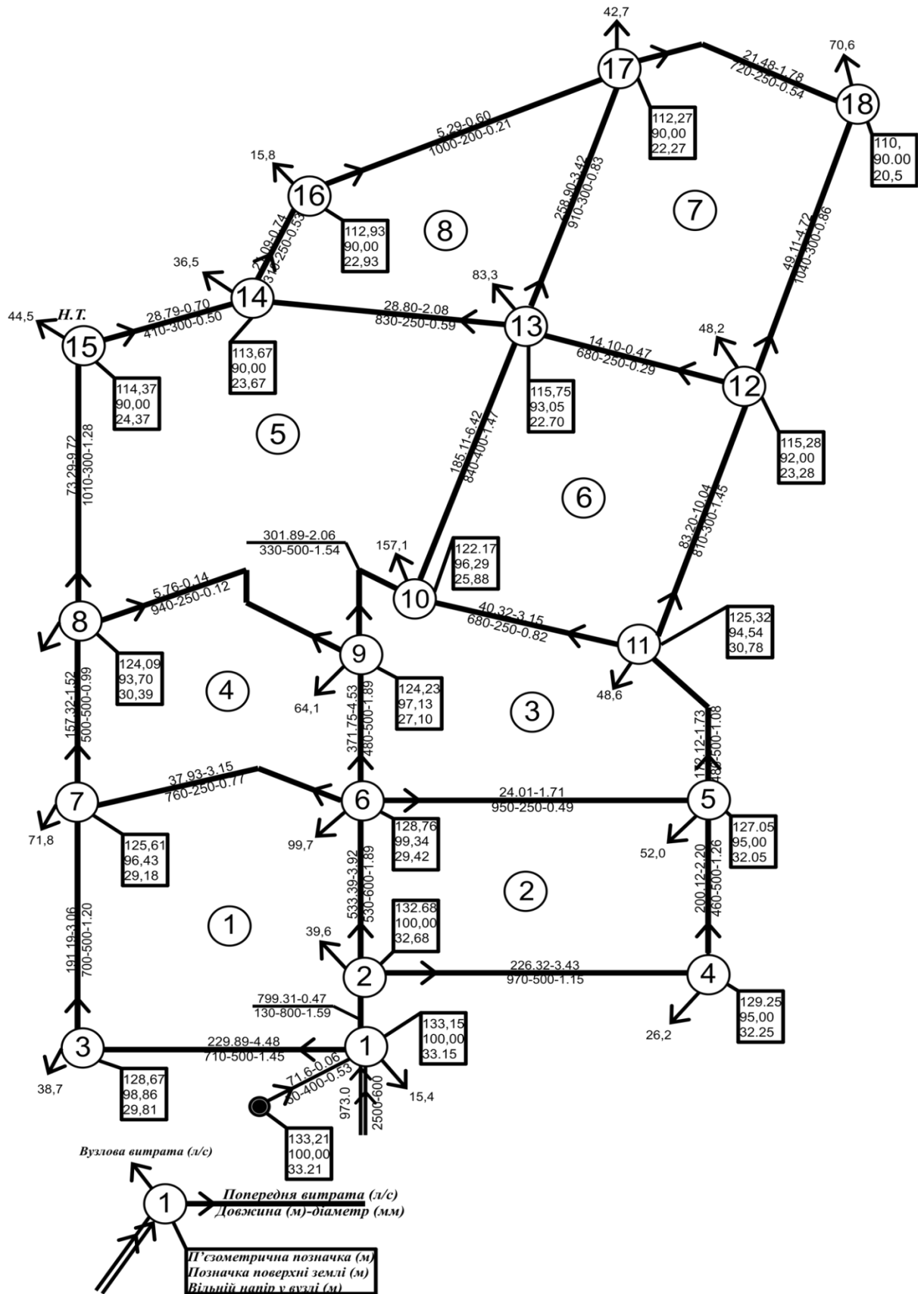


Рисунок А.4 4.10 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Таблиця А.5 4.17 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	400	710	195,19	1,55	6,03
2	1-0	800	130	834,01	1,66	0,51
3	2-0	500	970	211,99	1,08	3,03
4	2-0	400	460	185,79	1,48	3,54
5	1-2	600	530	582,42	2,06	4,68
6	0-1	400	700	156,49	1,25	3,82
7	1-4	250	760	46,94	0,96	4,67
8	3-2	250	950	25,46	0,52	1,90
9	3-0	400	480	159,25	1,27	2,72
10	4-3	500	480	410,32	2,09	5,52
11	0-4	400	500	131,63	1,05	1,98
12	5-4	250	940	-19,09	0,39	1,12
13	5-3	500	330	327,13	1,67	2,41
14	3-6	250	680	41,48	0,85	3,32
15	6-0	240	810	96,17	1,53	12,96
16	5-6	400	840	211,51	1,68	8,38
17	0-5	240	1010	60,92	1,35	12,53
18	0-5	240	410	16,42	0,36	0,45
19	5-8	250	830	37,16	0,76	3,31
20	6-7	250	680	-24,35	0,50	1,25
21	7-0	240	1040	45,32	1,00	7,34
22	8-7	300	910	66,70	0,94	4,30
23	0-8	200	310	17,08	0,54	0,90
24	0-8	160	1000	1,28	0,06	0,09
25	0-7	200	720	25,28	0,80	4,30



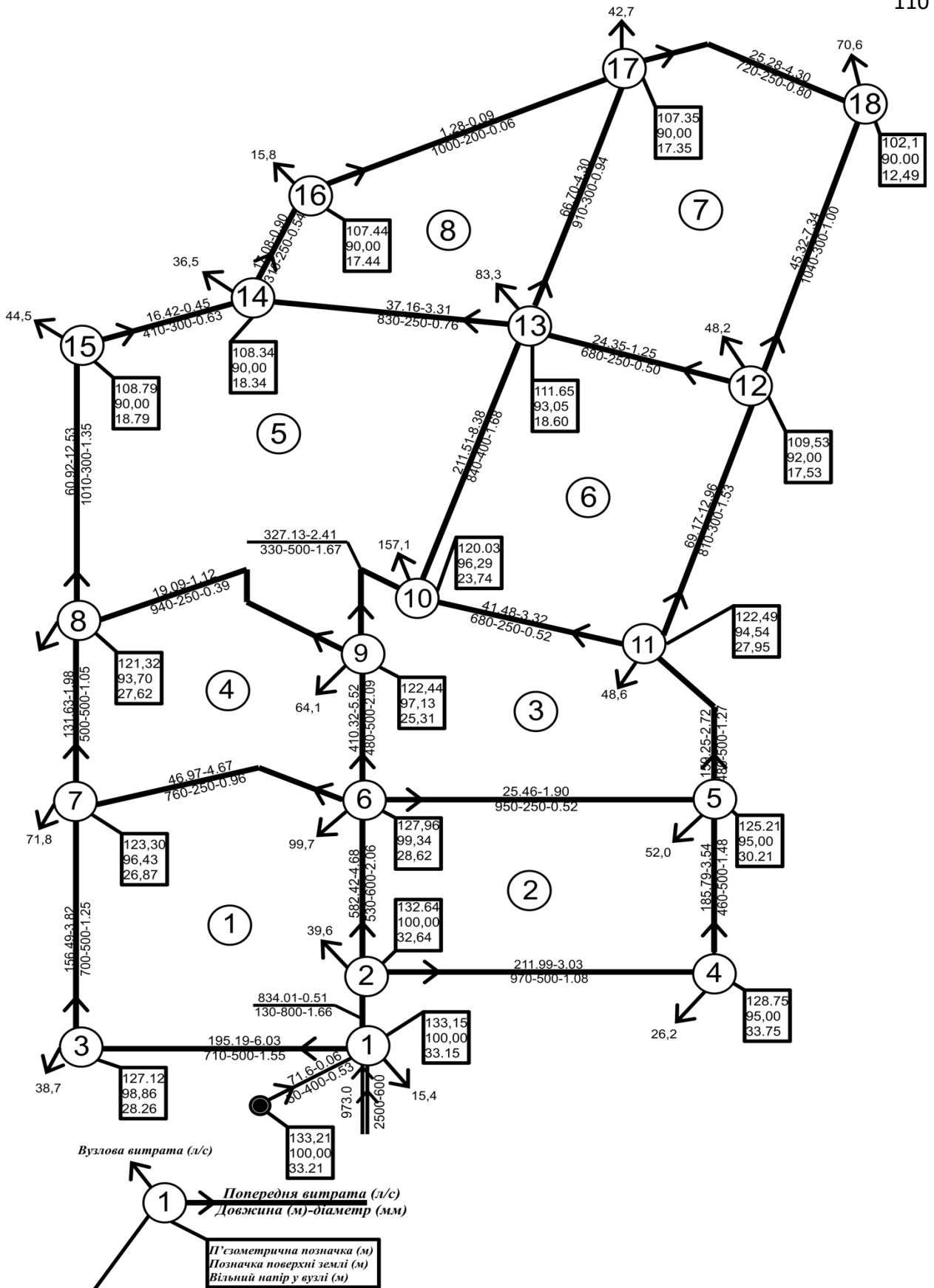


Рисунок А.5 4.11 – Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Таблиця А.6 4.18 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	350	710	160,31	1,67	8,26
2	1-0	800	130	868,89	1,73	0,56
3	2-0	500	970	190,12	0,97	2,48
4	2-0	350	460	163,92	1,70	5,59
5	1-2	600	530	639,18	2,26	5,63
6	0-1	350	700	121,61	1,26	4,69
7	1-4	250	760	57,23	1,17	6,76
8	3-2	250	950	29,22	0,60	2,44
9	3-0	350	480	141,14	1,47	4,33
10	4-3	500	480	453,02	2,31	6,73
11	0-4	350	500	107,04	1,11	2,63
12	5-4	250	940	-30,76	0,63	2,65
13	5-3	500	330	358,16	1,82	2,89
14	3-6	250	680	38,24	0,78	2,86
15	6-0	210	810	54,30	1,57	16,20
16	5-6	400	840	239,30	1,90	10,73
17	0-5	210	1010	48,00	1,39	15,79
18	0-5	210	410	3,50	0,10	0,06
19	5-8	250	830	45,83	0,93	4,88
20	6-7	250	680	-36,43	0,74	2,62
21	7-0	210	1040	42,53	1,23	12,76
22	8-7	300	910	73,74	1,04	5,18
23	0-8	175	310	12,83	0,53	1,04
24	0-8	140	1000	-2,97	0,19	0,73
25	0-7	175	720	28,07	1,17	10,19

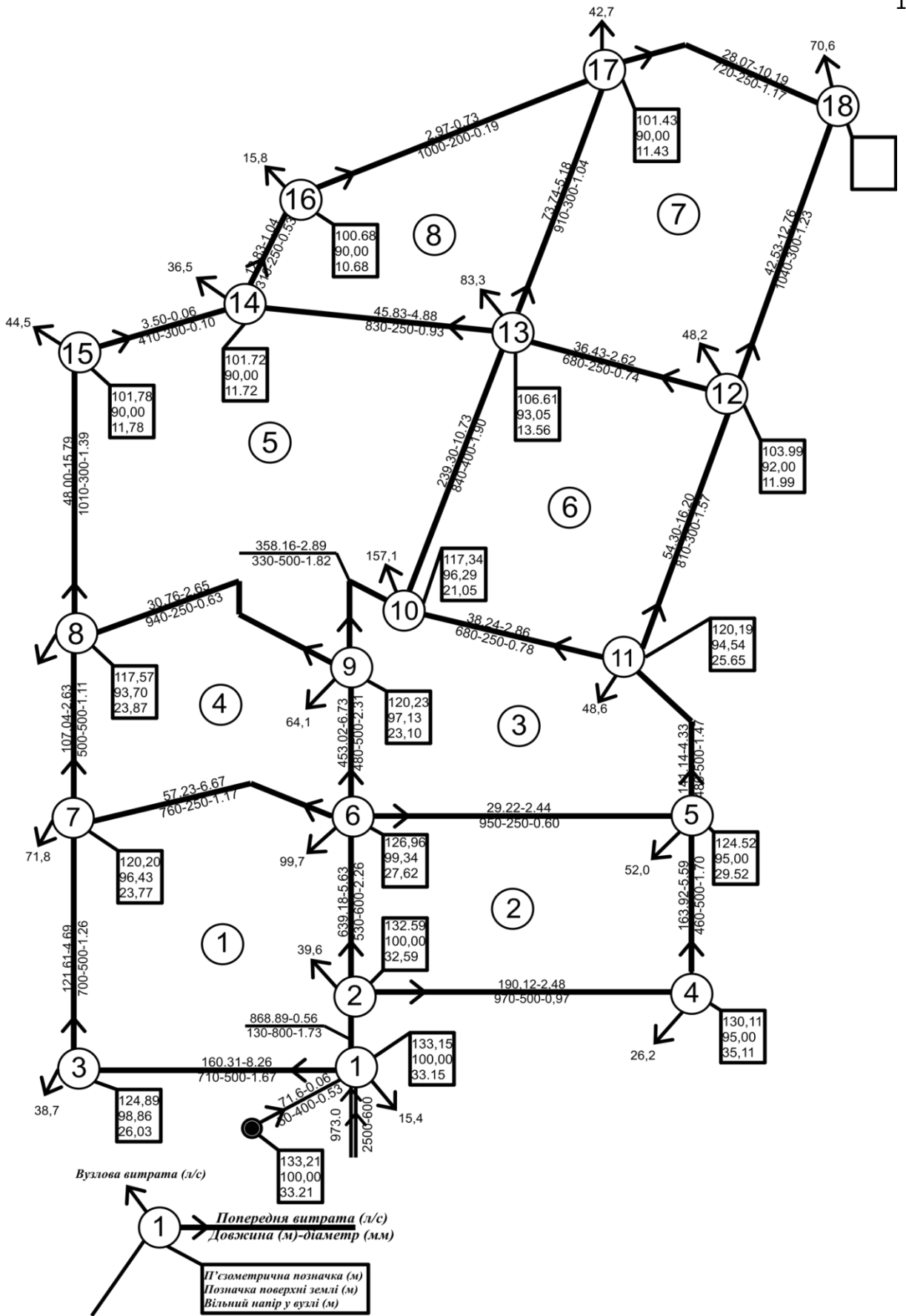


Рисунок А.6 4.12 – Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

Таблиця А.7 4.19 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	35,07	1,12	7,78
2	1-0	180	130	21,13	0,83	0,94
3	0-2	200	970	23,65	0,75	5,12
4	0-2	250	460	49,85	1,02	3,16
5	1-2	135	530	5,18	0,36	1,24
6	1-0	150	700	3,63	0,21	0,52
7	1-4	250	760	49,10	1,00	5,08
8	2-3	300	950	98,86	1,40	9,51
9	0-3	500	480	200,71	1,02	1,36
10	3-4	225	480	44,76	1,13	4,58
11	4-0	200	500	26,33	0,84	3,21
12	4-5	300	940	81,42	1,15	6,45
13	3-5	360	330	190,29	1,87	4,66
14	3-6	600	680	300,29	1,06	1,63
15	0-6	250	810	63,10	1,29	8,68
16	6-5	225	840	47,10	1,18	8,82
17	5-0	200	1010	34,70	1,10	10,85
18	5-0	300	410	79,20	1,12	2,67
19	5-8	350	830	130,60	1,36	6,41
20	6-7	600	680	286,39	1,01	1,49
21	7-0	300	1040	88,81	1,26	8,41
22	8-7	180	910	25,39	1,00	9,27
23	0-8	150	310	14,90	0,84	2,93
24	8-0	150	1000	0,90	0,05	0,07
25	7-0	200	720	18,21	0,58	2,36

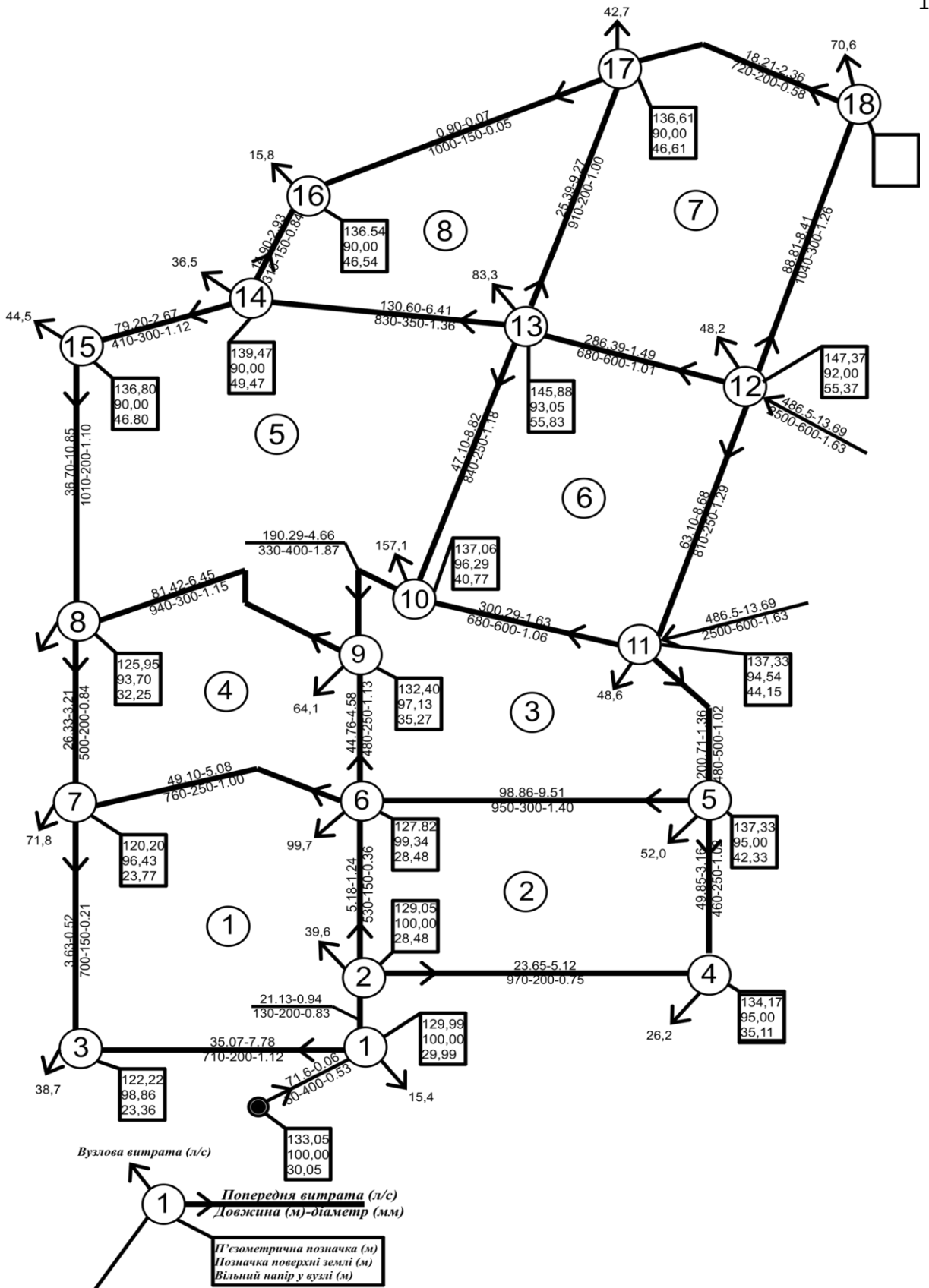


Рисунок А.7 4.13 Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Таблиця А.8 4.20 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	36,95	1,18	8,58
2	1-0	160	130	19,25	0,96	1,43
3	0-2	200	970	25,68	0,82	5,95
4	0-2	250	460	51,88	1,06	3,40
5	1-2	120	530	5,33	0,47	2,31
6	1-0	150	700	1,75	0,10	0,15
7	1-4	250	760	47,05	0,96	4,69
8	2-3	300	950	109,49	1,55	11,67
9	0-3	500	480	213,37	1,09	1,52
10	3-4	200	480	31,94	1,02	4,42
11	4-0	200	500	26,50	0,84	3,25
12	4-5	300	940	77,33	1,09	5,85
13	3-5	320	330	173,36	2,16	7,22
14	3-6	600	680	293,05	1,04	1,55
15	0-6	250	810	68,51	1,40	10,24
16	6-5	200	840	37,42	1,19	10,39
17	5-0	200	1010	38,97	1,24	13,48
18	5-0	300	410	83,47	1,18	2,94
19	5-8	350	830	136,86	1,42	7,04
20	6-7	600	680	277,67	0,98	1,41
21	7-0	300	1040	92,12	1,30	9,04
22	8-7	160	910	20,08	1,00	10,83
23	0-8	150	310	16,90	0,96	3,70
24	8-0	150	1000	-1,10	0,06	0,09
25	7-0	200	720	21,52	0,68	3,19

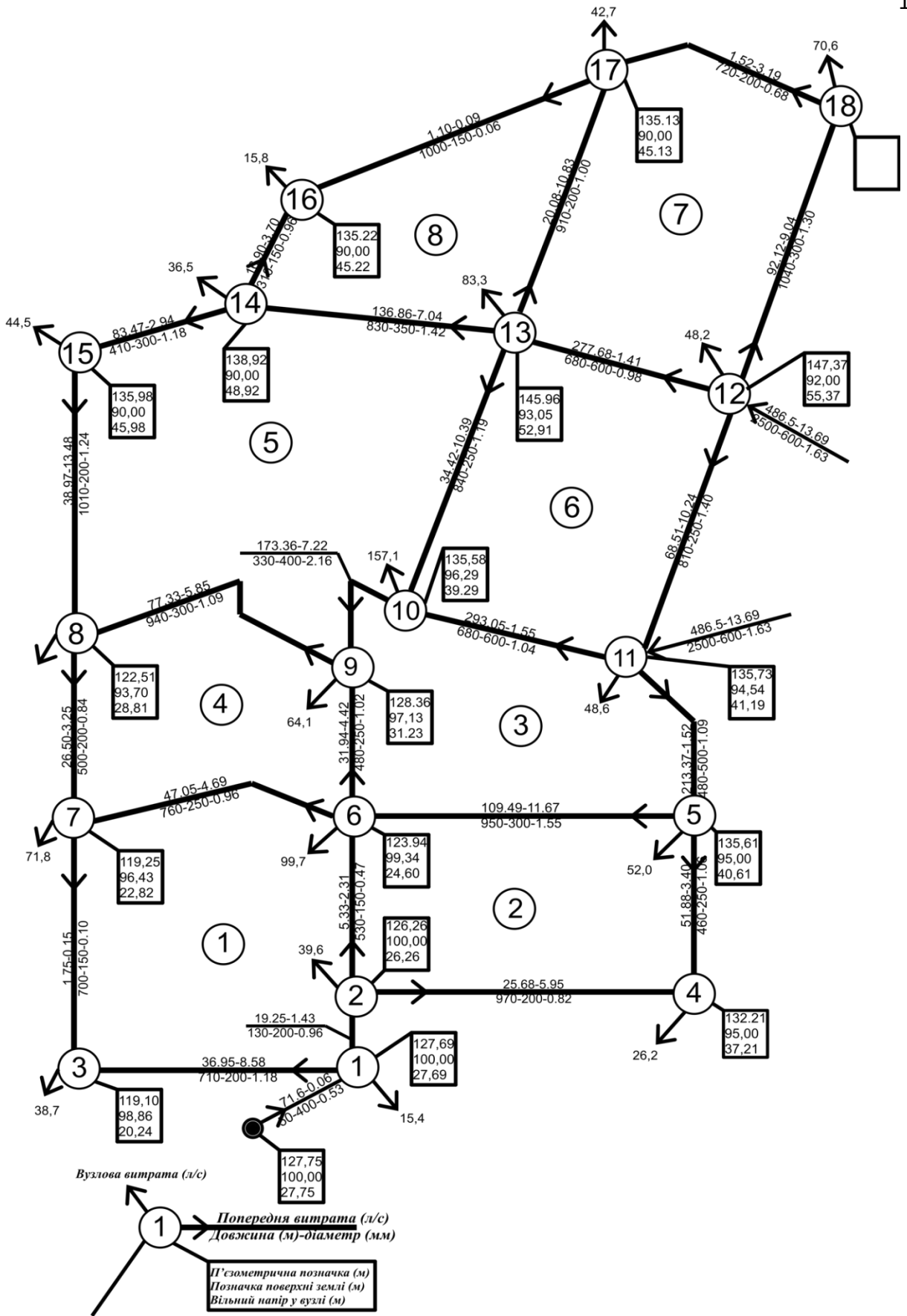


Рисунок А.8 4.14 Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Таблиця А.9 4.21 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	40,08	1,28	10,02
2	1-0	140	130	16,12	1,05	2,01
3	0-2	200	970	28,24	0,90	7,10
4	0-2	250	460	54,44	1,11	3,72
5	1-2	105	530	4,76	0,55	3,64
6	1-0	150	700	-1,38	0,08	0,10
7	1-4	250	760	45,88	0,93	4,47
8	2-3	300	950	121,90	1,72	14,46
9	0-3	500	480	228,34	1,16	1,72
10	3-4	175	480	18,91	0,79	3,26
11	4-0	200	500	24,54	0,78	2,82
12	4-5	300	940	70,40	1,00	4,91
13	3-5	280	330	153,42	2,49	11,47
14	3-6	600	680	282,61	1,00	1,45
15	0-6	250	810	73,06	1,49	11,64
16	6-5	175	840	27,90	1,16	11,76
17	5-0	200	1010	43,94	1,40	17,13
18	5-0	300	410	88,44	1,25	3,29
19	5-8	350	830	143,43	1,49	7,73
20	6-7	600	680	269,79	0,95	1,33
21	7-0	300	1040	95,46	1,35	9,71
22	8-7	140	910	15,16	0,98	12,54
23	0-8	150	310	18,49	1,05	4,37
24	8-0	150	1000	-2,69	0,15	0,44
25	7-0	200	720	24,86	0,79	4,16



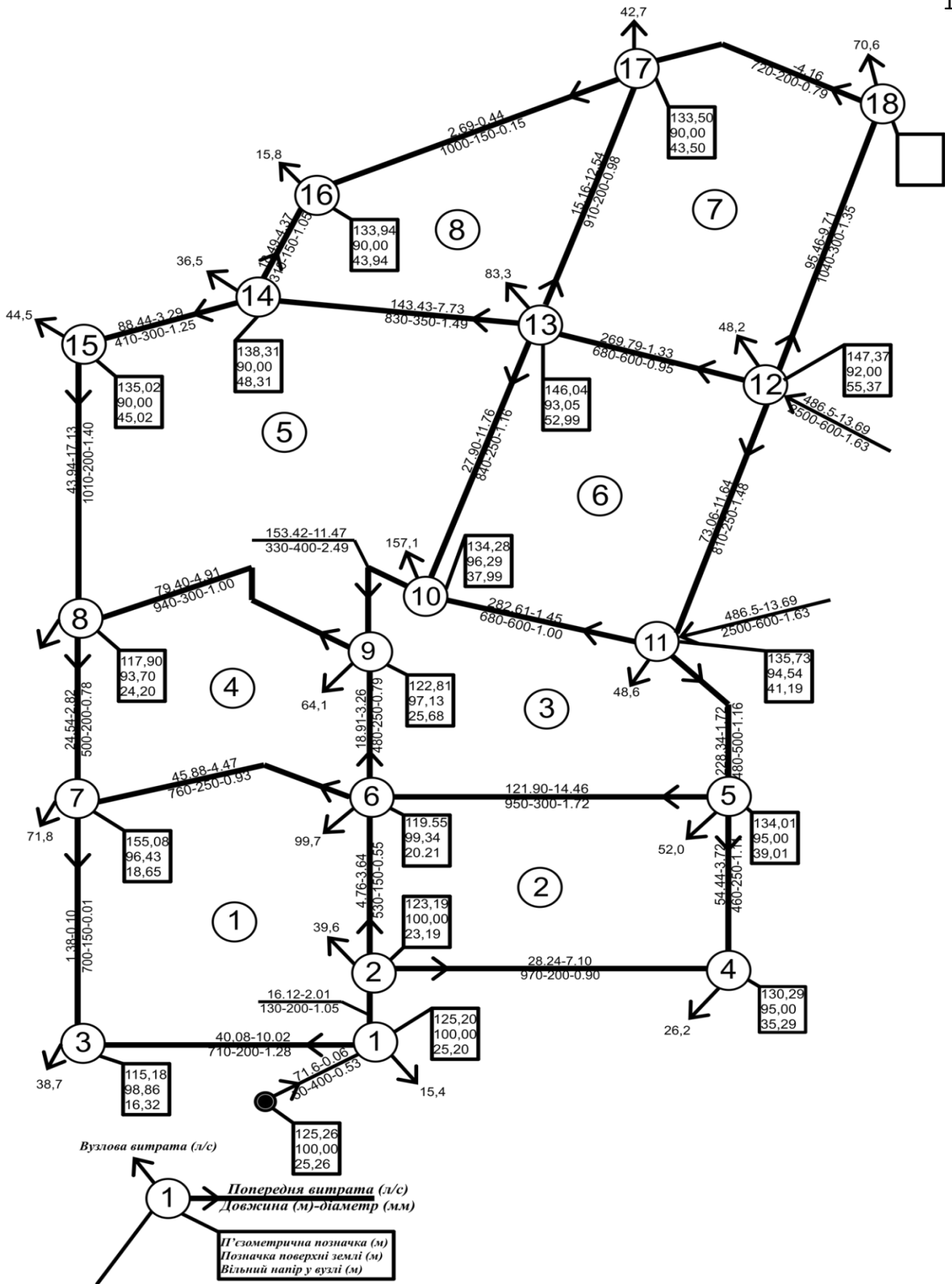


Рисунок А.9 4.15 – Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%

Таблиця А.10 4.23 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	180	710	31,33	1,23	10,71
2	1-0	200	130	24,87	0,79	0,75
3	0-2	200	970	18,29	0,58	3,20
4	0-2	225	460	44,49	1,12	4,34
5	1-2	150	530	3,56	0,20	0,38
6	1-0	135	700	7,37	0,51	3,08
7	1-4	250	760	56,04	1,14	6,50
8	2-3	300	950	90,22	1,28	7,92
9	0-3	450	480	186,71	1,17	2,01
10	3-4	250	480	61,97	1,26	4,96
11	4-0	180	500	23,12	0,91	2,28
12	4-5	300	940	86,32	1,22	7,18
13	3-5	400	330	212,39	1,69	3,32
14	3-6	600	680	302,75	1,07	1,65
15	0-6	225	810	51,56	1,30	10,13
16	6-5	250	840	66,74	1,36	10,08
17	5-0	180	1010	26,60	1,05	11,22
18	5-0	270	410	71,10	1,24	3,71
19	5-8	350	830	122,49	1,27	5,64
20	6-7	600	680	308,56	1,09	1,71
21	7-0	270	1040	78,18	1,37	11,38
22	8-7	200	910	36,03	1,15	10,49
23	0-8	135	310	14,89	1,04	4,96
24	8-0	135	1000	0,91	0,06	0,11
25	7-0	180	720	7,58	0,30	0,82

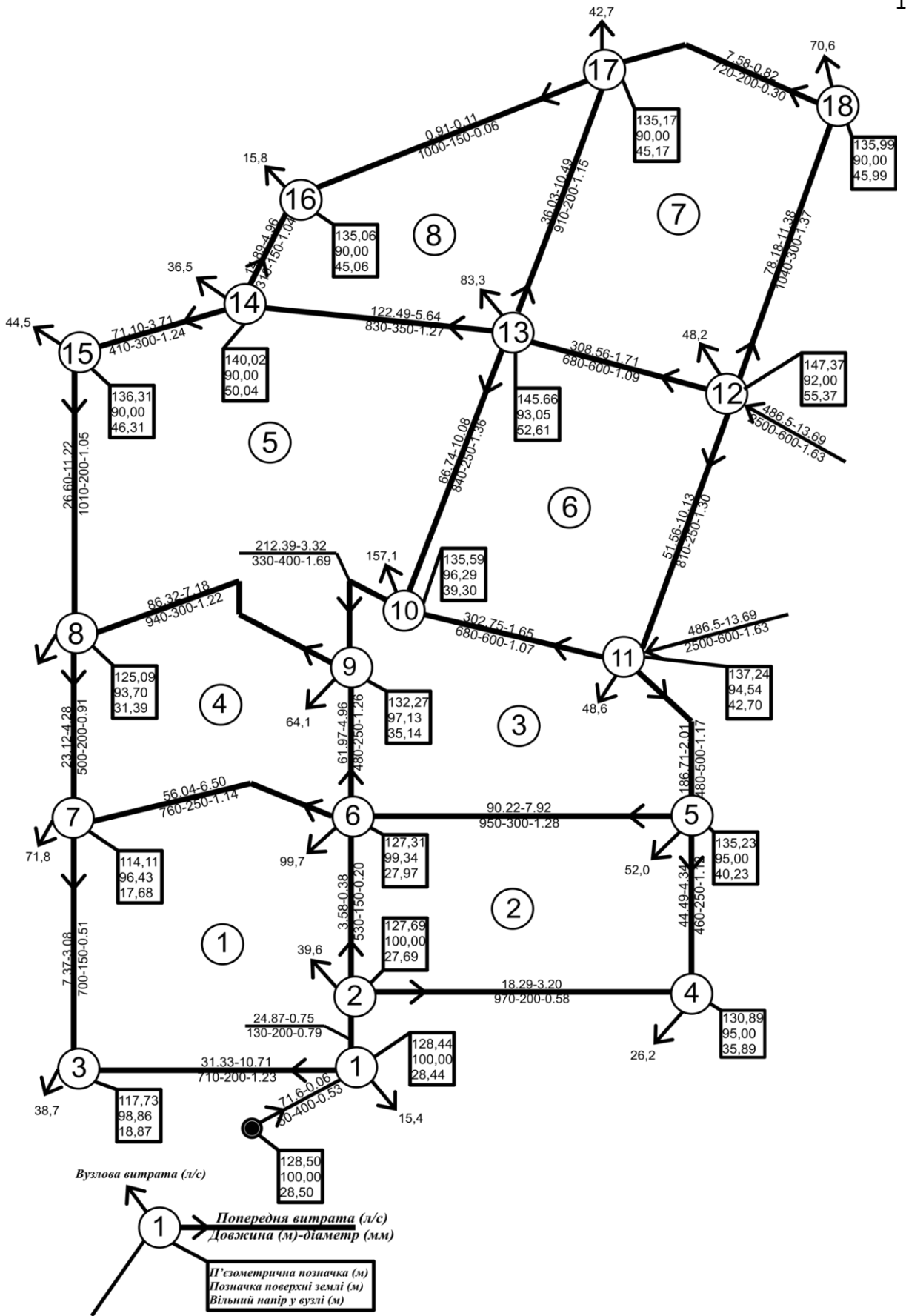


Рисунок А.10 4.16 Результати гідравлічного розрахунку за годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Таблиця А.11 4.24 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	160	710	29,16	1,45	17,30
2	1-0	200	130	27,04	0,86	0,88
3	0-2	200	970	13,04	0,42	1,73
4	0-2	200	460	39,24	1,25	6,22
5	1-2	150	530	0,49	0,03	0,01
6	1-0	120	700	9,54	0,84	8,86
7	1-4	250	760	60,77	1,24	7,56
8	2-3	300	950	90,50	1,28	7,97
9	0-3	400	480	181,74	1,45	3,54
10	3-4	250	480	69,48	1,42	6,24
11	4-0	160	500	20,58	1,02	6,23
12	4-5	300	940	88,67	1,25	7,57
13	3-5	400	330	222,25	1,77	3,64
14	3-6	600	680	300,81	1,06	1,63
15	0-6	200	810	44,65	1,42	14,19
16	6-5	250	840	78,54	1,60	13,95
17	5-0	160	1010	21,71	1,08	13,89
18	5-0	240	410	66,21	1,46	6,01
19	5-8	350	830	118,29	1,23	5,26
20	6-7	600	680	323,65	1,14	1,87
21	7-0	240	1040	70,00	1,55	17,04
22	8-7	200	910	43,52	1,39	15,15
23	0-8	120	310	15,58	1,38	9,91
24	8-0	120	1000	0,22	0,02	0,02
25	7-0	160	720	-0,60	0,03	0,02

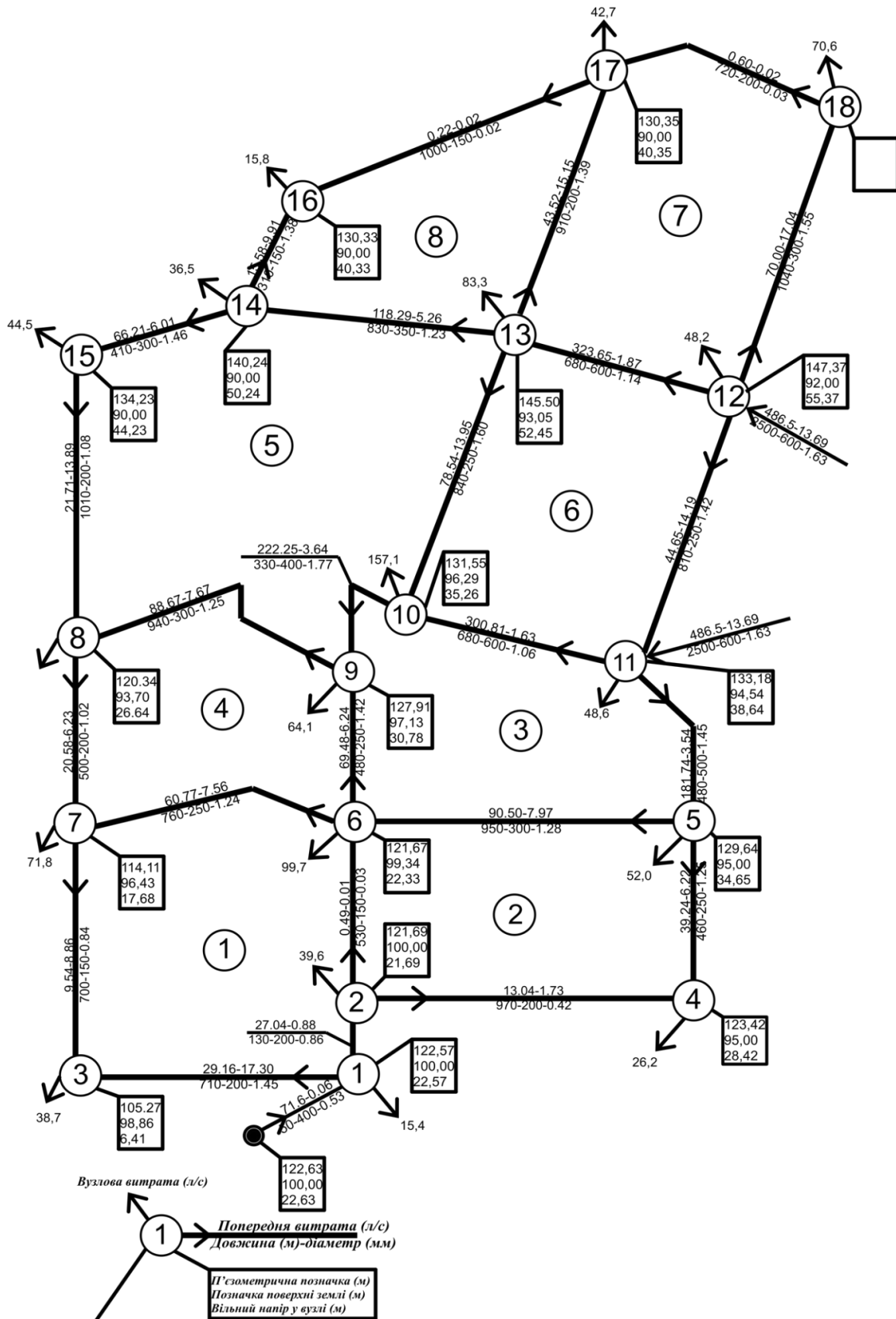


Рисунок А.11 4.17 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Таблиця А.12 4.25 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	140	710	27,66	1,80	31,61
2	1-0	200	130	28,54	0,91	0,97
3	0-2	200	970	5,48	0,17	0,37
4	0-2	175	460	31,68	1,32	8,23
5	1-2	150	530	-5,58	0,32	0,84
6	1-0	105	700	11,04	1,27	22,80
7	1-4	250	760	65,14	1,33	8,68
8	2-3	300	950	89,29	1,26	7,76
9	0-3	350	480	172,97	1,80	6,50
10	3-4	250	480	81,13	1,65	8,51
11	4-0	140	500	17,70	1,15	9,20
12	4-5	300	940	91,11	1,29	7,99
13	3-5	400	330	236,34	1,88	4,11
14	3-6	600	680	301,64	1,07	1,64
15	0-6	175	810	36,71	1,53	19,46
16	6-5	250	840	91,80	1,87	19,06
17	5-0	140	1010	16,39	1,06	16,10
18	5-0	210	410	60,89	1,76	10,31
19	5-8	350	830	112,01	1,16	4,75
20	6-7	600	680	339,41	1,20	2,04
21	7-0	210	1040	62,18	1,80	27,28
22	8-7	200	910	52,30	1,66	21,87
23	0-8	105	310	14,62	1,69	17,70
24	8-0	105	1000	1,18	0,14	0,58
25	7-0	150	720	-8,42	0,55	3,37

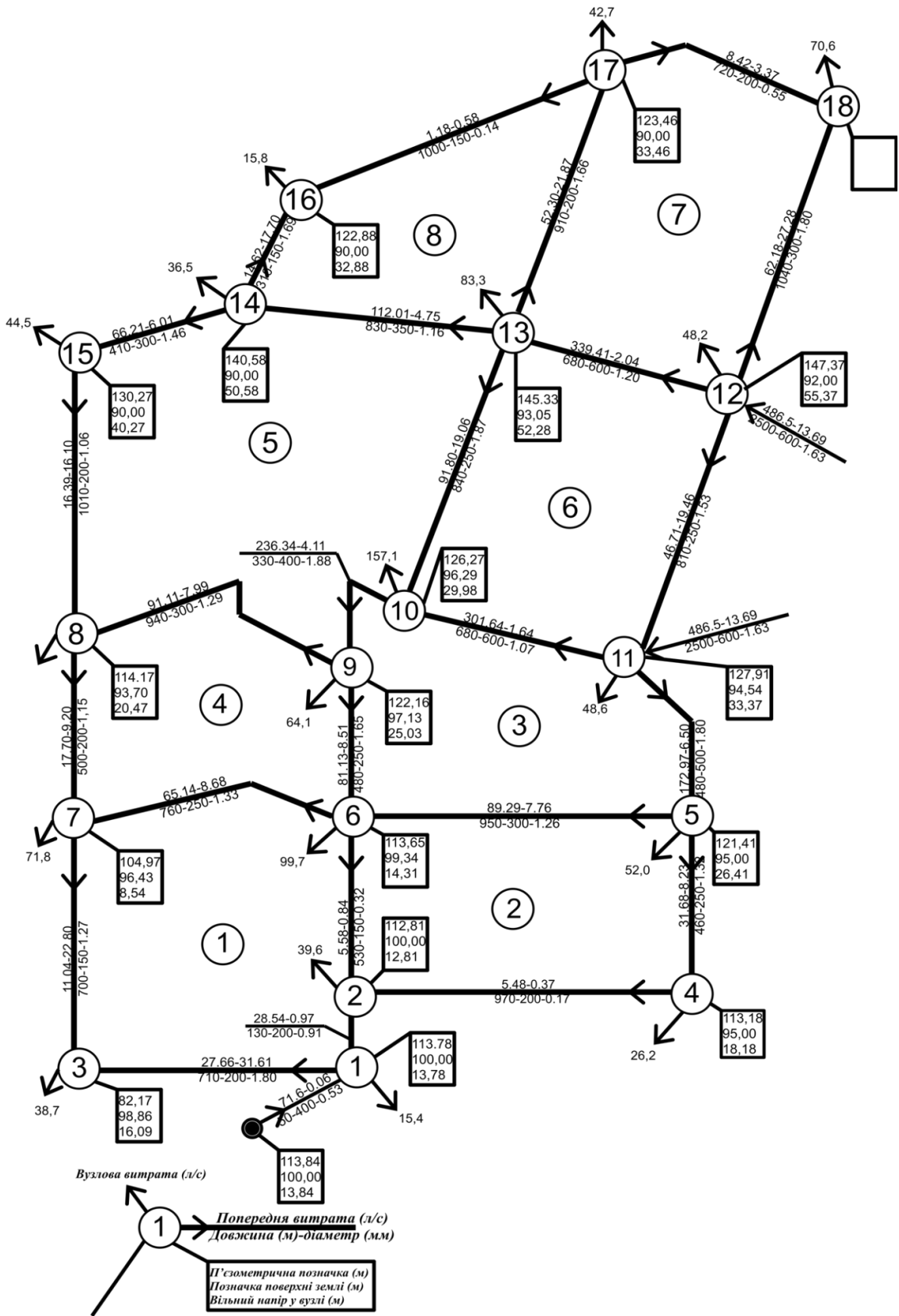


Рисунок А.12 4.18 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

Таблиця А.13 4.26 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	25,78	0,82	4,39
2	1-0	180	130	30,42	1,20	1,86
3	2-0	150	970	7,62	0,43	2,70
4	0-2	200	460	18,58	0,59	1,56
5	2-1	180	530	16,80	0,66	2,52
6	1-0	200	700	12,92	0,41	1,23
7	1-4	200	760	23,05	0,73	3,38
8	3-2	200	950	19,92	0,63	3,66
9	0-3	250	480	50,66	1,03	3,40
10	3-4	360	480	159,47	1,57	4,76
11	4-0	250	500	61,67	1,26	5,12
12	4-5	250	940	35,60	0,73	3,46
13	3-5	450	330	259,17	1,63	2,65
14	6-3	200	680	35,62	1,13	7,67
15	0-6	250	810	63,64	1,30	8,83
16	6-5	540	840	451,89	1,97	7,80
17	5-0	300	1010	115,87	1,64	13,98
18	5-0	400	410	160,37	1,28	2,35
19	8-5	800	830	704,94	1,40	2,34
20	7-6	350	680	146,80	1,53	6,63
21	7-0	250	1040	34,96	0,71	3,71
22	8-7	180	910	22,94	0,90	7,68
23	0-8	300	310	71,19	1,01	1,65
24	0-8	250	1000	55,39	1,13	8,36
25	0-7	250	720	35,64	0,73	2,66



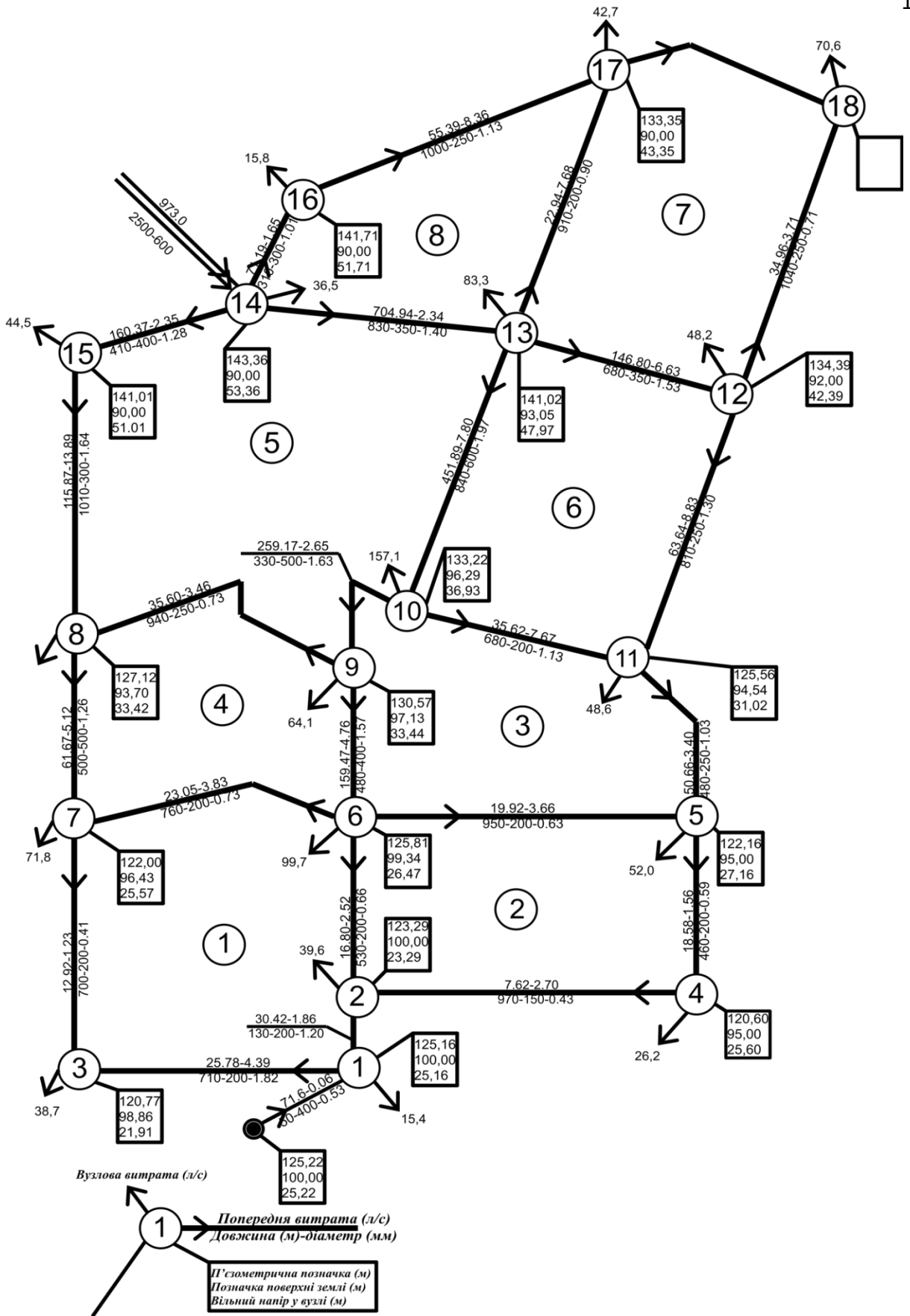


Рисунок А.13 4.19 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%

Таблиця А.14 4.27 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	25,02	0,80	4,15
2	1-0	160	130	31,18	1,55	3,62
3	2-0	150	970	4,24	0,24	0,95
4	0-2	200	460	21,96	0,70	2,12
5	2-1	160	530	12,65	0,63	2,69
6	1-0	200	700	13,68	0,44	1,36
7	1-4	200	760	15,51	0,49	1,86
8	3-2	200	950	12,26	0,39	1,52
9	0-3	250	480	61,70	1,26	4,92
10	3-4	320	480	140,12	1,74	6,86
11	4-0	250	500	69,98	1,43	6,59
12	4-5	250	940	27,22	0,55	2,12
13	3-5	400	330	231,44	1,84	3,94
14	6-3	200	680	34,95	1,11	7,40
15	0-6	250	810	75,35	1,53	12,38
16	6-5	480	840	423,50	2,34	12,79
17	5-0	300	1010	132,56	1,88	18,18
18	5-0	400	410	177,06	1,41	2,87
19	8-5	800	830	684,33	1,36	2,20
20	7-6	350	680	159,24	1,66	7,81
21	7-0	250	1040	35,70	0,73	3,85
22	8-7	160	910	18,29	0,91	9,10
23	0-8	300	310	75,11	1,06	1,83
24	0-8	250	1000	59,31	1,21	9,47
25	0-7	250	720	34,90	0,71	2,56

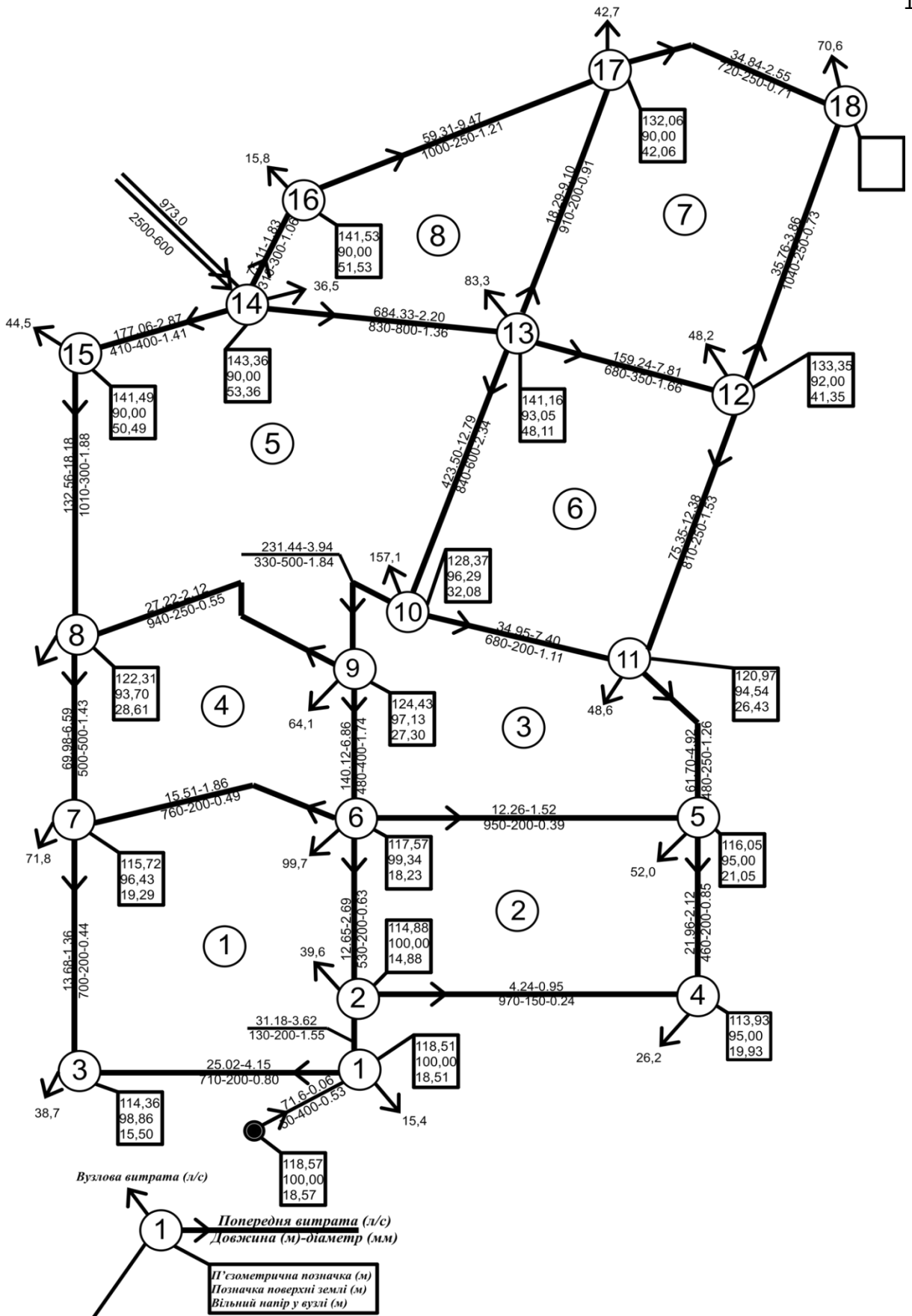


Рисунок А.14 4.20 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%

Таблиця А.15 4.28 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	200	710	26,69	0,85	4,68
2	1-0	140	130	29,51	1,92	6,59
3	2-0	150	970	-0,56	0,03	0,03
4	0-2	200	460	26,76	0,85	3,05
5	2-1	140	530	9,53	0,62	3,11
6	1-0	200	700	12,01	0,38	1,08
7	1-4	200	760	3,30	0,11	0,12
8	3-2	200	950	1,36	0,04	0,03
9	0-3	250	480	77,40	1,58	7,74
10	3-4	280	480	113,89	1,85	9,20
11	4-0	250	500	80,51	1,64	8,73
12	4-5	250	940	13,33	0,27	0,59
13	3-5	350	330	191,33	1,99	5,47
14	6-3	200	680	33,80	1,08	6,95
15	0-6	250	810	92,19	1,88	18,54
16	6-5	420	840	382,23	2,76	21,14
17	5-0	300	1010	156,98	2,22	25,50
18	5-0	400	410	201,48	1,60	3,71
19	8-5	800	830	655,71	1,30	2,02
20	7-6	350	680	176,15	1,83	9,55
21	7-0	250	1040	35,76	0,73	3,86
22	8-7	140	910	14,03	0,91	10,86
23	0-8	300	310	79,31	1,12	2,02
24	0-8	250	1000	63,51	1,29	10,86
25	0-7	250	720	34,84	0,71	2,55

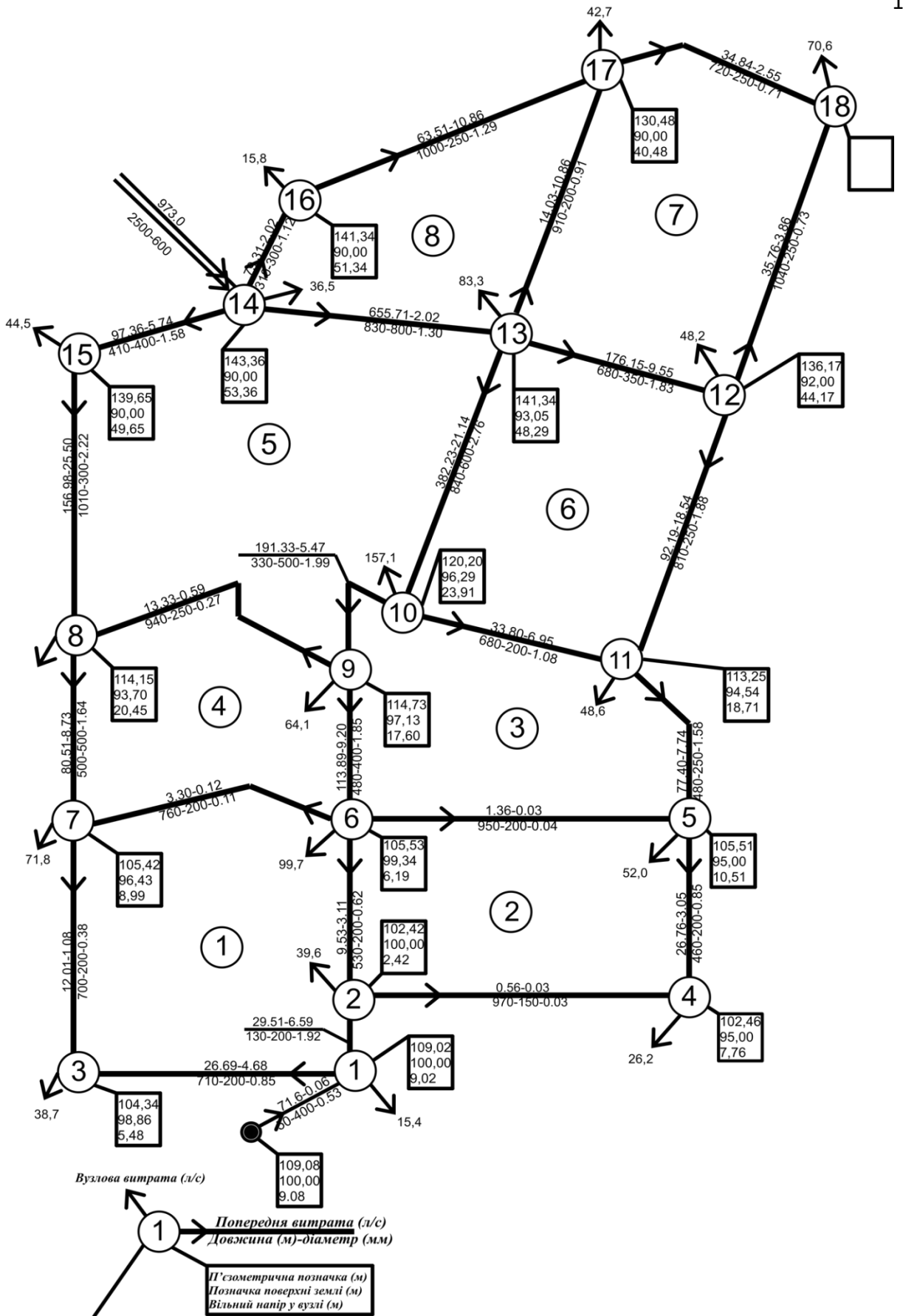


Рисунок А.15 4.21 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%

Таблиця А.16 4.29 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	180	710	27,44	1,08	8,36
2	1-0	200	130	28,76	0,92	0,98
3	2-0	150	970	11,73	0,66	5,90
4	0-2	180	460	14,47	0,57	1,67
5	2-1	200	530	22,57	0,72	2,57
6	1-0	180	700	11,26	0,44	1,67
7	1-4	200	760	35,08	1,12	8,33
8	3-2	200	950	27,90	0,89	6,80
9	0-3	225	480	38,57	0,97	3,47
10	3-4	400	480	185,25	1,47	3,67
11	4-0	225	500	47,98	1,21	5,42
12	4-5	250	940	50,39	1,03	6,59
13	3-5	500	330	299,74	1,53	2,03
14	6-3	200	680	38,87	1,24	9,03
15	0-6	225	810	48,30	1,21	8,89
16	6-5	600	840	495,72	1,75	5,37
17	5-0	270	1010	87,38	1,53	13,81
18	5-0	360	410	131,88	1,30	2,78
19	8-5	800	830	745,05	1,48	2,61
20	7-6	350	680	133,72	1,39	5,50
21	7-0	225	1040	37,22	0,94	7,04
22	8-7	200	910	32,32	1,03	8,56
23	0-8	270	310	59,56	1,04	2,02
24	0-8	225	1000	43,76	1,10	9,15
25	0-7	225	720	33,38	0,84	3,99

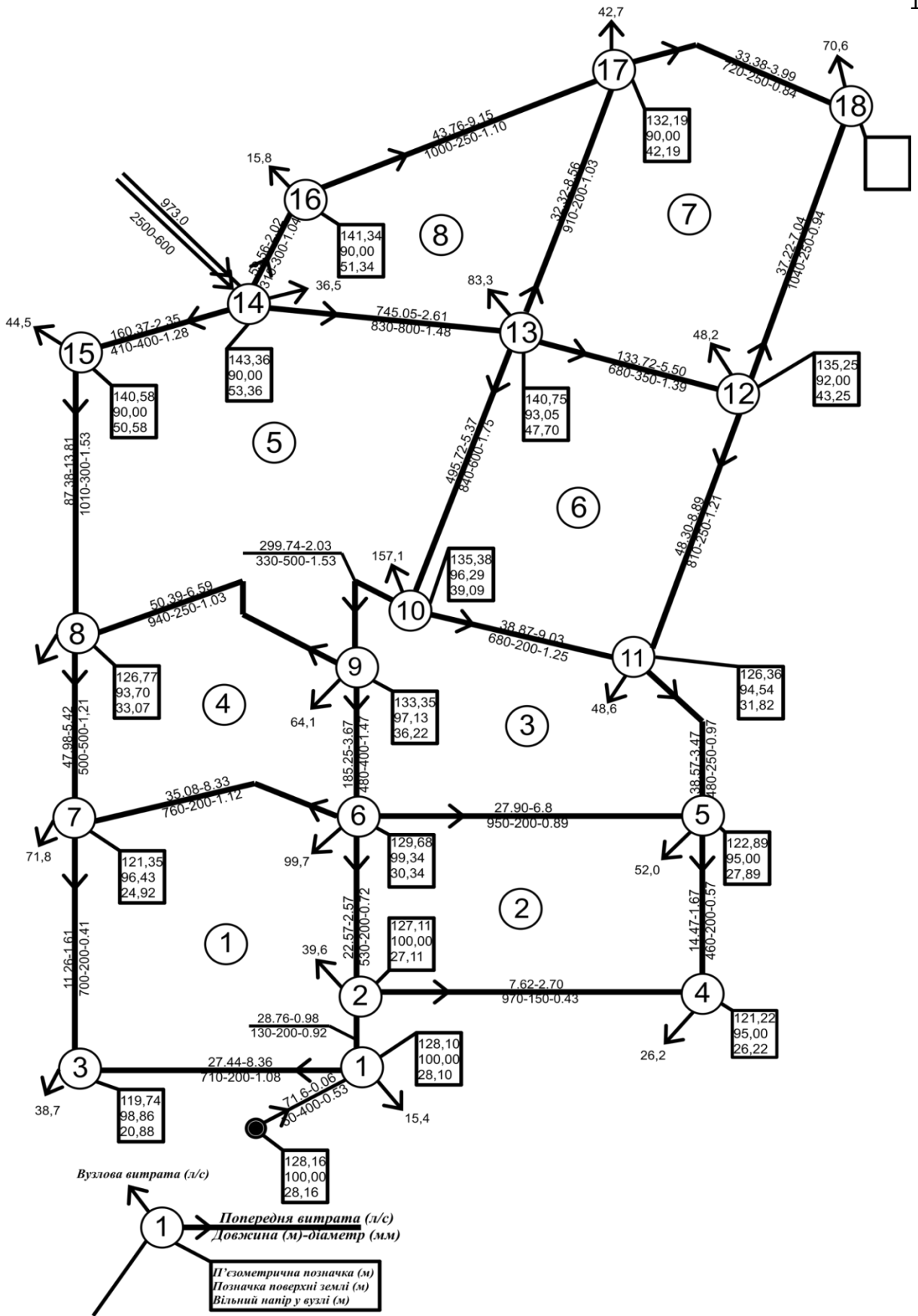


Рисунок А.16 4.22 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 10%

Таблиця А.17 4.29 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	160	710	26,37	1,31	14,16
2	1-0	200	130	29,83	0,95	1,05
3	2-0	150	970	13,80	0,78	7,96
4	0-2	160	460	12,40	0,62	2,25
5	2-1	200	530	23,57	0,75	2,78
6	1-0	160	700	12,33	0,61	3,39
7	1-4	200	760	43,25	1,38	12,49
8	3-2	200	950	31,44	1,00	8,49
9	0-3	200	480	32,96	1,05	4,68
10	3-4	400	480	197,96	1,58	4,20
11	4-0	200	500	40,88	1,30	7,34
12	4-5	250	940	60,75	1,24	9,34
13	3-5	500	330	322,81	1,64	2,35
14	6-3	200	680	41,62	1,32	10,35
15	0-6	200	810	39,94	1,27	11,36
16	6-5	600	840	521,53	1,84	5,94
17	5-0	240	1010	69,93	1,55	16,51
18	5-0	320	410	114,43	1,42	3,91
19	8-5	800	830	769,88	1,53	2,79
20	7-6	350	680	126,65	1,32	4,94
21	7-0	200	1040	38,50	1,23	13,55
22	8-7	200	910	38,41	1,22	11,80
23	0-8	240	310	52,19	1,15	2,85
24	0-8	200	1000	36,39	1,16	11,73
25	0-7	200	720	32,10	1,02	6,69



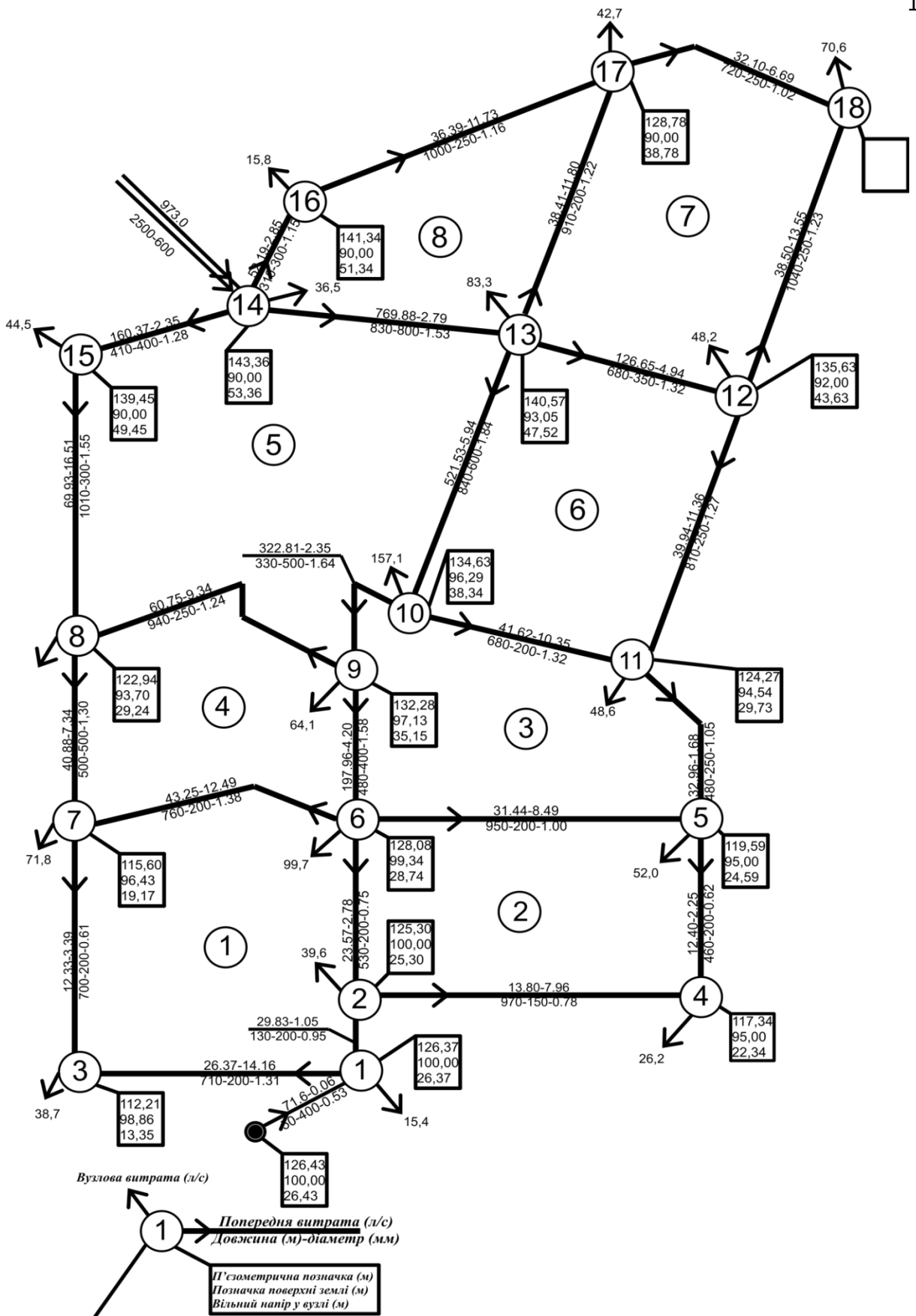


Рисунок А.17 4.23 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 20%

Таблиця А.18 4.30 – Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

Номер ділянки	Код ділянки	Діаметр труби, мм	Довжина ділянки, м	Витрати води, л/с	Швидкість води, м/с	Втрати напору, м
1	0-1	140	710	24,55	1,59	24,90
2	1-0	200	130	31,65	1,01	1,18
3	2-0	150	970	16,11	0,91	10,60
4	0-2	140	460	10,09	0,66	2,99
5	2-1	200	530	24,07	0,77	2,89
6	1-0	140	700	14,15	0,92	8,49
7	1-4	200	760	52,10	1,66	18,13
8	3-2	200	950	35,23	1,12	10,50
9	0-3	175	480	26,85	1,12	6,25
10	3-4	400	480	211,10	1,68	4,77
11	4-0	175	500	33,85	1,41	10,21
12	4-5	250	940	70,79	1,44	12,68
13	3-5	500	330	345,99	1,76	2,70
14	6-3	200	680	44,28	1,41	11,71
15	0-6	175	810	31,17	1,30	14,04
16	6-5	600	840	547,37	1,94	6,55
17	5-0	210	1010	52,86	1,53	19,15
18	5-0	280	410	97,36	1,58	5,74
19	8-5	800	830	793,81	1,58	2,96
20	7-6	350	680	117,17	1,22	4,32
21	7-0	175	1040	37,80	1,57	26,49
22	8-7	200	910	45,98	1,46	16,90
23	0-8	210	310	45,32	1,31	4,32
24	0-8	175	1000	29,52	1,23	15,54
25	0-7	175	720	32,80	1,36	13,82

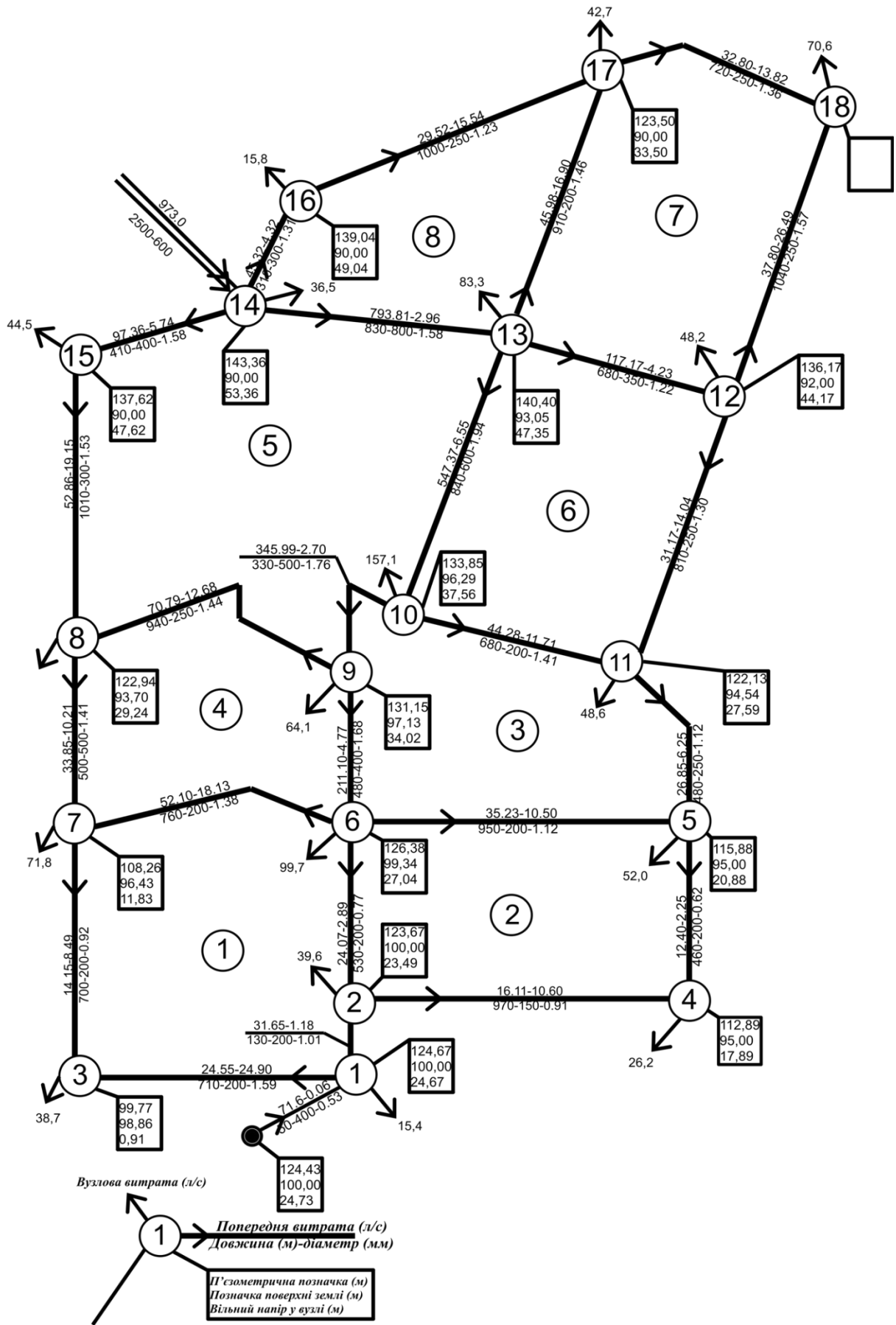


Рисунок А.18 4.24 Результати гідравлічного розрахунку для режиму подачі води в мережу в годину максимального водоспоживання Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-16-17-18-12-11-5-4 – 30%

**ДОДАТОК Б РЕЗУЛЬТАТИ ГІДРАВЛІЧНОГО  
РОЗРАХУНКУ.ВИЗНАЧЕННЯ П'ЄЗОМЕТРИЧНИХ ПОЗНАЧОК**

Таблиця Б.1 Таблиця 4.31 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

№ вузла	Абсолютна позначка а землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	26,00	0,00	126,00	33,15	133,15
2	100,00	26,00	0,43	126,43	32,72	132,72
3	98,86	26,00	3,40	128,26	30,89	129,75
4	95,00	26,00	4,10	125,10	34,05	129,05
5	95,00	26,00	5,49	126,49	32,66	127,66
6	99,34	26,00	3,74	129,08	30,07	129,41
7	96,43	26,00	5,86	128,29	30,86	127,29
8	93,70	26,00	7,07	126,77	32,38	126,08
9	97,13	26,00	7,44	130,57	28,58	125,71
10	96,29	26,00	9,23	131,52	27,63	123,92
11	94,54	26,00	6,61	127,15	32,00	126,54
12	92,00	26,00	14,21	132,21	26,94	118,94
<b>13</b>	<b>93,05</b>	<b>26,00</b>	<b>14,10</b>	<b>133,15</b>	<b>26,00</b>	<b>119,05</b>
14	90,00	26,00	15,27	131,27	27,88	117,88
15	90,00	26,00	14,51	130,51	28,64	118,64
16	90,00	18,00	15,85	123,85	27,30	117,30
17	90,00	18,00	16,74	124,74	26,41	116,41
18	90,00	18,00	17,46	125,46	25,69	115,69
В.б	100,00		0,06		33,21	133,21

Таблиця Б.2 4.32 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	10,00	0,00	110,00	28,75	128,75
2	100,00	10,00	0,57	110,57	28,18	128,18
3	98,86	10,00	4,33	113,19	25,56	124,42
4	95,00	10,00	5,40	110,40	28,35	123,35
5	95,00	10,00	7,27	112,27	26,48	121,48
6	99,34	10,00	5,02	114,36	24,39	123,73
7	96,43	10,00	7,57	114,00	24,75	121,18
8	93,70	10,00	9,28	112,98	25,77	119,47
9	97,13	10,00	10,45	117,58	21,17	118,30
10	96,29	10,00	13,41	119,70	19,05	115,34
11	94,54	10,00	8,88	113,42	25,33	119,87
12	92,00	10,00	21,27	123,27	15,48	107,48
13	93,05	10,00	21,03	124,08	14,67	107,72
14	90,00	10,00	24,45	124,45	14,30	104,30
15	90,00	10,00	22,43	122,43	16,32	106,32
16	90,00	10,00	25,03	125,03	13,72	103,72
17	90,00	10,00	25,88	125,88	12,87	102,87
<b>18</b>	<b>90,00</b>	<b>10,00</b>	<b>28,75</b>	<b>128,75</b>	<b>10,00</b>	<b>100,00</b>

Таблиця Б.3 4.33 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12.

№ вузла	Абсолютна позначка а землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	26,00	15,12	141,12	32,25	132,25
2	100,00	26,00	15,72	141,72	31,65	131,65
<b>3</b>	<b>98,86</b>	<b>26,00</b>	<b>22,51</b>	<b>147,37</b>	<b>26,00</b>	<b>124,86</b>
4	95,00	26,00	11,35	132,35	41,02	136,02
5	95,00	26,00	8,42	129,42	43,95	138,95
6	99,34	26,00	16,23	141,57	31,80	131,14
7	96,43	26,00	21,73	144,16	29,21	125,64
8	93,70	26,00	18,78	138,48	34,89	128,59
9	97,13	26,00	11,98	135,11	38,26	135,39
10	96,29	26,00	1,68	123,97	49,40	145,69
11	94,54	26,00	7,20	127,74	45,63	140,17
12	92,00	26,00	0,00	118,00	55,37	147,37
13	93,05	26,00	1,58	120,63	52,74	145,79
14	90,00	26,00	7,47	123,47	49,90	139,90
15	90,00	26,00	9,92	125,92	47,45	137,45
16	90,00	18,00	9,79	117,79	47,58	137,58
17	90,00	18,00	3,35	117,35	48,02	138,02
18	90,00	18,00	7,75	115,75	49,62	139,62
В.б.	100,00		0,06		32,31	132,31

Таблиця Б.4 4.34 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 11 і 12.

№ вузла	Абсолютна позначка а землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	10,00	14,20	124,20	16,55	116,55
2	100,00	10,00	14,77	124,77	15,98	115,98
<b>3</b>	<b>98,86</b>	<b>10,00</b>	<b>21,89</b>	<b>130,75</b>	<b>10,00</b>	<b>108,86</b>
4	95,00	10,00	9,99	114,99	25,76	120,76
5	95,00	10,00	6,93	111,93	28,82	123,82
6	99,34	10,00	15,36	124,70	16,05	115,39
7	96,43	10,00	21,32	127,75	13,00	109,43
8	93,70	10,00	19,00	122,70	18,05	111,75
9	97,13	10,00	11,29	118,42	22,33	119,46
10	96,29	10,00	8,06	114,35	26,40	122,69
11	94,54	10,00	5,66	110,20	30,55	125,09
12	92,00	10,00	0,00	102,00	38,75	130,75
13	93,05	10,00	2,05	105,10	35,65	128,70
14	90,00	10,00	12,24	112,24	28,51	118,51
15	90,00	10,00	14,19	114,19	26,56	116,56
16	90,00	10,00	15,70	115,70	25,05	115,05
17	90,00	10,00	15,73	115,73	25,02	115,02
18	90,00	10,00	15,71	115,71	25,04	115,04

Таблиця Б.5 4.35 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	26,00	13,50	139,50	29,86	129,86
2	100,00	26,00	14,47	140,47	28,89	128,89
<b>3</b>	<b>98,86</b>	<b>26,00</b>	<b>18,50</b>	<b>143,36</b>	<b>26,00</b>	<b>124,86</b>
4	95,00	26,00	18,91	139,91	29,45	124,45
5	95,00	26,00	17,70	138,70	30,66	125,66
6	99,34	26,00	12,22	137,56	31,80	131,14
7	96,43	26,00	17,56	139,99	29,37	125,80
8	93,70	26,00	13,39	133,09	36,27	129,97
9	97,13	26,00	9,01	132,14	37,22	134,35
10	96,29	26,00	7,27	129,56	39,80	136,09
11	94,54	26,00	15,15	135,69	33,67	128,21
12	92,00	26,00	8,27	126,27	43,09	135,09
13	93,05	26,00	2,43	121,48	47,88	140,93
14	90,00	26,00	0,00	116,00	53,36	143,36
15	90,00	26,00	2,05	118,05	51,31	141,31
16	90,00	18,00	1,50	109,50	51,86	141,86
17	90,00	18,00	8,89	116,89	44,47	134,47
18	90,00	18,00	11,73	119,73	41,63	131,61
В.б.	100,00		0,06		29,92	129,92



Таблиця Б.6 4.36 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання при пожежі. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 14.

№ вузла	Абсолютна позначка а землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	П'єзометрична позначка в точці підключення водоводів	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла
1	100,00	10,00	15,10	125,10	13,66	113,66
2	100,00	10,00	16,10	126,10	12,66	112,66
<b>3</b>	<b>98,86</b>	<b>10,00</b>	<b>19,90</b>	<b>128,76</b>	<b>10,00</b>	<b>108,86</b>
4	95,00	10,00	20,89	125,89	12,87	107,87
5	95,00	10,00	19,74	124,74	14,02	109,02
6	99,34	10,00	13,87	123,21	15,55	114,89
7	96,43	10,00	18,88	125,31	13,45	109,02
8	93,70	10,00	14,49	118,19	20,57	114,27
9	97,13	10,00	10,67	117,80	20,96	118,09
10	96,29	10,00	8,97	115,26	23,50	119,79
11	94,54	10,00	17,34	121,88	16,88	111,42
12	92,00	10,00	11,05	113,05	25,71	117,71
13	93,05	10,00	3,03	106,08	32,68	125,73
14	90,00	10,00	0,00	100,00	38,76	128,76
15	90,00	10,00	2,16	102,16	36,60	126,60
16	90,00	10,00	2,16	102,16	36,60	126,60
17	90,00	10,00	14,02	114,02	24,74	114,74
18	90,00	10,00	21,13	121,13	17,63	107,63

Таблиця Б.7 4.37 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води за годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	0,70	32,45	132,45	6,45
3	98,86	26,00	4,09	30,20	129,06	4,20
4	95,00	26,00	5,20	32,95	127,95	6,95
5	95,00	26,00	6,94	31,21	126,21	5,21
6	99,34	26,00	5,34	28,47	127,81	2,47
7	96,43	26,00	7,12	29,60	126,03	3,60
8	93,70	26,00	8,62	30,83	124,53	4,83
9	97,13	26,00	10,10	25,92	123,05	-0,08
10	96,29	26,00	12,49	24,37	120,66	-1,63
11	94,54	26,00	8,36	30,25	124,79	4,25
12	92,00	26,00	18,47	22,68	114,68	-3,32
13	93,05	26,00	18,54	21,56	114,61	-4,44
14	90,00	26,00	19,18	23,97	113,97	-2,03
15	90,00	26,00	18,01	25,14	115,14	-0,86
16	90,00	18,00	19,96	23,19	113,19	5,19
17	90,00	18,00	21,75	21,40	111,40	3,40
18	90,00	18,00	22,19	20,96	110,96	2,96
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця Б.8 4.38 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	1,21	31,94	131,94	5,94
3	98,86	26,00	4,98	29,31	128,17	3,31
4	95,00	26,00	6,77	31,38	126,38	5,38
5	95,00	26,00	8,95	29,20	124,20	3,20
6	99,34	26,00	7,69	26,12	125,46	0,12
7	96,43	26,00	8,78	27,94	124,37	1,94
8	93,70	26,00	10,62	28,83	122,53	2,83
9	97,13	26,00	13,77	22,25	119,38	-3,75
10	96,29	26,00	16,95	19,91	116,20	-6,09
11	94,54	26,00	10,72	27,89	122,43	1,89
12	92,00	26,00	23,72	17,43	109,43	-8,57
13	93,05	26,00	24,20	15,90	108,95	-10,10
14	90,00	26,00	24,32	18,83	108,83	-7,17
15	90,00	26,00	22,58	20,57	110,57	-5,43
16	90,00	18,00	25,27	17,88	107,88	-0,12
17	90,00	18,00	27,97	15,18	105,18	-2,82
18	90,00	18,00	28,13	15,02	105,02	-2,98
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця Б.9 4.39 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	2,19	30,96	130,96	4,96
3	98,86	26,00	6,24	28,05	126,91	2,05
4	95,00	26,00	9,01	29,14	124,14	3,14
5	95,00	26,00	11,74	26,41	121,41	0,41
6	99,34	26,00	10,97	22,84	122,18	-3,16
7	96,43	26,00	11,14	25,58	122,01	-0,42
8	93,70	26,00	13,37	26,08	119,78	0,08
9	97,13	26,00	18,64	17,38	114,51	-8,62
10	96,29	26,00	22,88	13,98	110,27	-12,02
11	94,54	26,00	13,92	24,69	119,23	-1,31
12	92,00	26,00	30,06	11,09	103,09	-14,91
13	93,05	26,00	31,08	9,02	102,07	-16,98
14	90,00	26,00	30,97	12,18	102,18	-13,82
15	90,00	26,00	28,48	14,67	104,67	-11,33
16	90,00	18,00	32,03	11,12	101,12	-6,88
17	90,00	18,00	35,36	7,79	97,79	-10,21
18	90,00	18,00	35,37	7,78	97,78	-10,22
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця Б.10 4.40 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	0,47	32,68	132,68	6,68
3	98,86	26,00	4,48	29,81	128,67	3,81
4	95,00	26,00	3,90	34,25	129,25	9,25
5	95,00	26,00	6,10	32,05	127,05	6,05
6	99,34	26,00	4,39	29,42	128,76	3,42
7	96,43	26,00	7,54	29,18	125,61	3,18
8	93,70	26,00	9,06	30,39	124,09	4,39
9	97,13	26,00	8,92	27,10	124,23	1,10
10	96,29	26,00	10,98	25,88	122,17	-0,12
11	94,54	26,00	7,83	30,78	125,32	4,78
12	92,00	26,00	17,87	23,28	115,28	-2,72
13	93,05	26,00	17,40	22,70	115,75	-3,30
14	90,00	26,00	19,48	23,67	113,67	-2,33
15	90,00	26,00	18,78	24,37	114,37	-1,63
16	90,00	18,00	20,22	22,93	112,93	4,93
17	90,00	18,00	20,88	22,27	112,27	4,27
18	90,00	18,00	22,59	20,56	110,56	2,56
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця Б.11 4.41 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	0,51	32,15	132,64	6,64
3	98,86	26,00	6,03	28,26	127,12	2,26
4	95,00	26,00	4,40	33,75	128,75	7,75
5	95,00	26,00	7,94	30,21	125,21	4,21
6	99,34	26,00	5,19	28,62	127,96	2,62
7	96,43	26,00	9,85	26,87	123,30	0,87
8	93,70	26,00	11,83	27,62	121,32	1,62
9	97,13	26,00	10,71	25,31	122,44	-0,69
10	96,29	26,00	13,12	23,74	120,03	-2,26
11	94,54	26,00	10,66	27,95	122,49	1,95
12	92,00	26,00	23,62	17,53	109,53	-8,47
13	93,05	26,00	21,50	18,60	111,65	-7,40
14	90,00	26,00	24,81	18,34	108,34	-7,66
15	90,00	26,00	24,36	18,79	108,79	-7,21
16	90,00	18,00	25,71	17,44	107,44	-0,56
17	90,00	18,00	25,80	17,35	107,35	-0,65
18	90,00	18,00	30,96	12,19	102,19	-5,81
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця. Б.12 4.42 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлі 1. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	0,00	33,15	133,15	7,15
2	100,00	26,00	0,56	32,59	132,59	6,59
3	98,86	26,00	8,26	26,03	124,89	0,03
4	95,00	26,00	3,04	35,11	130,11	9,11
5	95,00	26,00	8,63	29,52	124,52	3,52
6	99,34	26,00	6,19	27,62	126,96	1,62
7	96,43	26,00	12,95	23,77	120,20	-2,23
8	93,70	26,00	15,58	23,87	117,57	-2,13
9	97,13	26,00	12,92	23,10	120,23	-2,90
10	96,29	26,00	15,81	21,05	117,34	-4,95
11	94,54	26,00	12,96	25,65	120,19	-0,35
12	92,00	26,00	29,16	11,99	103,99	-14,01
13	93,05	26,00	26,54	13,56	106,61	-12,44
14	90,00	26,00	31,43	11,72	101,72	-14,28
15	90,00	26,00	31,37	11,78	101,78	-14,22
16	90,00	18,00	32,47	10,68	100,68	-7,32
17	90,00	18,00	31,72	11,43	101,43	-6,57
18	90,00	18,00	41,92	1,23	91,23	-16,77
В.б.	100,00	26,00	0,06	33,21	133,21	7,21

Таблиця Б.13 4.43 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	17,38	29,99	129,99	3,99
2	100,00	26,00	18,32	29,05	129,05	3,05
3	98,86	26,00	25,15	23,36	122,22	-2,64
4	95,00	26,00	13,30	39,17	134,17	13,17
5	95,00	26,00	10,04	42,33	137,33	16,33
6	99,34	26,00	19,55	28,48	127,82	2,48
7	96,43	26,00	24,63	26,31	122,74	0,31
8	93,70	26,00	21,42	32,25	125,95	6,25
9	97,13	26,00	14,97	35,27	132,40	9,27
10	96,29	26,00	10,31	40,77	137,06	14,77
11	94,54	26,00	8,68	44,15	138,69	18,15
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	1,49	52,83	145,88	26,83
14	90,00	26,00	7,90	49,47	139,47	23,47
15	90,00	26,00	10,57	46,80	136,80	20,80
16	90,00	18,00	10,83	46,54	136,54	28,54
17	90,00	18,00	10,76	46,61	136,61	28,61
18	90,00	18,00	8,41	48,96	138,96	30,96
В.б.	100,00	26,00	0,06	30,05	130,05	4,05



Таблиця Б.14 4.44 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	19,68	27,69	127,69	1,69
2	100,00	26,00	21,11	26,26	126,26	0,26
3	98,86	26,00	28,27	20,24	119,10	-5,76
4	95,00	26,00	15,16	37,21	132,21	11,21
5	95,00	26,00	11,76	40,61	135,61	14,61
6	99,34	26,00	23,43	24,60	123,94	-1,40
7	96,43	26,00	28,12	22,82	119,25	-3,18
8	93,70	26,00	24,86	28,81	122,51	2,81
9	97,13	26,00	19,01	31,23	128,36	5,23
10	96,29	26,00	11,79	39,29	135,58	13,29
11	94,54	26,00	10,24	42,59	137,13	16,59
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	1,49	52,91	145,96	26,91
14	90,00	26,00	8,45	48,92	138,92	22,92
15	90,00	26,00	11,39	45,98	135,98	19,98
16	90,00	18,00	12,15	45,22	135,22	27,22
17	90,00	18,00	12,24	45,13	135,13	27,13
18	90,00	18,00	9,04	48,33	138,33	30,33
В.б.	100,00	26,00	0,06	27,75	127,75	1,75

Таблиця Б.15 4.45 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напорів від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напорів у вузлі, м
1	100,00	26,00	22,17	25,20	125,20	-0,80
2	100,00	26,00	24,18	23,19	123,19	-2,81
3	98,86	26,00	32,19	16,32	115,18	-9,68
4	95,00	26,00	17,08	35,29	130,29	9,29
5	95,00	26,00	13,36	39,01	134,01	13,01
6	99,34	26,00	27,82	20,21	119,55	-5,79
7	96,43	26,00	32,29	18,65	115,08	-7,35
8	93,70	26,00	29,47	24,20	117,90	-1,80
9	97,13	26,00	24,56	25,68	122,81	-0,32
10	96,29	26,00	13,09	37,99	134,28	11,99
11	94,54	26,00	11,64	41,19	135,73	15,19
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	1,33	52,99	146,04	26,99
14	90,00	26,00	9,06	48,31	138,31	22,31
15	90,00	26,00	12,35	45,02	135,02	19,02
16	90,00	18,00	13,43	43,94	133,94	25,94
17	90,00	18,00	13,87	43,50	133,50	25,50
18	90,00	18,00	9,71	47,66	137,66	29,66
В.б.	100,00	26,00	0,06	25,26	125,26	-0,74

Таблиця Б.16 4.46 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напорів від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напорів у вузлі, м
1	100,00	26,00	18,93	28,44	128,44	2,44
2	100,00	26,00	19,68	27,69	127,69	1,69
3	98,86	26,00	29,64	18,87	117,73	-7,13
4	95,00	26,00	16,48	35,89	130,89	9,89
5	95,00	26,00	12,14	40,23	135,23	14,23
6	99,34	26,00	20,06	27,97	127,31	1,97
7	96,43	26,00	26,56	24,38	120,81	-1,62
8	93,70	26,00	22,28	31,39	125,09	5,39
9	97,13	26,00	15,10	35,14	132,27	9,14
10	96,29	26,00	11,78	39,30	135,59	13,30
11	94,54	26,00	10,13	42,70	137,24	16,70
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	1,71	52,61	145,66	26,61
14	90,00	26,00	7,35	50,02	140,02	24,02
15	90,00	26,00	11,06	46,31	136,31	20,31
16	90,00	18,00	12,31	45,06	135,06	27,06
17	90,00	18,00	12,20	45,17	135,17	27,17
18	90,00	18,00	11,38	45,99	135,99	27,99
В.б.	100,00	26,00	0,06	28,50	128,50	2,50

Таблиця Б.17 4.47 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	24,80	22,57	122,57	-3,43
2	100,00	26,00	25,68	21,69	121,69	-4,31
3	98,86	26,00	42,10	6,41	105,27	-19,59
4	95,00	26,00	23,95	28,42	123,42	2,42
5	95,00	26,00	17,73	34,64	129,64	8,64
6	99,34	26,00	25,70	22,33	121,67	-3,67
7	96,43	26,00	33,26	17,68	114,11	-8,32
8	93,70	26,00	27,03	26,64	120,34	0,64
9	97,13	26,00	19,46	30,78	127,91	4,78
10	96,29	26,00	15,82	35,26	131,55	9,26
11	94,54	26,00	14,19	38,64	133,18	12,64
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	1,87	52,45	145,50	26,45
14	90,00	26,00	7,13	50,24	140,24	24,24
15	90,00	26,00	13,14	44,23	134,23	18,23
16	90,00	18,00	17,04	40,33	130,33	22,33
17	90,00	18,00	17,02	40,35	130,35	22,35
18	90,00	18,00	17,04	40,33	130,33	22,33
В.б.	100,00	26,00	0,06	22,63	122,63	-3,37

Таблиця Б.18 4.48 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 11 і 12. Заростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	33,59	13,78	113,78	-12,22
2	100,00	26,00	34,56	12,81	112,81	-13,19
3	98,86	26,00	65,20	-16,69	82,17	-42,69
4	95,00	26,00	34,19	18,18	113,18	-7,82
5	95,00	26,00	25,96	26,41	121,41	0,41
6	99,34	26,00	33,72	14,31	113,65	-11,69
7	96,43	26,00	42,40	8,54	104,97	-17,46
8	93,70	26,00	33,20	20,47	114,17	-5,53
9	97,13	26,00	25,21	25,03	122,16	-0,97
10	96,29	26,00	21,10	29,98	126,27	3,98
11	94,54	26,00	19,46	33,37	127,91	7,37
12	92,00	26,00	0,00	55,37	147,37	29,37
13	93,05	26,00	2,04	52,28	145,33	26,28
14	90,00	26,00	6,79	50,58	140,58	24,58
15	90,00	26,00	17,10	40,27	130,27	14,27
16	90,00	18,00	24,49	32,88	122,88	14,88
17	90,00	18,00	23,91	33,46	123,46	15,46
18	90,00	18,00	27,28	30,09	120,09	12,09
В.б.	100,00	26,00	0,06	13,84	113,84	-12,16

Таблиця Б.19 4.49 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	18,20	25,16	125,16	-0,84
2	100,00	26,00	20,07	23,29	123,29	-2,71
3	98,86	26,00	22,59	21,91	120,77	-4,09
4	95,00	26,00	22,76	25,60	120,60	-0,40
5	95,00	26,00	21,20	27,16	122,16	1,16
6	99,34	26,00	17,55	26,47	125,81	0,47
7	96,43	26,00	21,36	25,57	122,00	-0,43
8	93,70	26,00	16,24	33,42	127,12	7,42
9	97,13	26,00	12,79	33,44	130,57	7,44
10	96,29	26,00	10,14	36,93	133,22	10,93
11	94,54	26,00	17,18	31,02	125,56	5,02
12	92,00	26,00	8,97	42,39	134,39	16,39
13	93,05	26,00	2,34	47,97	141,02	21,97
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	2,35	51,01	141,01	25,01
16	90,00	18,00	1,65	51,71	141,71	33,71
17	90,00	18,00	10,01	43,35	133,35	25,35
18	90,00	18,00	12,67	40,69	130,69	22,69
В.б.	100,00	26,00	0,06	25,22	125,22	-0,78

Таблиця. Б.20 4.50 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	24,85	18,51	118,51	-7,49
2	100,00	26,00	28,48	14,88	114,88	-11,12
3	98,86	26,00	29,00	15,50	114,36	-10,50
4	95,00	26,00	29,43	18,93	113,93	-7,07
5	95,00	26,00	27,31	21,05	116,05	-4,95
6	99,34	26,00	25,79	18,23	117,57	-7,77
7	96,43	26,00	27,64	19,29	115,72	-6,71
8	93,70	26,00	21,05	28,61	122,31	2,61
9	97,13	26,00	18,93	27,30	124,43	1,30
10	96,29	26,00	14,99	32,08	128,37	6,08
11	94,54	26,00	22,39	26,43	120,97	0,43
12	92,00	26,00	10,01	41,35	133,35	15,35
13	93,05	26,00	2,20	48,11	141,16	22,11
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	2,87	50,49	140,49	24,49
16	90,00	18,00	1,83	51,53	141,53	33,53
17	90,00	18,00	11,30	42,06	132,06	24,06
18	90,00	18,00	13,86	39,50	129,50	21,50
В.б.	100,00	26,00	0,06	18,57	118,57	-7,43

Таблиця Б.21 4.51 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-2-6-9-10-13-17 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	34,34	9,02	109,02	-16,98
2	100,00	26,00	40,94	2,42	102,42	-23,58
3	98,86	26,00	39,02	5,48	104,34	-20,52
4	95,00	26,00	40,90	7,46	102,46	-18,54
5	95,00	26,00	37,85	10,51	105,51	-15,49
6	99,34	26,00	37,83	6,19	105,53	-19,81
7	96,43	26,00	37,94	8,99	105,42	-17,01
8	93,70	26,00	29,21	20,45	114,15	-5,55
9	97,13	26,00	28,63	17,60	114,73	-8,40
10	96,29	26,00	23,16	23,91	120,20	-2,09
11	94,54	26,00	30,11	18,71	113,25	-7,29
12	92,00	26,00	11,57	39,79	131,79	13,79
13	93,05	26,00	2,02	48,29	141,34	22,29
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	3,71	49,65	139,65	23,65
16	90,00	18,00	2,02	51,34	141,34	33,34
17	90,00	18,00	12,88	40,48	130,48	22,48
18	90,00	18,00	15,43	37,93	127,93	19,93
В.б.	100,00	26,00	0,06	9,08	109,08	-16,92



Таблиця Б.22 4.52 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 10%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	15,26	28,10	128,10	2,10
2	100,00	26,00	16,25	27,11	127,11	1,11
3	98,86	26,00	23,62	20,88	119,74	-5,12
4	95,00	26,00	22,14	26,22	121,22	0,22
5	95,00	26,00	20,47	27,89	122,89	1,89
6	99,34	26,00	13,68	30,34	129,68	4,34
7	96,43	26,00	22,01	24,92	121,35	-1,08
8	93,70	26,00	16,59	33,07	126,77	7,07
9	97,13	26,00	10,01	36,22	133,35	10,22
10	96,29	26,00	7,98	39,09	135,38	13,09
11	94,54	26,00	17,00	31,82	126,36	5,82
12	92,00	26,00	8,11	43,25	135,25	17,25
13	93,05	26,00	2,61	47,70	140,75	21,70
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	2,78	50,58	140,58	24,58
16	90,00	18,00	2,02	51,34	141,34	33,34
17	90,00	18,00	11,17	42,19	132,19	24,19
18	90,00	18,00	15,16	38,20	128,20	20,20
В.б.	100,00	26,00	0,06	28,16	128,16	2,16

Таблиця Б.23 4.53 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 20%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	16,99	26,37	126,37	0,37
2	100,00	26,00	18,06	25,30	125,30	-0,70
3	98,86	26,00	31,15	13,35	112,21	-12,65
4	95,00	26,00	26,02	22,34	117,34	-3,66
5	95,00	26,00	23,77	24,59	119,59	-1,41
6	99,34	26,00	15,28	28,74	128,08	2,74
7	96,43	26,00	27,76	19,17	115,60	-6,83
8	93,70	26,00	20,42	29,24	122,94	3,24
9	97,13	26,00	11,08	35,15	132,28	9,15
10	96,29	26,00	8,73	38,34	134,63	12,34
11	94,54	26,00	19,09	29,73	124,27	3,73
12	92,00	26,00	7,73	43,63	135,63	17,63
13	93,05	26,00	2,79	47,52	140,57	21,52
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	3,91	49,45	139,45	23,45
16	90,00	18,00	2,85	50,51	140,51	32,51
17	90,00	18,00	14,58	38,78	128,78	20,78
18	90,00	18,00	21,27	32,09	122,09	14,09
В.б.	100,00	26,00	0,06	26,43	126,43	0,43

Таблиця Б.24 4.54 – Результати розрахунку вільних напорів для режиму подачі води в годину максимального водоспоживання. Точка підключення водоводів до мережі у вузлах 14. Зростання ділянок 1-3-7-8-15-14-16-17-18-12-11-5-4 – 30%.

№ вузла	Абсолютна позначка землі	Потрібний вільний напір	Сумарні втрати напору від вузла до точки підключення	Фактичний напір у вузлі	Фактична п'єзометрична позначка вузла	Запас напору у вузлі, м
1	100,00	26,00	18,69	34,67	124,67	-1,33
2	100,00	26,00	19,87	23,49	123,49	-2,51
3	98,86	26,00	43,59	0,91	99,77	-25,09
4	95,00	26,00	30,47	17,89	112,89	-8,11
5	95,00	26,00	27,48	20,88	115,88	-5,12
6	99,34	26,00	16,98	27,04	126,36	1,04
7	96,43	26,00	35,10	11,83	108,26	-14,17
8	93,70	26,00	24,89	24,77	118,47	-1,23
9	97,13	26,00	12,21	34,02	131,15	8,02
10	96,29	26,00	9,51	37,56	133,85	11,56
11	94,54	26,00	21,23	27,59	122,13	1,59
12	92,00	26,00	7,19	44,17	136,17	18,17
13	93,05	26,00	2,96	47,35	140,40	21,35
14	90,00	26,00	0,00	53,36	143,36	27,36
15	90,00	26,00	5,74	47,62	137,62	21,62
16	90,00	18,00	4,32	49,04	139,04	31,04
17	90,00	18,00	19,86	33,50	123,50	15,50
18	90,00	18,00	33,68	19,68	109,68	1,68
В.б.	100,00	26,00	0,06	24,73	124,73	-1,27

## ВІДГУК

керівника на кваліфікаційну роботу магістра

здобувача ступеня вищої освіти «магістр» \_\_\_\_\_

Буки Єлизавети Русланівни \_\_\_\_\_

(П.І.Б.).

Кваліфікаційна випускна робота на тему Аналіз динаміки напорів у водопровідній мережі при зміні гідравлічних умов її роботи.

Виконана згідно до завдання, відповідає темі, містить 8 листів  
(не) згідно (не) відповідає

графічного матеріалу і пояснювальну записку з \_\_\_\_\_ сторінок, підписана консультантами і має рецензію.

1. Актуальність теми, наявність замовлення роботи підприємством (організацією) Сучасний стан водопровідно-каналізаційних господарств більшості міст України характеризується дефіцитом фінансових ресурсів, необхідних для належної експлуатації та обслуговування систем водопостачання та водовідведення. Сучасний розвиток водопостачання в Україні іде шляхом реконструкції та інтенсифікації роботи діючих водопровідних мереж. Вибір оптимальної структури мережі є першим етапом на шляху вдосконалення їх роботи. Також треба враховувати зміни в умовах живлення, мінімізувати ризики, прогнозувати динаміку вузлових напорів на стадії проектування мереж.

2. Глибина обґрунтувань прийнятих рішень (повнота розрахунків, наявність багатоваріантності) Запропоновані в роботі науково-практичні рішення мають достатнє обґрунтування, повнота розрахунків та наявність багатоваріантності підтверджують актуальність досліджень.

3. Загальний рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти «магістр». Рівень підготовки та ерудиції здобувача ступеня вищої освіти відповідає прийнятим вимогам.

4. Творчий потенціал і ступінь самостійності студента у вирішенні поставлених задач наукова робота виконана автором самостійно на достатньо професійному рівні, є творчою та оригінальною.

5. Науковий рівень (для робіт дослідницького характеру) та глибина експериментальних досліджень Дослідницька робота має як наукове так і

практичне значення, результати рекомендовані для застосування в роботі комунальних підприємств міста

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 При написанні даної наукової праці використані сучасні системні та інформаційні технології, при виконанні гідравлічних розрахунків використані елементи комп'ютерного моделювання.

7. Відповідність оформлення до вимог діючих стандартів Робота оформлена відповідно до вимог діючих стандартів.

8. Дотримання студентом графіка виконання роботи дотримано


9. Наукова цінність роботи, практична значимість. Результати досліджень можуть бути використані проєктними філіями комунальних підприємств для вибору оптимального трасування водопровідної мережі та експлуатаційними філіями для визначення розташування вузлів контролю тиску.

10. У кваліфікаційній роботі можна відмітити такі недоліки У кваліфікаційній роботі бажано було б визначити кошторисну вартість водопровідної мережі.

Кваліфікаційна випускна робота магістра у цілому виконана на високому рівні і при відповідному захисті заслуговує на оцінку:

Кількість балів: 100 За національною шкалою: відмінно ЄКТС: A .

Керівник доцент, к.т.н.  
(посада, науковий ступінь)

  
(підпис)

Добровольська О.Г.  
(П.І.Б.)

## РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу здобувача ступеня вищої освіти «магістр»\_\_

Буки Єлизавети Русланівни

на тему Аналіз динаміки напорів у водопровідній мережі при зміні гідравлічних умов її роботи

Робота виконана згідно до завдання відповідає темі,  
(не) згідно не (відповідає)

містить 8 листів графічного матеріалу і пояснювальну записку на 100 сторінках.

1. Актуальність теми (повнота постановки проблеми, формування проблеми та її значимість, постановка завдань досліджень) Тема наукової роботи є актуальною, аргументована необхідність у дослідженні впливу зміни гідравлічних умов роботи мережі на вузлові напори. Показана значимість прогнозування утворення районів з недостатніми та надмірними тисками на стадії проєктування водопровідних мереж та під час їх експлуатації..

2. Ступінь науковості роботи (широта вивчення результатів досліджень за проблемою, методика дослідження, наявність елементів наукової новизни та ступінь їх розробки) Робота виконана на високому науковому рівні, вивчення даної проблеми є широко виваженим, застосовані загальнонаукові методи досліджень, робота має елементи наукової новизни: визначено поняття «зони напорів»; встановлено, що зміни гідравлічних умов роботи мережі, пов'язані зі змінами пропускної здатності ділянок, змінами в умовах живлення мережі змінюють динаміку вузлових напорів та повинні враховуватись при управлінні поточкорозподілом.

Якість подачі матеріалу роботи (ступінь взаємозв'язку розділів роботи, застосування комп'ютерних технологій, чіткість і технічна грамотність оформлення роботи, науковий стиль викладення матеріалу) Кваліфікаційна робота виконана відповідно до календарного плану, тема розкрита повністю, розділи логічно пов'язані між собою, застосовані комп'ютерні технології, матеріал чітко підпорядковується поставленим завданням, оформлення технічно грамотне.

4. Практична значимість результатів роботи (рівень реальності результатів та пропозицій, техніко – економічні показники запропонованих рішень, наявність публікацій за темою роботи) Наукова робота має як суто наукове, так і практичне значення з огляду на актуальність теми. Результати досліджень представлені розробленою методикою та рекомендаціями диспетчерським службам комунальних підприємств для оптимізації управління роботою мережі. Результати дослідження відповідають потребам часу, мають перспективу впровадження. Результати роботи доповідались на I Всеукраїнській науково-практичній конференції здобувачів вищої освіти, аспірантів та молодих вчених «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проводилась 19-21 жовтня 2021 року, на IV Міжнародній науково-практичній конференції «Водопостачання і водовідведення: проектування, будівництво, експлуатація, моніторинг», яка відбулась у м. Львів 20-22 жовтня 2021 року, на Міжнародній науково-практичній конференції ІННІ ім. Ю.М. Потебні ЗНУ «Перспективи сталого розвитку в умовах глобалізації в економічному, управлінському та інженерному аспектах», яка проводилась 3 – 4 листопада 2022

5. Недоліки роботи При дослідженні динаміки напорів слід було б надати чисельну оцінку території районів з недостатніми напорами. Ці зауваження не суттєво впливають на якість виконання роботи.

6. Кваліфікаційна випускна робота у цілому виконана на високому рівні і заслуговує оцінки:

кількість балів 100

за національною шкалою відмінно

за шкалою ЄКТС А

Рецензент \_\_\_\_\_ доцент, к.т.н., кафедри МБА \_\_\_\_\_  
(посада, місце роботи)

\_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_ Банах А.В. \_\_\_\_\_