

**МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ**

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

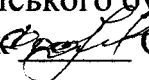
КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА


магістра

на тему: **«АНАЛІЗ РОБОТИ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ В УМОВАХ
ЗМІНИ ДОБОВОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ»**

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

ТІШИН ОЛЕКСАНДР ВОЛОДИМИРОВИЧ

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

Рецензент: професор кафедри промислового та цивільно-
го будівництва, докт. техн. наук  В. А. Банах

Запоріжжя
2023

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри _____



« 03 » _____ травня _____ 20 23 року

**ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ МАГІСТРАНТУ**

Тішину Олександр Володимировичу _____

(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи (проекту) Аналіз роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання

2. Строк подання роботи: 05.12.2023

3. Вихідні дані до роботи: схема водопровідної мережі з 12 контурів, 21 вузла, 32 ділянок, насосна станція продуктивністю 70000 м³/добу, мета роботи, завдання до виконання обраних досліджень, об'єкт досліджень, предмет досліджень, очікувані методи виконання досліджень

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. Аналіз процесу подачі та розбору води з урахуванням показників математичної статистики. 1.1 Аналіз факторів, що впливають на структуру водоспоживання. 1.2 Аналіз показників імовірності витрат води в мережі. 1.3 Вплив забезпеченості подачі води на режими водоспоживання. 1.4 Теоретична модель системи подачі та розподілу води. 1.5 Задачі дослідження. 2. Методика дослідження. 3. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі. 3.1. Особливості режимів роботи системи подачі та розподілу води в мережі з контррезервуаром. 3.2. Визначення погодинних розподілів витрат води. 3.3. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі в добу максимального водоспоживання. 3.4. Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу середнього водорозбору. 3.5. Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу мінімального водорозбору. 3.6. Гідравлічні розрахунки для типових годин в добу максимального водоспоживання. 3.7. Побудова н'єзометричних карт для розрахункових режимів. 4. Аналіз роботи системи подачі і розподілу води. 4.1. Розрахунок і побудова

графіків сумісної роботи водоводів, мережі і насосів насосної станції другого підйому. 4.2. Аналіз роботи насосів і уточнення їх робочих характеристик.
Висновки.

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

1. Генплан міста. 2. Схема водопровідної мережі міста. 3. Графіки подачі та споживання для діб максимального, середнього та мінімального водоспоживання. 4. П'єзометричні карти для годин максимального водоспоживання, максимального транзиту. 5. П'єзометричні карти для годин мінімального та середнього водоспоживання. 6. Графіки сумісної роботи водоводів та насосів (доба максимального водоспоживання). 7. Графіки сумісної роботи водоводів та насосів (доба середнього та мінімального водоспоживання). 8. Скореговані суміщені графіки роботи насосів, водоводів та мережі.

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання _____

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Примітка
1	1. Аналіз процесу подачі та розбору води з урахуванням показників математичної статистики.	15.10.23	
2	2. Методика дослідження Листи 1, 2.	5.11.23	
3	3. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі. Листи 3, 4.	10.11.23	
4	4. Аналіз роботи системи подачі і розподілу води. Листи 5, 6.	15.11.23	
5	Висновки. Листи 7, 8.	20.11.23	
6	Презентація. підготовка доповіді	26.11.23	
7	Попередній захист	11.12.23	

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

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

Нормоконтроль пройдено

Нормоконтролер І.В. Гребенюк (підпис)
 (ініціали та прізвище)

ЗМІСТ

Завдання на кваліфікаційну роботу

Реферат.....	5
Summary.....	6
Вступ.....	7
РОЗДІЛ 1. АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ ТА РОЗБОРУ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ ПОКАЗНИКІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ	10
1.1. Аналіз факторів, що впливають на структуру водоспоживання.....	10
1.2. Аналіз показників імовірності витрат води в мережі.....	10
1.3. Вплив забезпеченості подачі води на режими водоспоживання.....	12
1.4. Теоретична модель системи подачі та розподілу води.....	16
1.5. Задачі дослідження.....	19
2. МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ.....	20
3. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ.....	22
3.1. Особливості режимів роботи системи подачі та розподілу води в мережі з контррезервуаром.....	22
3.2. Визначення погодинних розподілів витрат води.....	24
3.3. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі в добу максимального водоспоживання.....	29
3.3.1 Визначення годинних витрат води.....	29
3.3.2 Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів.....	31
3.3.3 Розрахунок регулюючих місткостей.....	32
3.3.4 Визначення вузлових і шляхових витрат.....	35
3.3.5 Вихідні розрахункові схеми мережі.....	39
3.3.6 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі для розрахункових режимів в добу максимального водоспоживання.....	43
3.4. Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу середнього водорозбору.....	43

3.4.1	Визначення середньої добової витрати.....	43
3.4.2	Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів.....	45
3.4.3	Визначення вузлових і шляхових витрат.....	46
3.4.4	Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі.....	48
3.5.	Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу мінімального водорозбору.....	48
3.5.1	Визначення мінімальної добової витрати.....	48
3.5.2	Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів.....	50
3.5.3	Визначення вузлових і шляхових витрат.....	51
3.5.4	Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі.....	53
3.6.	Гідравлічні розрахунки для типових годин в добу максимального водоспоживання.....	54
3.6.1	Визначення погодинних витрат води.....	54
3.6.2	Визначення вузлових і шляхових витрат.....	54
3.6.3	Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі.....	55
3.7.	Побудова п'єзометричних карт для розрахункових режимів.....	58
4.	АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ПОДАЧІ І РОЗПОДІЛУ ВОДИ	65
4.1.	Розрахунок і побудова графіків сумісної роботи водоводів, мережі і насосів насосної станції другого підйому.....	65
4.2.	Аналіз роботи насосів і уточнення їх робочих характеристик.....	72
4.2.1	Аналіз роботи насосів в добу максимального водопостачання.....	72
4.2.2	Аналіз роботи насосів в добу середнього водопостачання.....	73

4.2.3	Аналіз роботи насосів в добу мінімального водопостачання.....	75
	Висновки.....	79
	Перелік посилань.....	81
	Додаток А.....	87
	Додаток Б.....	88
	Додаток В.....	89
	Додаток Г.....	90
	Додаток Д.....	91
	Додаток Е.....	92
	Додаток Ж.....	93
	Додаток К.....	94
	Додаток Л.....	95
	Додаток М.....	96
	Додаток Н.....	98
	Додаток П.....	100
	Додаток Р.....	102
	Додаток С.....	104
	Додаток Т.....	105
	Додаток У.....	106
	Додаток Ф.....	107

РЕФЕРАТ

Кваліфікаційна робота магістра «Аналіз роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання»: 107 с., 32 рис., 35 табл., 47 джерел, 17 додатків.

Ключові слова: ВОДОНАПРНА БАШТА, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, НАСОСНА СТАНЦІЯ; НАСОСНЕ ОБЛАДНАННЯ; РЕЖИМИ РОБОТИ.

Об'єкт дослідження насосна станція продуктивністю 70000 м³/добу.

Предмет дослідження – гідравлічні режими роботи мережі транспортування води та насосного обладнання.

Мета роботи – визначення оптимальних гідравлічних режимів роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання протягом року.

Методи дослідження: методи математичного моделювання, методи гідравлічних розрахунків.

Розроблена методика визначення енергоощадних режимів роботи насосного обладнання.

Розроблено та обґрунтовано методику вибору насосного обладнання за результатами аналізу графіків сумісної роботи насосів та мережі транспортування води.

Результати роботи можуть бути використані проєктними відділами комунальних підприємств для уточнення кількості та робочих характеристик насосного обладнання, визначення оптимальних режимів роботи насосних станцій на стадії проєктування, реконструкції, відновлення зруйнованої інфраструктури населених пунктів в умовах ліквідації наслідків бойових дій

SUMMARY

Master's qualifying paper «Analysis of operation of pumping equipment under the changes in daily water consumption»: 107 pages, 32 figures, 35 tables, 47 references, 17 supplements.

Keywords: WATER TOWER, HYDRAULIC CALCULATION, PUMPING STATION; PUMPING EQUIPMENT; MODES OF WORK.

The object of the study is the pumping station with a capacity of 70,000 m³/day.

The subject of the study is the hydraulic modes of operation of the water transportation network and pumping equipment.

The aim of the study is the determination of the optimal hydraulic modes of operation of pumping equipment in conditions of changes in daily water consumption during the year.

The method of research are the methods of mathematical modeling, the methods of hydraulic calculations.

A technique for determining energy-saving operating modes of pumping equipment has been developed.

The methodology for the selection of pumping equipment has been developed and substantiated based on the results of the analysis of the schedules of the combined operation of the pumps and the water transportation network.

The results of the work can be used by the project departments of utility companies to clarify the number and operating characteristics of pumping equipment, determine the optimal operating modes of pumping stations at the stage of design, reconstruction, and restoration of the destroyed infrastructure of settlements in the conditions of elimination of the consequences of hostilities.

Вступ

Актуальність роботи. Система водопостачання повинна мати певний ступінь надійності з забезпечення споживачів водою без неприпустимого зниження встановлених показників своєї роботи щодо кількості або якості води, що подається. Прийняті графіки режиму водоспоживання кладуться в основу розрахунку водопровідних мереж і споруд і визначають значною мірою вартість системи та витрати на її експлуатацію. Тому точне прогнозування режиму водоспоживання являє собою одну з найбільш відповідальних завдань при проектуванні систем водопостачання. Єдиним правильним методом розв'язання задачі є вивчення та аналіз режиму витрачання води в теперішніх водопроводах населених місць і виявлення основних факторів, що впливають на характер режиму водоспоживання міста.

Графік роботи насосної станції слід приймати відповідно до графіка водоспоживання забезпечуючи при цьому найбільш економічну роботу насосних станцій, найменший тиск у насосів, найменшу можливу кількість їх типів та кількості на станції, а також найменшу місткість водонапірної башти.

Система водопостачання повинна бути запроєктована найбільш економічно. Правильний з економічної точки зору розрахунок водопровідних ліній повинен враховувати взаємозв'язок їх роботи з роботою насосних станцій і забезпечувати економічно найвигідніше рішення цього комплексу.

Доцільно також проведення розрахунків системи подачі та розподілу води на мінімальну годинну витрату в добу найменшого водоспоживання, при якому можуть мати місце найбільші величини тисків у мережі, а також розрахунків на середню годинну витрату в добу середнього водоспоживання, які дадуть можливість орієнтовно визначити усереднену за розрахунковий строк величину витрат енергії на підйом води.

Мета роботи і задачі дослідження. Метою роботи є визначення оптимальних гідравлічних режимів роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання протягом року.

У роботі було вирішено наступні задачі:

1. Визначити розрахункові режими роботи насосів та мережі транспортування води.
2. Виконати гідравлічні розрахунки мережі транспортування води для наступних режимів:
 - максимального добового водоспоживання;
 - середнього добового водоспоживання;
 - мінімального добового водоспоживання.
3. обладнання для системи водоспоживання
4. Побудувати графіки сумісної роботи насосів та мережі, та виконати аналіз роботи насосної станції:
 - за добу максимального добового водоспоживання;
 - за добу середнього добового водоспоживання;
 - за добу мінімального добового водоспоживання.
5. Розробити рекомендації стосовно раціонального вибору насосів та забезпечення оптимальних режимів їх роботи.

Методи дослідження: методи математичного моделювання, методи гідравлічних розрахунків.

Об'єктом дослідження є насосна станція продуктивністю 70000 м³/добу.

Предметом дослідження є гідравлічні режими роботи мережі транспортування води та насосного обладнання.

Наукова новизна одержаних результатів полягає в перспективності практичного використання з'ясованих в кваліфікаційній роботі особливостей підбору насосів та забезпечення їх нормальної роботи в системі з контррезервуаром в умовах зміни добового водоспоживання протягом року (добу максимального, середнього та мінімального водоспоживання) та в характерні години відповідних діб.

Розроблена методика визначення енергоощадних режимів роботи насосного обладнання.

Розроблено та обґрунтовано методику вибору насосного обладнання за результатами аналізу графіків сумісної роботи насосів та мережі транспортування води.

Практичне значення одержаних результатів роботи. Практична цінність роботи полягає у можливості впровадження в технологічний процес водопостачання рекомендованого способу регулювання роботи насосів в добу мінімального водоспоживання зміною частоти обертів електродвигуна, що зменшить регульовальна місткість та величину надлишкових тисків.

Результати роботи можуть бути використані проєктними відділами комунальних підприємств для уточнення кількості та робочих характеристик насосного обладнання, визначення оптимальних режимів роботи насосних станцій на стадії проєктування, реконструкції, відновлення зруйнованої інфраструктури населених пунктів в умовах ліквідації наслідків бойових дій.

Апробація роботи. Головні положення доповідались на XVI університетської науково-практичної конференції студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023» [11], що проходила 17-22 квітня 2023 року, Міжнародній науково-практичній конференції «Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України» [25], яка проходила 25–26 травня 2023 року, м. Запоріжжя, III Всеукраїнській науково-практичній конференції за участю молодих науковців «Актуальні питання сталого науково-технічного та соціально-економічного розвитку регіонів України», яка проходила 17-20 жовтня 2023 року, м. Запоріжжя.

РОЗДІЛ 1.

АНАЛІЗ ПРОЦЕСУ ПОДАЧІ ТА РОЗБОРУ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ ПОКАЗНИКІВ МАТЕМАТИЧНОЇ СТАТИСТИКИ

1.1. Аналіз факторів, що впливають на структуру водоспоживання

Аналіз стану систем подачі і розподілення води населених пунктів України показує, що на структуру водоспоживання впливають такі фактори [32, с. 8 – 12].

По-перше, зміни витрат води, що мають не тільки циклічний добовий і сезонний характер, але й тенденцію до зменшення їх загальних величин, що обумовлене впровадженням раціональних методів водокористування.

По-друге, збільшення гідравлічних опорів водопровідних труб у процесі експлуатації, причиною якого є утворення відкладень на їх внутрішній поверхні (в основу через корозію сталевих і чавунних труб).

По-третє, на більшості водопровідних ліній та інших елементів системи подачі і розподілення води у зв'язку з інтенсивним старінням і зношенням постійно знижується.

По-четверте, ефективність роботи насосного обладнання є низькою через невідповідність його параметрів існуючим змінним режимам роботи і подачі води, що обумовлено, зокрема, недосконалістю традиційних методів підбору насосів для системи подачі і розподілення води.

По-п'яте, функціональні показники системи подачі і розподілення води (питомі витрати електроенергії, втрати води через витоки, аварійність), як правило не відповідають їх номінальним величинам. Це пов'язано не тільки перманентними змінами параметрів окремих елементів системи подачі і розподілення води, але й змінами їх структурних схем через регулярні ремонти, вилучення заміни та будівництво нових водопровідних ліній, підключення чи ліквідацію окремих споживачів.

Такий стан системи подачі і розподілення води вказує на необхідність їх повної реновації, що передбачає не тільки масову заміну трубопроводів та обладнання, але й заміну умов проектування х реконструкції та модернізації з

урахуванням існуючих проблем і тенденцій розвитку, зміну основних параметрів у процесі експлуатації, також вимог ресурсозабезпечення.

1.2. Аналіз показників імовірності витрат води в мережі

Одним із чинників, що визначає витрату води з мережі водопостачання, а отже ефективність режиму водоподачі та електроспоживання, є водоспоживання, яке має випадковий характер та формується під впливом кліматичних та соціальних чинників. Режим подачі води в мережу водопостачання визначається поочним водорозбором, тобто, водоспоживанням [6]. Графік водоподачі повинен максимально відповідати графіку водоспоживання [6]. Водоспоживання є одним із зовнішніх чинників, що визначає режим водоподачі та енергоефективність режиму роботи насосної системи. Забезпечення ефективної організації технологічного процесу водопостачання вимагає змін водоспоживання [6]. На характер водоспоживання впливає низка факторів – сезони, погодні явища, державні та релігійні свята. Споживання води нерівномірне протягом протягом року та протягом доби [6]. Таким чином, водоспоживання випадковий процес, що формується під впливом кліматичних (зміни температури повітря, виникнення атмосферних явищ і опадів) та соціальних чинників (зміни укладу життєдіяльності населення залежно від типу дня (робочі, вихідні), часу доби [6]. Наприклад, аналіз результатів опису графіків витрат води показує, що водоспоживання у вихідні є більш рівномірним, ніж у робочі [6]. Для графіку витрат води вихідних днів характерним є заміщення максимумів водоспоживання порівняно з робочими днями. Водоспоживання можна охарактеризувати втратою води з мережі водоспоживання [6].

При експлуатації систем подачі та розподілу води, а особливо ЖКГ, їх параметри безперервно змінюються у часі, що обумовлено відключенням окремих споживачів, зміною місцевих гідравлічних опорів у споживачів (регулювання кранів, засувок), відключенням насосних агрегатів, аварійними ситуаціями тощо [36, с. 8]. Теорія неусталеного руху рідини (гідравлічного удару) закладена М.Є. Жуковським і знайшла своє продовження в роботах І.А. Чарного,

Б.Ф. Лямаєва, К.П. Вишневського, Б.Й. Боровського, Б.В. Овсяннікова, R. Angus, L. Allievi, J. Fox, O. Schnyder та інших [36, с. 8]. Однак розрахунок перехідних процесів у системі подачі і розподілення води зі змінним опором гідравлічної мережі знаходиться на стадії становлення і досі не отримав широкого застосування. Втрати енергії на неусталених режимах роботи СПРВ досліджені недостатньо [36, с. 8].

Проведена систематизація чисельних способів регулювання насосних установок дозволяє встановити, що ефективність їх застосування оцінюється переважно на якісному рівні, крім того, немає ефективної оцінки придатності кожного з них для потреб галузі водопостачання ЖКГ [36, с. 8].

Система подачі і розподілу води як технічна система, що характеризується складними взаємозв'язками між елементами, перетворенням енергії з одного виду в інший, невизначеністю технічних характеристик елементів, безліччю робочих станів як кожного елемента, так і системи в цілому, потребує цілісного системного аналізу [36, с. 8].

В напірних системах подачі та розподілу води основними гідравлічними параметрами протікання технологічного процесу є витрата і тиск. Основні гідравлічні параметри жорстко пов'язані між собою, і змінити будь-який з них не змінюючи інший неможливо. Керувати основними параметрами насосної станції, тобто здійснювати цілеспрямовану їх зміну, можливо тільки змінюючи $H(Q)$ характеристики насосної станції. Дроселювання на виході з насоса, як спосіб керування $H(Q)$ характеристикою насосної станції, безумовно пов'язане з втратами енергії та більш низькою енергоефективністю процесу, у порівнянні з сучасними способами регулювання (регулювання зміною частоти обертання робочого колеса насоса та зміною кількості одночасно працюючих насосів). Але зважаючи на те, що організація регулювання дроселюванням відносно маловитратна і не потребує складних технічних рішень, то даний спосіб регулювання параметрів потоку рідини на виході з насосної станції широко використовується у вітчизняній і світовій практиці.

1.3. Вплив забезпеченості подачі води на режими водоспоживання

При проектуванні і експлуатації систем подачі і розподілу води задаються деякими нормованими графіками відбору води впродовж доби, року тощо. Нормовані графіки водоспоживання (отримані на основі вивчення та аналізу фактичних режимів водоспоживання населених пунктів), характеризуються наступними коефіцієнтами, які приймаються відповідно до СНіП 2.04.02–84 [7]: β , який враховує чисельність мешканців у населеному пункті; α , який враховують ступінь благоустрою будинків, режими роботи підприємств тощо; коефіцієнтами сезонної та добової нерівномірності K .

При дослідженні режимів роботи насосних установок за тривалий проміжок часу добовими графіками водоспоживання користуватися не зручно, оскільки вони суттєво відрізняються один від одного за днями тижня, порами року тощо. Їх практично неможливо описати математичними залежностями. З цих причин для аналізу режимів роботи насосних установок в роботі [35] пропонується користуватися впорядкованими діаграмами водопостачання. Під впорядкованою діаграмою водопостачання розуміється крива, що сполучає розташовані у порядку зростання ординати добових графіків водопостачання за проміжок часу, наприклад, рік, місяць, добу.

Побудова впорядкованої діаграми водоспоживання в безрозмірних координатах базується на наступних позиціях: площа під впорядкованою діаграмою дорівнює 1, а вісь абсцис змінюється в проміжках $[0, 1]$.

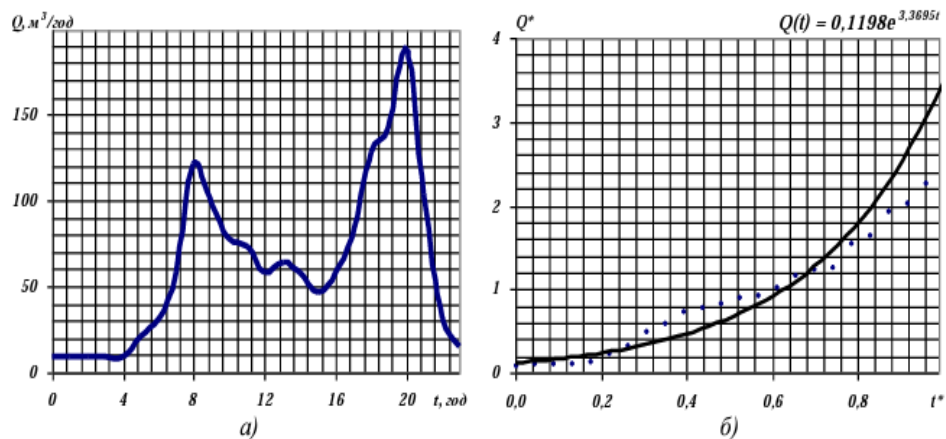


Рис. 1.1 - Добова нерівномірність водоспоживання мікрорайону з числом мешканців біля 5 тис. чол.: а) фактична; б) впорядкована діаграма

Вище представлена впорядкована діаграма водоспоживання мікрорайону з числом мешканців біля 5 тис. чол. та визначена залежність $Q = f(t)$. В роботі [35] наведена методика побудови впорядкованої діаграми водоспоживання та визначена залежність $Q = f(t)$ для отриманого експериментально графіку добового водопостачання. В роботі [38] виконано системний аналіз функціонування системи подачі і розподілу води, на основі якого встановлено, що споживач має власну характеристику в координатах $H = f(Q)$, функціонування системи націлене на забезпечення вказаної характеристики. Отже, параметри потоку на виході із системи є об'єктом регулювання, а можливість забезпечення характеристики споживача є умовою придатності різних способів регулювання. При розгляді всіх можливих способів зміни режиму роботи насоса встановлено, що: частина з них є не способами регулювання, а способами налаштування насоса на конкретні параметри (підрізка робочого колеса, затилровка тощо); частина – непридатна за динамічними характеристиками або глибиною регулювання (зміна кутів установки лопаток випрямляючих та направляючих апаратів, наповнення та опорожнення муфти тощо); частина – не дозволяє підтримувати у споживача тиск у заданому діапазоні. Придатними, у цьому випадку, є регулювання зміною кількості одночасно працюючих насосних агрегатів (далі ступеневе регулювання) та зміною частоти обертання робочого колеса насоса (далі частотне регулювання).

Система подачі і розподілу води на сучасному етапі є складним комплексом інженерних споруд, машин і апаратів. Кожен елемент системи подачі і розподілу виконує специфічні функції та характеризується певними параметрами. Система подачі і розподілу води в житлово-комунальному господарстві характеризуються безліччю робочих станів, при цьому елементи системи не завжди працюють у власних робочих діапазонах з максимальною ефективністю, що може призводити до виходу з ладу елемента та зниження ефективності системи в цілому. Підвищення ж ефективності роботи окремого елемента системи не завжди гарантує підвищення ефективності функціонування системи в цілому [38, с. 57].

У системі подачі і розподілу води проходить процес перетворення електричної енергії в гідравлічну енергію рідини. Вхідним елементом є вода (об'єм V_n , м³) з певним значенням початкової гідравлічної енергії. До ресурсів у основному відноситься електрична енергія (потужність N , кВт·год), що витрачається на привід насосів, та початкове значення гідравлічної енергії рідини (напір H_n , м). Вихідним елементом є об'єкт системи подачі та розподілу, доставлений до місця призначення, зазначеного споживачем, а саме вода (об'єм V_k , м³). До результату відноситься вода з певним значенням гідравлічної енергії (H_k , м).

Для технічних систем виділяють рівні роботи, пов'язані з різноманітними режимами функціонування систем. Так, для системи подачі і розподілу води можна виділити наступні види робіт: режим безперервної дії з постійним графіком водоспоживання у часі; режим безперервної дії зі змінним графіком водоспоживання у часі; режим перервної дії з постійним графіком водоспоживання у часі; режим перервної дії зі змінним графіком водоспоживання у часі [38, с. 57].

При визначенні технічних критеріїв функціонування системи використовують різні комбінації вхідних, вихідних елементів, ресурсу та результату. Таким чином, технічний рівень функціонування системи подачі і розподілу води може характеризуватися наступними критеріями та мірами ефективності:

1. Ступінь втрат води в системі – відношення кількості води, яку отримав споживач, до води перекачаної насосними станціями: $K_1 = V_k / V_n$ (1.1);

2. Гранична енерговитратність системи – ідеальний випадок функціонування системи, якщо в ній відсутні втрати енергії: $K_2 = H_k - H_n$ (1.2);

3. Енергетична ефективність функціонування системи – відношення приросту гідравлічної енергії до затраченої електроенергії: $K_3 = (H_k - H_n) / N$ (1.3);

4. Початкова питома вага гідравлічної енергії: $K_4 = H_n / V_n$ (1.4) ;

5. Питома вага гідравлічної енергії, отриманої споживачем: $K_5 = H_k / V_k$ (1.5);

6. Енергоефективність системи – відношення затраченої електричної енергії на привід електродвигунів N до отриманої води споживачем: $K_6 = N / VП$ (1.6). [38, с. 57].

1.4. Теоретична модель системи подачі та розподілу води

Розглянемо систему водопостачання [38, с. 57]. У цій системі: 1 – джерело гідравлічної енергії, місце забору води (резервуар, водоводи низького тиску тощо); 2 – водоводи системи подачі та розподілу води на насосну станцію з запірно-регулюючою арматурою; 3 – мережа електроживлення; 4 – електричний привід насосів (синхронні чи асинхронні електричні двигуни); 5 – насоси насосної станції; 6 – водоводи системи подачі та розподілу води до споживача з запірно-регулюючою арматурою; 7 – споживач води. Незаперечно основними елементами системи є насоси насосної станції. Відносно них третій (мережа електроживлення) та четвертий (електричний привід) елементи у сукупності складають вхідну електричну підсистему. Перший та другий елементи у сукупності складають гідравлічну вхідну підсистему. Шостий (мережа водопадів з запірно-регулюючою арматурою) та сьомий (споживач) елементи входять до складу гідравлічної вихідної підсистеми [38, с. 57].

Зупинимося детально на призначенні і характеристиках підсистеми [38, с. 57 – 58]:

1. Електрична вхідна підсистема призначена для доставки електричної енергії і перетворення її у механічну та складається з наступних елементів:

- мережа електроживлення – здійснює електрозабезпечення системи подачі і розподілу води та характеризується опором електричної мережі та втратами на подолання цього опору;

- електричний привід насосів (синхронні чи асинхронні електричні двигуни) – здійснює перетворення електричної енергії в механічну. Даний елемент системи характеризується залежністю обертового моменту від частоти обертання ротора електродвигуна.

2. Гідравлічна вхідна підсистема призначена для доставки води з певним запасом гідравлічної енергії та складається з наступних елементів:

- джерела гідравлічної енергії, місце забору води (резервуар, водоводи низького тиску тощо);
- водоводи системи подачі та розподілу води на насосну станцію з запірно-регулюючою арматурою;
- забезпечують транспортування та розподіл води від джерела до насосу та мають характеристику.

3. Насос – призначений для перетворення механічної енергії приводу (електродвигуна) у гідравлічну енергію рідини та має характеристики.

4. Гідравлічна вихідна підсистема призначена для доставки води з певним запасом гідравлічної енергії, її розподілу у споживача та складається з наступних елементів:

- водоводи системи подачі та розподілу води на насосну станцію з запірно-регулюючою арматурою;
- забезпечують транспортування та розподіл матеріальних ресурсів до споживача та мають характеристику;
- споживач – елемент, для забезпечення потреб котрого призначена вся система.

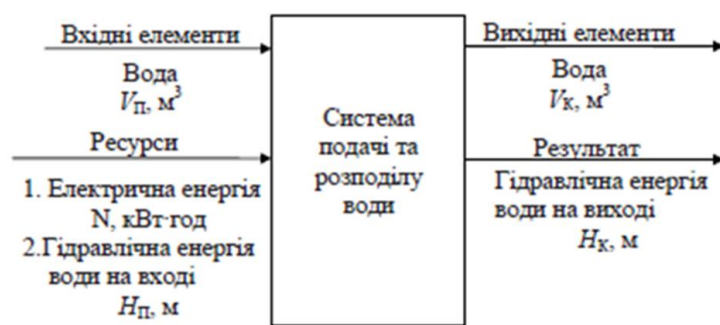


Рис. 1.2 – Структурна схема СПРВ

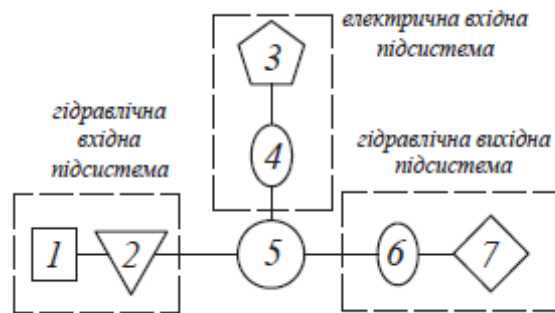


Рис. 1.3 – Структурна схема комплексу подачі та розподілу води

В реальних умовах споживачами води можуть бути, як окремі (приватний будинок, квартира), так і групі (багатоповерховий будинок, група будинків) об'єкти, які можуть знаходитися на значній відстані один від одного. У даному випадку ми замінюємо групу реальних споживачів умовним споживачем, котрому притаманні наступні умови та обмеження:

- споживача необхідно безперервно забезпечувати водою у всьому діапазоні від Q_{\max} до Q_{\min} , при чому кожне значення витрати у цьому діапазоні має певне значення ймовірності;
- вільний напір у господарсько-питному водопроводі у споживача не повинен перевищувати 60 м.
- мінімальне значення необхідного вільного напору в системах комунального водопостачання відповідно до у точці приєднання споживача до зовнішньої водо- провідної мережі визначається як: $H = 10 + 4 \cdot (n - 1)$, де n – кількість поверхів будинку [38, с. 58].

Враховуючи вищезазначене можна стверджувати, що споживач у даній системі має власну гiдравлiчну характеристику для забезпечення своїх потреб. Необхідно також зазначити, що передумовою такого твердження в системах господарсько-питного водоспоживання є ДБНВ.2.5 – 74:2013, у виробничих процесах – нормативні вимоги до здійснення технічного процесу. У досліджуваній системі не всі елементи мають характеристики такої простої прямолінійної форми. Для трубопроводів це будуть квадратичні параболи, моментна характеристика електричного асинхронного двигуна апроксимується залежністю Клосса, напірна характеристика насоса – довільна крива. Якщо характеристики елементів системи подачі і розподілу води розташувати у порядку

знаходження виділених підсистем, то отримаємо розрахункову схему функціонування системи. Робоча точка функціонування системи визначається шляхом узгодження усіх характеристик і є задачею нелінійною та достатньо складною. Зміни у одному окремо вибраному елементі неминуче вплинуть на параметри функціонування усієї системи. Тому, вирішення кожної із поставлених задач необхідно виконувати з урахуванням даного положення. Практика вирішення задач нелінійної динаміки вказує на те, що отримати на виході із системи необхідні параметри практично неможливо. Крім того, СПРВ працює цілодобово у різних умовах. Це вказує на те, що у даній системі необхідно запровадити регулювання. Причому, об'єктом регулювання є параметри води на виході із системи, а вибір регулятора є окремою оптимізаційною задачею, оскільки усі підсистеми СПРВ можуть виконувати дану функцію [38, с. 59].

1.5. Задачі дослідження

Кінцева мета роботи: з'ясувати особливості підбору насосів та забезпечення їх нормальної роботи в системі з контррезервуаром в умовах зміни добового водоспоживання протягом року (добі максимального, середнього та мінімального водоспоживання) та в характерні години відповідних діб.

Задачі дослідження: визначити погодинний розподіл витрат в доби середнього та мінімального водоспоживання, виконати гідравлічні розрахунки для всіх характерних режимів, підібрати обладнання для системи водоспоживання та дати рекомендації щодо раціонального вибору насосів та забезпечення оптимальних режимів їх роботи.

РОЗДІЛ 2

МЕТОДИКА ДОСЛІДЖЕННЯ

Відповідно до для визначення режиму роботи насосної станції і контррезервуару та особливостей підбору насосів, водопровідна мережа розраховується на такі характерні випадки:

а) В добу максимального водоспоживання для годин максимального водорозбору, максимального транзиту в башту і режиму пожежі в годину максимального водорозбору. Щоб детальніше проаналізувати роботу насосної станції та башти в цю добу, додатково розрахунки проводяться для годин 3-4, 8-9, 15-16 і 20-21 в добу максимального водоспоживання;

б) для години середнього водорозбору в добу середнього водоспоживання;

в) для години мінімального водорозбору в добу мінімального водоспоживання.

При вивченні літератури [1 – 3, 5, 6, 10 – 22, 24 – 47] за темою дослідження не вдалося знайти погодинних розподілів витрат для діб середнього та мінімального водоспоживання. Тому перед проведенням гідравлічних розрахунків ці розподіли визначені за розподілами в містах-аналогах для максимальних коефіцієнтів годинної нерівномірності.

Для визначення потрібного напору насосів насосної станції другого підйому треба провести гідравлічні розрахунки водопровідної мережі. Довжини магістральних ліній і перемичок в кожному кільці дорівнюють 800м., щоб виключити вплив довжин на розрахунки мережі. Визначення ємності водонапірної башти проводиться для доби максимального водоспоживання за суміщеним графіком водоспоживання і подачі насосів табличним методом. Діаметр ділянок призначається за економічним фактором $E=0,5$. На границі зон живлення від насосної станції та башти діаметри ділянок збільшуються для пропуску значної транзитної витрати в годину максимального транзиту в башту.

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі для всіх випадків проводиться за допомогою програми ГІДРАСТ

В ході ув'язки визначаються реальний розподіл розрахункової витрати, втрати напору та швидкості руху води на ділянках. Для визначення вільного напору мережі, яка розглядається, складаються п'єзометричні карти для кожного розрахункового випадку. Кількість поверхів в будівлі приймається 9. Вільний напір в невідповідній точці буде дорівнювати 42 м.

Розрахунки, що приведені на п'єзометричних картах, дають уявлення про величини вільних напорів в точці підключення напірних водоводів від насосної станції до водопровідної мережі.

За відомими п'єзометричними позначками в невідповідній та диктуючій точках мережі визначається геометрична висота підйому води для кожного розрахункового випадку. Для випадку водоподачі від башти та від насосної станції диктуюча точка буде переміщуватися разом зі зміною зони живлення від контррезервуару. Для режиму транзиту невідповідною точкою буде водонапірна башта.

Щоб визначити, якими будуть режимні точки роботи насосів, треба побудувати характеристику мережі. Характеристика мережі розраховується за приведеним опором для режиму максимального транзиту в контррезервуар. Вона буде однаковою для всіх випадків, а зміна витрати та напору насосів буде залежати від зміни геометричної висоти підйому. Насоси призначаються за витратою в годину максимального водоспоживання з деяким запасом напору для режиму максимального транзиту в башту. Кількість резервних насосів визначається за [7] в залежності від категорії надійності водоспоживання.

За призначеними по графіках сумісної роботи насосів, водоводів і мережі визначаються нові ступені роботи насосних агрегатів і попередньо розраховані суміщені графіки водоспоживання і подачі насосів корегуються. З урахуванням цієї корекції визначається дійсний режим роботи системи водоспоживання.

РОЗДІЛ 3

ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1. Особливості характерних режимів роботи системи подачі та розподілу води в мережі з контррезервуаром

Мережа, що проектується, складається з 12 кілець, 21 вузлів і має два джерела живлення: від башти та від насосної станції другого підйому. Водонапірна башта розташована в кінці мережі на найвищій позначці місцевості 70 м (рис 3.1).

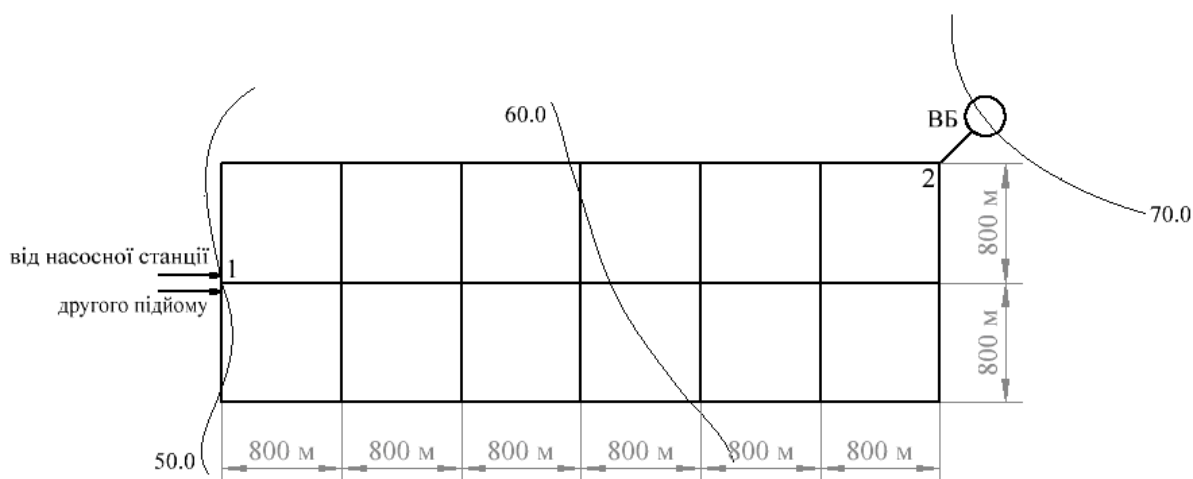


Рис. 3.1 – Водопровідна мережа міста

Водопровідна мережа міста складається з 32 ділянок довжиною 800 м кожна. Матеріал магістральних трубопроводів – чавун. Від насосної станції, яка розташована на позначці 40.0 м, до вузла 1 надходять два сталеві водоводи діаметром 800 мм та довжиною 3000 м кожен. Два сталеві водоводи від вузла 2 до водонапірної башти мають діаметр 400 мм і довжину 100м.

В системі з контррезервуаром в добу максимального водорозбору розрахунок виконується для години максимального водоспоживання, максимального транзиту та години максимального водоспоживання і гасіння пожежі.

В години найбільшого, зокрема максимального, водорозбору сумарна витрата води містом перевищує подачу насосів, і недостатня кількість води надходить з башти. В системах з контррезервуаром в години максимального водорозбору вода в мережу буде подаватися з двох протилежних сторін: від насосів і від водонапірної башти.

Кількості води, які надходять з обох джерел живлення мережі визначаються (наближено) по сумісному графіку водоспоживання і роботи насосів. Знаючи характер відбору води з мережі, можна намітити райони живлення мережі від насосів та башти. У межі цих районів відбуватиметься зустріч потоків води, що йдуть від башти і насосів.

При такому русі води в мережі зміниться і ухил п'єзометричних ліній. Найменші п'єзометричні позначки будуть в точках, що лежать на границі обох районів живлення. Критичною з них є точка, яка має найбільшу геодезичну позначку. У цій точці величина вільного напору буде найменшою.

Системи з контррезервуаром характеризуються деякими специфічними для них моментами роботи, які повинні бути розглянуті при розрахунку мережі [7]. Як було зазначено, в деякі години доби кількість води, яка подається насосами, перевищує кількість води, що витрачається містом. При розташуванні башти на початку мережі надлишкова кількість води, яка подається насосами, йде в бак контррезервуару, не розбираючись з мережі. В системах з контррезервуаром цей надлишок, для того щоб потрапити в башту, повинен пройти транзитом через усю мережу [7].

Момент, в який ця транзитна витрата досягає свого максимального значення (момент «максимального транзиту»), визначається за суміщеними графіками і є другим основним розрахунковим випадком мережі з контррезервуаром. При цьому п'єзометрична лінія набуває однозначний ухил на всьому своєму протязі; зникає її злам, існуючий у межі зон живлення при максимальному водорозборі, і мінімальна п'єзометрична позначка буде у башти - в кінцевій, найбільш високо розташованій точці мережі.

Під час роботи мережі при максимальному транзиті витрати на ділянках магістральних ліній, близьких до кордону зон живлення, будуть більшими, ніж

при максимальному водорозбору. Розрахункова величина необхідного напору насосів в години максимального транзиту також виходить більше, ніж в години максимального водорозбору.

В системах з контррезервуаром зміна відбору води з мережі буде викликати значні зміни тисків у мережі, і, отже, насоси працюватимуть при великому діапазоні зміни напорів [7]. В залежності від цього фактична подача води насосами також буде змінюватися в широких межах. В результаті намічений спочатку графік подачі води насосами може потребувати значного коригування.

Система з контррезервуаром має той істотний недолік, що в періоди транзиту величини напорів в мережі і у насосів можуть значно зростати. Це може привести до необхідності пуску спеціальних насосів для роботи в період транзиту води в контррезервуар.

У системах водопостачання великих міст, де нерівномірність водоспоживання звичайно відносно мала, напірно-регулюючі ємності іноді втрачають своє регулююче значення, але зберігають значення запасних (аварійних) ємностей.

В системі з контррезервуаром режими роботи насосної станції другого підйому та водонапірної башти будуть змінюватися в залежності від зміни режимів водорозбору. Прослідкувати ці зміни в добу максимального водоспоживання можливо, тому що відомими є розподіли добових витрат по годинах доби. Залишається розрахувати ці розподіли для діб з мінімальним та середнім водоспоживанням.

3.2. Визначення погодинних розподілів витрат води

Для вибору режиму подачі і підбору насосів насосної станції другого підйому необхідно знати розподіл характерних добових витрат по окремих годинах [7]. Ці розрахунки дозволять провести гідравлічні розрахунки для системи подачі і розподілу води в характерні години (див. додаток А, Б, В, Г, Д, Е, Ж, К, Л). Такий розподіл для доби максимального водоспоживання визначається

виходячи з коефіцієнту годинної нерівномірності в цю добу $K_{\text{макс.год}} = 1,35$ (табл. 3.1).

Розподіли по годинах в добу середнього і мінімального водоспоживання не відомі.

У якості погодинного розподілу середньорічної добової витрати можна прийняти усереднений розподіл добової витрати при різних максимальних коефіцієнтах годинної нерівномірності для міст-аналогів. При цьому оцінити можливу помилку можна, виходячи з наступних міркувань. Нехай оцінка усередненої годинної витрати буде:

$$\tilde{P}_i = P_i \pm \Delta p_i, \quad (3.1)$$

де P_i - фактична величина витрати для i -ої години,

Δp_i - похибка, яка виникає при усередненні P_i .

Якщо усереднювати витрати за якийсь період, то оцінка середньої витрати буде:

$$\tilde{P}_i = \sum_{i=1}^n (P_i \pm \Delta p_i) / n = (\sum_i P_i \pm \sum_i \Delta p_i) / n = \frac{\sum_i P_i}{n} \pm \frac{\sum_i \Delta p_i}{n} = \tilde{P}_i \pm \sum_i \Delta p_i / n. \quad (3.2)$$

При $n \rightarrow \infty$ $\sum_i \Delta p_i / n \rightarrow 0$.

При табличних розподілах $n=17$ похибка навіть при відхиленні на одиницю від точної величини не перевищить 6%, що для статистичних величин цілком допустимо. В таблиці 3.2 наведений розподіл середньодобової за рік витрати при усередненні в межах зміни коефіцієнтів годинної нерівномірності $\Delta K_{\text{год.макс}}$ та відповідної кількості жителів в населеному пункті.

Таблиця 3.1 – Розподіл максимальної добової витрати за годинами доби

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{макс.доб}}$
0 – 1	3,00
1 – 2	3,20
2 – 3	2,50

3 – 4	2,60
4 – 5	3,50
5 – 6	4,10
6 – 7	4,50
7 – 8	4,90
8 – 9	4,90
9 – 10	5,60
10 – 11	4,90
11 – 12	4,70
12 – 13	4,40
13 – 14	4,10
14 – 15	4,10
15 – 16	4,40
16 – 17	4,30
17 – 18	4,10
18 – 19	4,50
19 – 20	4,50
20 – 21	4,50
21 – 22	4,80
22 – 23	4,60
23 – 24	3,30
	100

Таблиця 3.2 – Розподіл середньодобової витрати по годинам доби

Годинний проміжок часу	Погодинна витрата при кількості жителів N і $\Delta K_{год.макс}$ P_i в % від $Q_{доб}$			
	N ≤ 10 тис. $\Delta K_{год.макс} = 1,8 - 2,5$	N=10...100 тис. $\Delta K_{год.макс} = 1,4 - 1,8$	N=100...1000 тис. $\Delta K_{год.макс} = 1,2 - 1,5$	N=1...1000 тис. $\Delta K_{год.макс} = 1,2 - 2,5$
0 – 1	0,79	1,51	2,72	1,62
1 – 2	0,79	1,55	2,77	1,64
2 – 3	1,04	1,43	2,53	1,66
3 – 4	1,38	1,48	2,54	1,81
4 – 5	2,94	2,33	3,16	2,92

5 – 6	4,44	3,53	3,70	3,98
6 – 7	5,07	4,74	4,29	4,72
7 – 8	7,64	5,77	4,90	6,35
8 – 9	5,86	6,01	5,36	5,74
9 – 10	5,01	5,90	5,58	5,32
10 – 11	5,10	5,38	5,24	5,14
11 – 12	7,52	5,85	5,09	6,31
12 – 13	6,36	5,83	4,64	5,67
13 – 14	5,19	5,65	4,50	5,07
14 – 15	4,96	5,25	4,71	4,92
15 – 16	5,38	5,05	4,88	5,11
16 – 17	6,28	5,25	4,91	5,59
17 – 18	6,09	5,52	4,59	5,49
18 – 19	5,92	5,51	4,61	5,41
19 – 20	3,98	4,76	4,42	4,27
20 – 21	3,69	4,39	4,29	4,03
21 – 22	2,26	3,30	4,06	3,09
22 – 23	1,48	2,42	3,57	2,41
23 – 24	0,83	1,59	2,94	1,73
	100	100	100	100

Як видно з таблиці 3.2, при усередненні годинних витрат для розподілу добових витрат в діапазоні чисельності населення від однієї тисячі до одного млн. жителів нерівномірність розподілу залишається достатньо великою, що пояснюється впливом великої нерівномірності в малих населених містах.

Для проектованої мережі $K_{\text{год.макс}} = 1,35$, тому для розрахунку буде використовуватися передостанній стовпчик таблиці 3.2. Розрахунковий розподіл середньодобової витрати для мережі, що розраховується, приймається по таблиці 3.3.

При зменшенні добової витрати нерівномірність розподілу буде зростати. В першому наближенні за розрахунковий розподіл для доби мінімального водоспоживання приймається розподіл для найбільшого коефіцієнту годинної нерівномірності відповідної групи населення (табл. 3.4).

Таблиця 3.3 – Розподіл середньодобової витрати за годинами доби

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{сер.доб}}$
0 – 1	2,72
1 – 2	2,77
2 – 3	2,53
3 – 4	2,54
4 – 5	3,16
5 – 6	3,70
6 – 7	4,29
7 – 8	4,90
8 – 9	5,36
9 – 10	5,58
10 – 11	5,24
11 – 12	5,09
12 – 13	4,64
13 – 14	4,50
14 – 15	4,71
15 – 16	4,88
16 – 17	4,91
17 – 18	4,59
18 – 19	4,61
19 – 20	4,42
20 – 21	4,29
21 – 22	4,06
22 – 23	3,57
23 – 24	2,94
	100

Таблиця 3.4 – Розподіл мінімальної добової витрати за годинами доби

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{сер.доб}}$
0 – 1	1,51

1 – 2	1,55
2 – 3	1,43
3 – 4	1,48
4 – 5	2,33
5 – 6	3,53
6 – 7	4,74
7 – 8	5,77
8 – 9	6,01
9 – 10	5,90
10 – 11	5,38
11 – 12	5,85
12 – 13	5,83
13 – 14	5,65
14 – 15	5,25
15 – 16	5,05
16 – 17	5,25
17 – 18	5,52
18 – 19	5,51
19 – 20	4,76
20 – 21	4,39
21 – 22	3,30
22 – 23	2,42
23 – 24	1,59
	100

3.3. Гідравлічні розрахунки водопровідної мережі в добу максимального водоспоживання

3.3.1 Визначення годинних витрат води

Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі має на меті встановлення раціональних діаметрів трубопроводів, які забезпечили б економічну доставку

необхідних витрат води з необхідними напорами в точки споживання. Разом з тим розрахунок повинен дозволити виявити напори в мережі в характерних точках, а також швидкості течії води.

В системі з контррезервуаром розрахунок виконується для години максимального водоспоживання, максимального транзиту та години максимального водоспоживання і гасіння пожежі [7].

Умовами останнього розрахункового випадку перевіряють можливість пропуску розрахункових витрат на зовнішнє пожежогасіння при допустимих швидкостях руху води по трубах, а також визначають розрахунковий напір протипожежних насосів.

Розрахунок для години максимального транзиту виконується для визначення діаметрів трубопроводів на межі живлення насосної станції і башти, дозволяє простежити за зміною напорів насосів [7].

Розподіл добової витрати при максимальному коефіцієнті годинної нерівномірності $K_{\text{макс.год}} = 1,35$ наведений в таблиці 3.1. Значення годинних витрат в добу з водоспоживанням $Q_{\text{макс.доб}} = 96000 \text{ м}^3$ приведенні в табл. 3.5.

Виходячи з таблиці 3.5 годиною максимального водоспоживання є година 9-10, витрата на протязі якої становить $5376,0 \text{ м}^3$.

Таблиця 3.5 – Розподіл максимальної добової витрати за годинами доби

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{макс.доб}}$	м^3
0 – 1	3,0	2880,0
1 – 2	3,2	3072,0
2 – 3	2,5	2400,0
3 – 4	2,6	2496,0
4 – 5	3,5	3360,0
5 – 6	4,1	3936,0
6 – 7	4,5	4320,0
7 – 8	4,9	4704,0
8 – 9	4,9	4704,0

9 – 10	5,6	5376,0
10 – 11	4,9	4704,0
11 – 12	4,7	4512,0
12 – 13	4,4	4224,0
13 – 14	4,1	3936,0
14 – 15	4,1	3936,0
15 – 16	4,4	4224,0
16 – 17	4,3	4128,0
17 – 18	4,1	3936,0
18 – 19	4,5	4320,0
19 – 20	4,5	4320,0
20 – 21	4,5	4320,0
21 – 22	4,8	4608,0
22 – 23	4,6	4416,0
23 – 24	3,3	3168,0
	100	96000

3.3.2 Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів

Графік роботи насосної станції другого підйому повинен співпадати з графіком водоспоживання міста [7]. Тому виходячи з таблиці 3.5 розроблений суміщений графік водоспоживання і подачі насосів (Рис. 3.2).

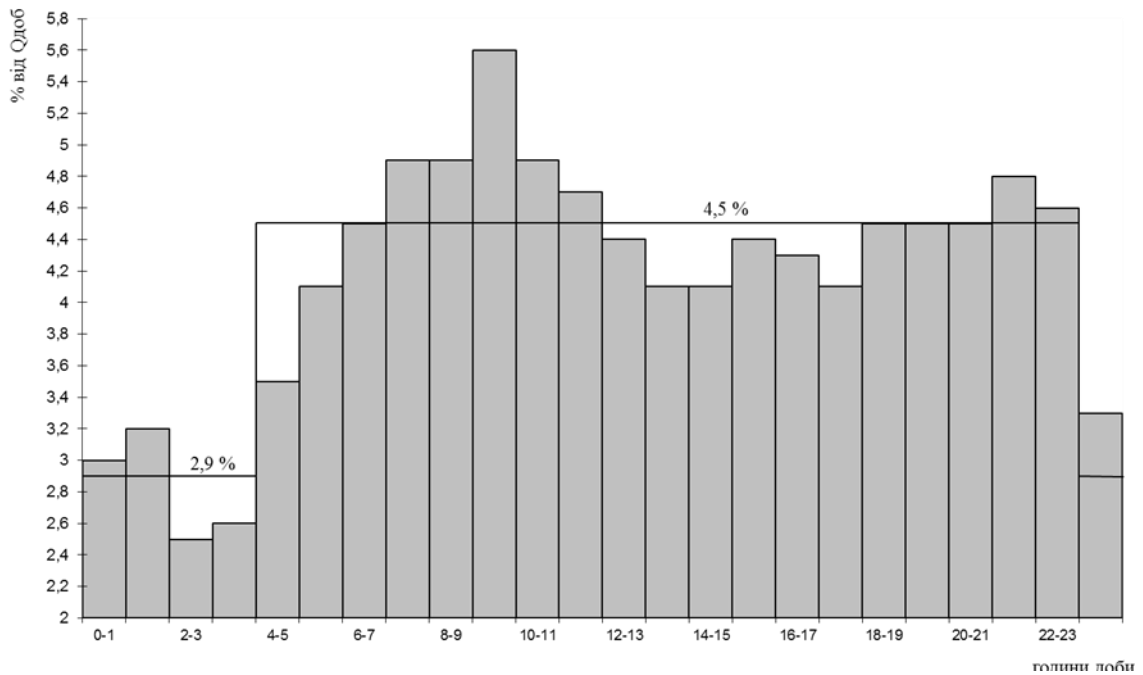


Рисунок 3.2 - Суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу максимального водорозбору

Ступені роботи насосів на насосній станції другого підйому призначаємо так, щоб максимально наблизити подачу насосної станції до графіку відбору води з мережі [7]. Це дасть змогу запроектувати регулюючі ємності з мінімальними об'ємами баків. Приймається двохступінчастий графік роботи насосів.

Прийняті продуктивності ступенів роботи насосів є наступними:

- а) перша ступінь – 2,9 % від $Q_{доб}$ - 5 годин;
- б) друга ступінь – 4,5 % від $Q_{доб}$ - 19 годин.

3.3.3 Розрахунок регулюючих місткостей

Регулюючі ємності компенсують розбіжність режимів подачі і розподілу води в окремі години доби, акумулюючи надлишок води, яка подається в мережу в одні години і заповнюючи нестачу води в інші. Також повний об'єм ємностей повинен бути розрахований на зберігання протипожежного запасу води.

За прийнятим графіком (Рис. 3.2) регулюючий об'єм обох резервуарів визначаються табличним методом (табл. 3.6, 3.7).

За даними таблиці 3.6 годиною максимального транзиту води в башту є година 4-5, витрата на протязі якої становить $3360,0 \text{ м}^3$.

Регулюючий об'єм бака водонапірної башти визначається по табл. 3.6:

$$W_{\text{рег.в.б.}} = |-0,8| + 1,7 = 2,5\%,$$

$$W_{\text{рег.в.б.}} = (2,5 \cdot 96000) / 100 = 2400 \text{ м}^3.$$

Регулюючий об'єм РЧВ, який визначається за таблицею 3.7 становить:

$$W_{\text{рег.РЧВ}} = |-1,26| + 5,07 = 6,33 \%,$$

$$W_{\text{рег.РЧВ}} = (6,33 \cdot 96000) / 100 = 6076,8 \text{ м}^3.$$

Таблиця 3.6 – Розрахунок регулюючої ємності бака водонапірної башти

Годинний проміжок	Витрата води містом, %	Подача води насосною станцією, %	Надходження в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0 – 1	3,0	2,9		0,1	-0,1
1 – 2	3,2	2,9		0,3	-0,4
2 – 3	2,5	2,9	0,4		0,0
3 – 4	2,6	2,9	0,3		0,3
4 – 5	3,5	4,5	1,0		1,3
5 – 6	4,1	4,5	0,4		1,7
6 – 7	4,5	4,5			1,7
7 – 8	4,9	4,5		0,4	1,3
8 – 9	4,9	4,5		0,4	0,9
9 – 10	5,6	4,5		1,1	-0,2
10 – 11	4,9	4,5		0,4	-0,6
11 – 12	4,7	4,5		0,2	-0,8
12 – 13	4,4	4,5	0,1		-0,7
13 – 14	4,1	4,5	0,4		-0,3
14 – 15	4,1	4,5	0,4		0,1
15 – 16	4,4	4,5	0,1		0,2
16 – 17	4,3	4,5	0,2		0,4
17 – 18	4,1	4,5	0,4		0,8
18 – 19	4,5	4,5			0,8
19 – 20	4,5	4,5			0,8
20 – 21	4,5	4,5			0,8
21 – 22	4,8	4,5		0,3	0,5
22 – 23	4,6	4,5		0,1	0,4
23 – 24	3,3	2,9		0,4	0,0

	100	100	3,7	3,7	
--	-----	-----	-----	-----	--

Таблиця 3.7 – Розрахунок регулюючої ємності бака РЧВ

Годинний проміжок	Витрата води насосною станцією, %	Подача води в РЧВ, %	Надходження в РЧВ, %	Витрата з РЧВ, %	Залишок в РЧВ, %
0 – 1	2,90	4,17	1,27		1,27
1 – 2	2,90	4,17	1,27		2,54
2 – 3	2,90	4,16	1,26		3,80
3 – 4	2,90	4,17	1,27		5,07
4 – 5	4,50	4,17		0,33	4,74
5 – 6	4,50	4,16		0,34	4,40
6 – 7	4,50	4,17		0,33	4,07
7 – 8	4,50	4,17		0,33	3,74
8 – 9	4,50	4,16		0,34	3,40
9 – 10	4,50	4,17		0,33	3,07
10 – 11	4,50	4,17		0,33	2,74
11 – 12	4,50	4,16		0,34	2,40
12 – 13	4,50	4,17		0,33	2,07
13 – 14	4,50	4,17		0,33	1,74
14 – 15	4,50	4,16		0,34	1,40
15 – 16	4,50	4,17		0,33	1,07
16 – 17	4,50	4,17		0,33	0,74
17 – 18	4,50	4,16		0,34	0,40
18 – 19	4,50	4,17		0,33	0,07
19 – 20	4,50	4,17		0,33	-0,26
20 – 21	4,50	4,16		0,34	-0,60
21 – 22	4,50	4,17		0,33	-0,93
22 – 23	4,50	4,17		0,33	-1,26
23 – 24	2,90	4,16	1,26		0,00
	100	100	6,33	6,33	

3.3.4 Визначення вузлових і шляхових витрат

Для визначення розрахункових діаметрів водопровідної мережі треба знати розподіл максимальної годинної витрати по всіх ділянках мережі. Для цього треба розрахувати вузлові витрати для кожного розрахункового випадку.

Питома витрата для мережі визначається за формулою:

$$q_{\text{нит}} = \frac{Q_{\text{год}}}{\sum \ell}, \quad (3.3)$$

де $Q_{\text{год}}$ - повна витрата води, яка відбирається із мережі в розрахункову годину, л/с;

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

Всі розрахунки зведені в таблицю 3.8.

Таблиця 3.8 – Питомі витрати води в добу максимального водоспоживання

Розрахунковий режим	$Q_{\text{год}}$, л/с	$\sum \ell$, м	$q_{\text{нит}}$, л/с·м
Максимальний водорозбір	1493,33	25600	0,058333
Максимальний транзит	933,33	25600	0,036458

Шляхова витрата для кожної ділянки визначається за формулою:

$$Q_{\text{шл}} = q_{\text{нит}} \cdot \ell_i, \quad (3.4)$$

де ℓ_i - розрахункова довжина кожної ділянки, м.

Так як довжина кожної ділянки дорівнює 800 м, то шляхові витрати для ділянок одного розрахункового режиму будуть однаковими. Розрахунок шляхових витрат зведений в таблицю 3.9.

Таблиця 3.9 – Розрахунок шляхових витрат в добу максимального водоспоживання

Розрахунковий режим	$q_{\text{нит}}$, л/с·м	ℓ_i , м	$Q_{\text{шл}}$, л/с
Максимальний	0,058333	800	46,6667

водорозбір			
Максимальний транзит	0,036458	800	29,1667

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

$$Q_{\text{вузл}} = 0,5 \cdot (\sum Q_{\text{шл}}), \quad (3.5)$$

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

Розрахунок вузлових витрат для кожного з розрахункових режимів наведений в таблиці 3.10; 3.11.

За розрахованими вузловими витратами призначається попередній поточкорозподіл для всіх розрахункових режимів.

Таблиця 3.10 – Розрахунок вузлових витрат для режиму максимального водорозбору

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{шл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	46,7	70,00
	1-6	46,7	
	1-4	46,7	
2	2-17	46,7	46,67
	2-20	46,7	
3	1-3	46,7	46,67
	3-5	46,7	
4	1-4	46,7	46,67
	4-7	46,7	
5	3-5	46,7	70,00
	5-8	46,7	
	5-6	46,7	
6	1-6	46,7	93,33
	5-6	46,7	
	6-7	46,7	
	6-9	46,7	
7	4-7	46,7	70,00
	6-7	46,7	
	7-10	46,7	
8	5-8	46,7	70,00
	8-11	46,7	
	8-9	46,7	
9	6-9	46,7	93,33

	8-9	46,7	
	9-12	46,7	
	9-10	46,7	
10	7-10	46,7	70,00
	9-10	46,7	
	10-13	46,7	
11	8-11	46,7	70,00
	11-14	46,7	
	11-12	46,7	
12	9-12	46,7	93,33
	11-12	46,7	
	12-15	46,7	
	12-13	46,7	
	12-13	46,7	

Продовження таблиці 3.10

№ вузл	№ ділянки	$Q_{шт}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	46,7	70,00
	12-13	46,7	
	13-16	46,7	
14	11-14	46,7	70,00
	14-17	46,7	
	14-15	46,7	
15	12-15	46,7	93,33
	14-15	46,7	
	15-18	46,7	
	15-16	46,7	
16	13-16	46,7	70,00
	15-16	46,7	
	16-19	46,7	
17	14-17	46,7	70,00
	17-2	46,7	
	17-18	46,7	
18	15-18	46,7	93,33
	17-18	46,7	
	18-20	46,7	
	18-19	46,7	
19	16-19	46,7	70,00
	18-19	46,7	
	19-21	46,7	
20	2-20	46,7	70,00
	18-20	46,7	
	20-21	46,7	
21	19-21	46,7	46,67

	20-21	46,6667	
сума			1493.33

Таблиця 3.11 – Розрахунок вузлових витрат для режиму максимального транзиту

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{шл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	29,2	43,75
	1-6	29,2	
	1-4	29,2	
2	2-17	29,2	29,17
	2-20	29,2	
3	1-3	29,2	29,17
	3-5	29,2	
4	1-4	29,2	29,17
	4-7	29,2	
5	3-5	29,2	43,75
	5-8	29,2	
	5-6	29,2	
6	1-6	29,2	58,33
	5-6	29,2	
	6-7	29,2	
	6-9	29,2	
7	4-7	29,2	43,75
	6-7	29,2	
	7-10	29,2	
8	5-8	29,2	43,75
	8-11	29,2	
	8-9	29,2	
9	6-9	29,2	58,33
	8-9	29,2	
	9-12	29,2	
	9-10	29,2	
10	7-10	29,2	43,75
	9-10	29,2	
	10-13	29,2	
11	8-11	29,2	43,75
	11-14	29,2	
	11-12	29,2	
12	9-12	29,2	58,33
	11-12	29,2	
	12-15	29,2	
	12-13	29,2	
	12-13	29,2	

Продовження таблиці 3.11

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{шл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
--------	-----------	-----------------------	-------------------------

13	10-13	29,2	43,75
	12-13	29,2	
	13-16	29,2	
14	11-14	29,2	43,75
	14-17	29,2	
	14-15	29,2	
15	12-15	29,2	58,33
	14-15	29,2	
	15-18	29,2	
	15-16	29,2	
16	13-16	29,2	43,75
	15-16	29,2	
	16-19	29,2	
17	14-17	29,2	43,75
	17-2	29,2	
	17-18	29,2	
18	15-18	29,2	58,33
	17-18	29,2	
	18-20	29,2	
	18-19	29,2	
19	16-19	29,2	43,75
	18-19	29,2	
	19-21	29,2	
20	2-20	29,2	43,75
	18-20	29,2	
	20-21	29,2	
21	19-21	29,2	29,17
	20-21	29,2	
сума			933,33

3.3.5 Вихідні розрахункові схеми мережі

Початковий поточкорозділ призначається для визначення витрат води по ділянках мережі, призначення діаметрів трубопроводів [7].

Попереднє визначення розрахункових витрат по кожній ділянці починається з точок сходу потоків в мережі [7].

Розрахункові точки пожежогасіння приймаємо виходячи з найбільш не вигідного можливого випадку.

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

$$\sum q_{i-k} - Q_{\text{вузл}} = 0, \quad (3.6)$$

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

$Q_{\text{вузл}}$ - відбір води із відповідного вузла.

Щоб визначити діаметри ділянок водопровідної мережі, спочатку визначаємо значення економічного фактору E , який розраховується за формулою:

$$E = \frac{m \cdot \beta}{a \cdot b}, \quad (3.7)$$

де a , b , m – коефіцієнти, які залежать від матеріалу труб (для чавунних труб 1,6; 107 і 5,1 відповідно);

Коефіцієнт β розраховується за формулою:

$$\beta = \frac{24 \cdot 365 \cdot 10^3}{102} \cdot \frac{\sigma \cdot \gamma \cdot \kappa}{\eta \cdot \left(\frac{1}{T} + R\right)}, \quad (3.8)$$

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

γ - коефіцієнт нерівномірності витрати енергії, який залежить від коефіцієнта нерівномірності подачі і розподілу води (у середньому можна прийняти рівним 0,7);

η – ККД насосних агрегатів, які подають воду (у середньому можна прийняти рівним 0,7);

T – термін окупності в роках (для систем водопостачання приймається рівним 7 рокам);

R – сума амортизаційних відрахувань, яка залежить від матеріалу труб (для чавунних труб за приймається рівною 3,3%);

κ – коефіцієнт, який залежить від матеріалу труб (для чавунних труб приймається рівним 0,00179).

$$\beta = \frac{24 \cdot 365 \cdot 10^3}{102} \cdot \frac{0,31 \cdot 0,7 \cdot 0,00179}{0,7 \cdot \left(\frac{1}{7} + 3,3\right)} = 13,842,$$

$$\Theta = \frac{5,1 \cdot 13,842}{1,6 \cdot 107} = 0,41.$$

Найближче значення табличного фактору $\Theta_{\text{табл}} = 0,5$, тому ділянок визначаємо за приведеною витратою:

$$q_{np} = q_{i-k} \sqrt[3]{\Theta / \Theta_{\text{табл}}}, \quad (3.9)$$

де q_{i-k} – розрахункова витрата ділянки.

Матеріал труб мережі – чавун. Розрахунок діаметрів з урахуванням економічного фактору зведений у таблицю 3.12.

За розрахункові витрати, згідно з якими визначаємо діаметр окремих ділянок, в системі з контррезервуаром приймаємо витрати цих ділянок для випадку максимального водорозбору. Діаметри ділянок, які знаходяться на межі зон живлення башти і насосної станції, збільшені з урахуванням витрати, яку вони повинні пропустити при режимі максимального транзиту.

Розраховані вузлові та шляхові витрати, а також діаметри трубопроводів представлені на рис. 3.3.

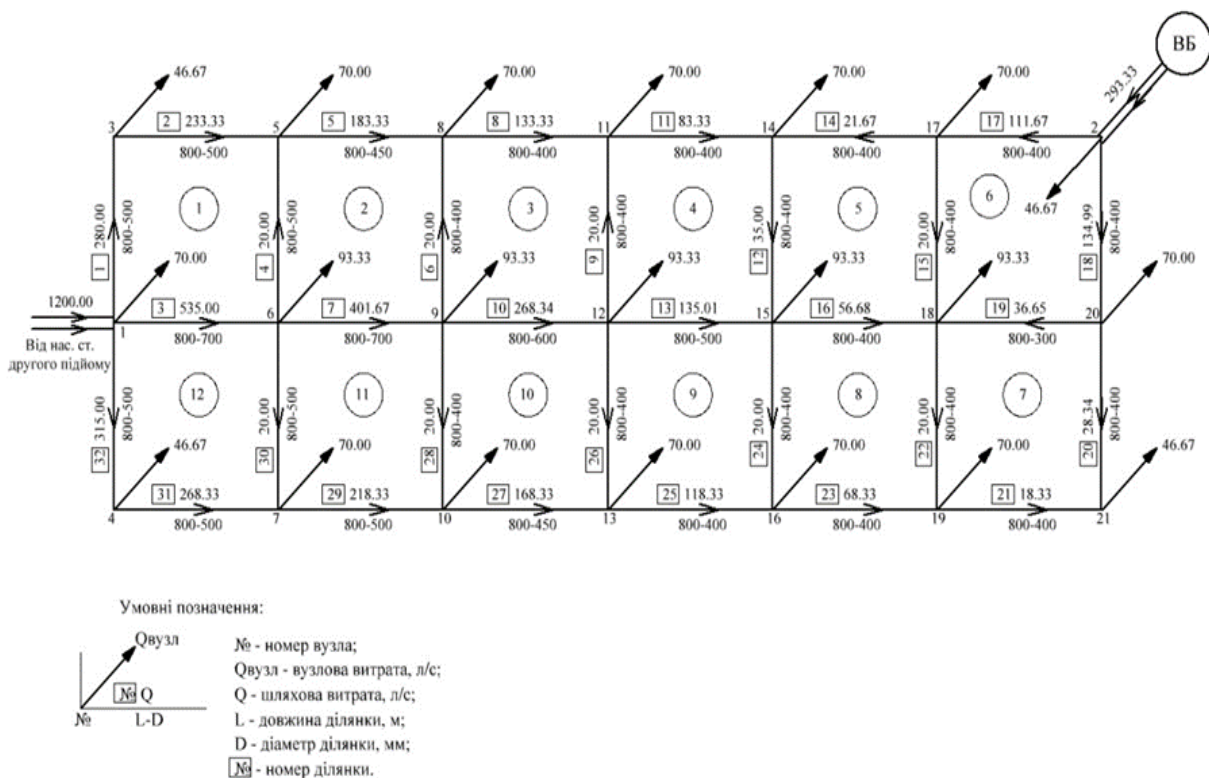


Рис. 3.3. Початковий потікорозподіл для максимального водоспоживання

Таблиця 3.12 – Розрахунок діаметрів ділянок

№	№ ділянки	$q_{шл.}$, л/с	$Q_{пр}$, л/с	Прийнятий D, мм
1	1-3	280,00	262,08	500
2	3-5	233,33	218,39	500
3	1-6	535,00	500,75	800
4	5-6	20,00	18,72	400
5	5-8	183,33	171,60	450
6	8-9	20,00	18,72	300
7	6-9	401,67	375,96	700
8	8-11	133,33	124,80	450
9	11-12	20,00	18,72	300
10	9-12	268,34	251,16	700
11	11-14	83,33	78,00	450
12	14-15	35,00	32,76	300
13	12-15	135,01	126,37	600
14	14-17	21,67	20,28	450
15	17-18	20,00	18,72	300
16	15-18	56,68	53,05	500
17	2-17	111,67	104,52	450
18	2-20	134,99	126,35	450
19	18-20	36,65	34,30	450
20	20-21	28,34	26,53	400
21	19-21	18,33	17,16	400
22	18-19	20,00	18,72	300
23	19-16	68,33	63,96	400
24	15-16	20,00	18,72	300
25	13-16	118,33	110,76	450
26	12-13	20,00	18,72	300
27	10-13	168,33	157,56	450
28	9-10	20,00	18,72	300
29	7-10	218,33	204,35	500
30	6-7	20,00	18,72	400
31	4-7	268,33	251,15	500
32	1-4	315,00	294,84	500

3.3.6 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі для розрахунків режимів в добу максимального водоспоживання

Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі виконується для визначення реального потякорозділу по лініях мережі при вже вибраних діаметрах труб, виходячи з умов:

$$\sum h_{i-k} = 0, \quad (3.10)$$

$$\sum Q_k = 0, \quad (3.11)$$

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

Q_k – шляхові витрати на ділянках, які надходять та виходять з вузла.

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

Розрахунок проводиться за допомогою програми ГИДРАСТ 1. Отримані результати розрахунків представлені в таблицях 3.13, 3.14, 3.15.

3.4. Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу середнього водорозбору

3.4.1 Визначення середньої добової витрати

Так як розподіл середньої добової витрати за годинами доби не вдалося знайти в літературі, для розрахунку використовується розподіл, який наведений в таблиці 3.3.

Середньодобова витрата, m^3 /добу, води населеним пунктом визначається за формулою:

$$Q_{\text{сеп.доб}} = \frac{N \cdot q}{1000}, \quad (3.12)$$

де N – кількість населення в місті, що проектується;

q – питома водоспоживання на одну людину, л/доб.люд. (приймається по [3] в залежності від благоустрою району).

Таким чином:

$$Q_{\text{сер.доб}} = \frac{200000 \cdot 350}{1000} = 70000 \text{ м}^3/\text{добу}.$$

Значення годинних витрат для доби середнього водоспоживання наведені в таблиці 3.16.

Витрата в годину середнього водорозбору повинна становити 4,16-4,17 % від добової витрати. Годиною середнього водоспоживання є година 21-22 з витратою 4,06 % від подачі в цю добу (2842,0 м³).

Таблиця 3.16 – Розподіл середньодобової витрати за годинами доби

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{сер.доб}}$	м ³
0 – 1	2,72	1904,0
1 – 2	2,77	1939,0
2 – 3	2,53	1771,0
3 – 4	2,54	1778,0
4 – 5	3,16	2212,0
5 – 6	3,70	2590,0
6 – 7	4,29	3003,0
7 – 8	4,90	3430,0
8 – 9	5,36	3752,0
9 – 10	5,58	3906,0
10 – 11	5,24	3668,0
11 – 12	5,09	3563,0
12 – 13	4,64	3248,0
13 – 14	4,50	3150,0
14 – 15	4,71	3297,0
15 – 16	4,88	3416,0
16 – 17	4,91	3437,0
17 – 18	4,59	3213,0
18 – 19	4,61	3227,0
19 – 20	4,42	3094,0
20 – 21	4,29	3003,0

21 – 22	4,06	2842,0
22 – 23	3,57	2499,0
23 – 24	2,94	2058,0
	100	70000

3.4.2 Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів

Графік подачі води насосною станцією другого підйому треба максимально наблизити до водорозбору міста [7]. Приймається двохступінчастий графік роботи насосів.

Прийняті продуктивності ступенів роботи насосів є наступними:

- а) перша ступінь – 2,70 % від $Q_{\text{доб}}$ - 8 годин;
- б) друга ступінь – 4,90 % від $Q_{\text{доб}}$ - 16 годин.

За прийнятим графіком (Рис. 3.6) визначається режим роботи водонапірної башти в годину середнього водорозбору – годину 21-22. В цю годину транзитом в башту йде 0,84 % від $Q_{\text{доб}}$.

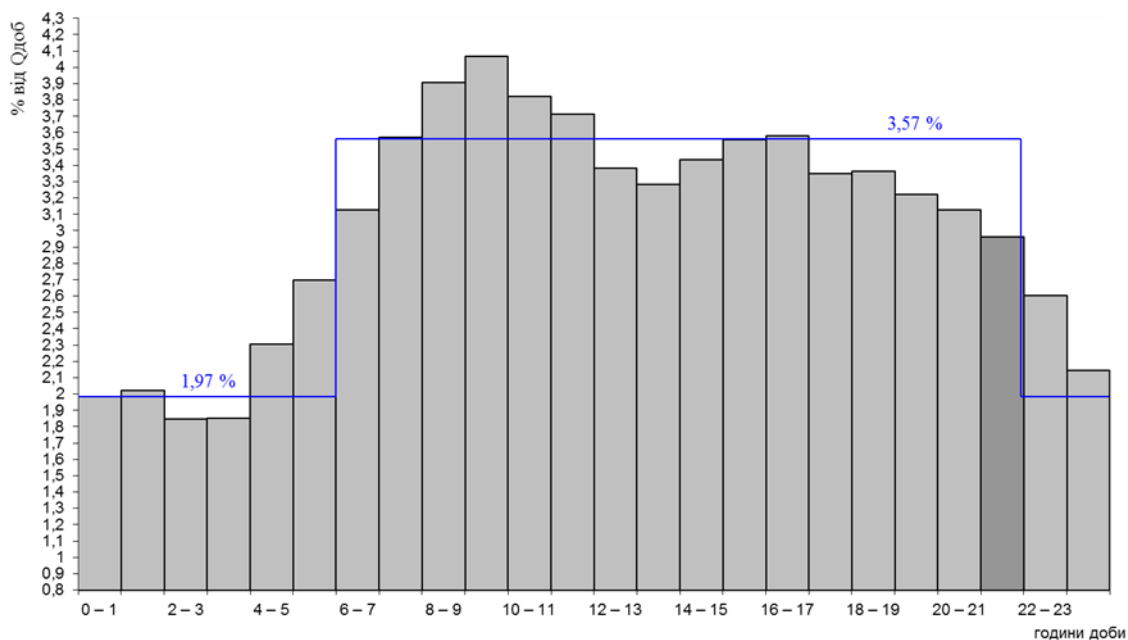


Рисунок 3.6 - Суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу середнього водорозбору

3.4.3 Визначення вузлових і шляхових витрат

Питома витрата мережі розраховується за формулою (3.3) і дорівнює:

$$q_{\text{пит}} = \frac{789,44}{25600} = 0,03084 \text{ л/с}\cdot\text{м.}$$

Шляхова витрата визначається за формулою (3.4) і дорівнює:

$$Q_{\text{шл}} = 0,03084 \cdot 800 = 24,67 \text{ л/с.}$$

Шляхова витрата є однаковою для всіх ділянок мережі тому, що довжина всіх ділянок є однаковою і становить 800 м.

Розрахунок вузлових витрат для години середнього водоспоживання наведений в таблиці 3.14.

За розрахованими вузовими витратами призначається попередній потякорозподіл для години середнього водорозбору.

Таблиця 3.17 – Розрахунок вузлових витрат для години середнього водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{шл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	24,67	37,00
	1-6	24,67	
	1-4	24,67	
2	2-17	24,67	24,67
	2-20	24,67	
3	1-3	24,67	24,67
	3-5	24,67	
4	1-4	24,67	24,67
	4-7	24,67	
5	3-5	24,67	37,01
	5-8	24,67	
	5-6	24,67	
6	1-6	24,67	49,34
	5-6	24,67	
	6-7	24,67	
	6-9	24,67	
7	4-7	24,67	37,00
	6-7	24,67	
	7-10	24,67	
8	5-8	24,67	37,00

	8-11	24,67	
	8-9	24,67	
9	6-9	24,67	49,34
	8-9	24,67	
	9-12	24,67	
	9-10	24,67	
	9-10	24,67	
10	7-10	24,67	37,01
	9-10	24,67	
	10-13	24,67	
11	8-11	24,67	37,01
	11-14	24,67	
	11-12	24,67	
12	9-12	24,67	49,34
	11-12	24,67	
	12-15	24,67	
	12-13	24,67	
	12-13	24,67	

Продовження таблиці 3.17

№ вузл	№ ділянки	$Q_{дл}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	24,67	37,00
	12-13	24,67	
	13-16	24,67	
14	11-14	24,67	37,00
	14-17	24,67	
	14-15	24,67	
15	12-15	24,67	49,34
	14-15	24,67	
	15-18	24,67	
	15-16	24,67	
16	13-16	24,67	37,01
	15-16	24,67	
	16-19	24,67	
17	14-17	24,67	37,01
	17-2	24,67	
	17-18	24,67	
18	15-18	24,67	49,34
	17-18	24,67	
	18-20	24,67	
	18-19	24,67	
19	16-19	24,67	37,00
	18-19	24,67	
	19-21	24,67	

20	2-20	24,67	37,01
	18-20	24,67	
	20-21	24,67	
21	19-21	24,67	24,67
	20-21	24,67	
сума			789,44

3.4.4 Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі

Для визначення втрат напору по всіх ділянках мережі за розрахованими діаметрами (табл. 3.12), треба визначити попередній розподіл витрат води по головним магістральним лініям мережі, додержуючись умов (3.10, 3.11).

На основі вихідних розрахункових схем проводиться ув'язка мережі, що досліджується, за допомогою програми ГИДРАСТ 1.

3.5. Визначення гідравлічних показників водопровідної мережі за добу мінімального водорозбору

3.5.1 Визначення мінімальної добової витрати

Щоб більш детально проаналізувати роботу насосної станції другого підйому при екстремальних умовах, треба знати, як будуть працювати насоси в добу мінімального водоспоживання. Так як погодинний розподіл витрати в добу мінімального не відомий, в розрахунках буде використовуватися розподіл наведений в таблиці 3.4.

Витрата води в добу мінімального водоспоживання визначається за формулою [7]:

$$Q_{\text{доб.мін}} = K_{\text{доб.мін}} \cdot Q_{\text{доб.сер}}, \quad (3.13)$$

де $Q_{\text{доб.сер}}$ – розрахункова (середня за рік) добова витрата, $\text{м}^3 / \text{доб}$ (п. 3.2.1);

$K_{\text{доб.мін}}$ – мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності, який приймається рівним $K_{\text{доб.мін}} = 0,7-0,9$.

$$Q_{\text{мін.доб}} = 0,7 \cdot 70000 = 49000 \text{ м}^3 / \text{доб}.$$

Значення погодинних витрат в добу мінімального водоспоживання наведені в таблиці 3.19.

Годиною мінімального водоспоживання є година 2-3, витрата на протязі якої становить $700,70 \text{ м}^3$.

Таблиця 3.19 – Визначення погодинних розподілів витрат води

Годинний проміжок часу	% від $Q_{\text{сер,доб}}$	м^3
0 – 1	1,51	739,90
1 – 2	1,55	759,50
2 – 3	1,43	700,70
3 – 4	1,48	725,20
4 – 5	2,33	1141,70
5 – 6	3,53	1729,70
6 – 7	4,74	2322,60
7 – 8	5,77	2827,30
8 – 9	6,01	2944,90
9 – 10	5,90	2891,00
10 – 11	5,38	2636,20
11 – 12	5,85	2866,50
12 – 13	5,83	2856,70
13 – 14	5,65	2768,50
14 – 15	5,25	2572,50
15 – 16	5,05	2474,50
16 – 17	5,25	2572,50
17 – 18	5,52	2704,80
18 – 19	5,51	2699,90
19 – 20	4,76	2332,40
20 – 21	4,39	2151,10
21 – 22	3,30	1617,00
22 – 23	2,42	1185,80
23 – 24	1,59	779,10

	100	49000
--	-----	-------

3.5.2 Розрахунок суміщеного графіку водоспоживання і подачі насосів

Графік подачі води насосною станцією другого підйому треба максимально наблизити до водорозбору міста. Приймається двохступінчастий графік роботи насосів.

Прийняті продуктивності ступенів роботи насосів є наступними:

- а) перша ступінь – 2,10 % від $Q_{доб}$ - 8 годин;
- б) друга ступінь – 5,20 % від $Q_{доб}$ - 16 годин.

За прийнятим суміщеним графіком водоспоживання і подачі насосів (Рис. 3.8) визначається режим роботи водонапірної башти в годину мінімального водорозбору – годину 2-3. В цю годину транзитом в башту йде 0,67 % від $Q_{доб}$.

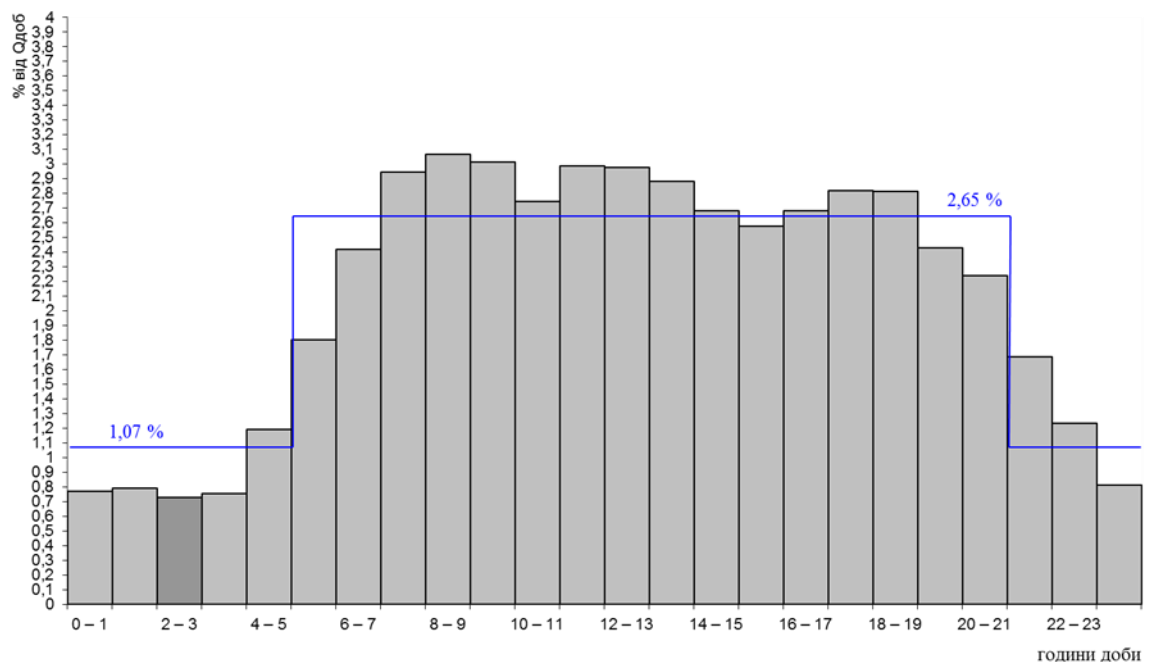


Рисунок 3.8 – Суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу мінімального водопостачання

3.5.3 Визначення вузлових і шляхових витрат

Питома витрата мережі розраховується за формулою (3.3) і дорівнює:

$$q_{\text{нит}} = \frac{194,64}{25600} = 0,007603 \text{ л/с}\cdot\text{м.}$$

Шляхова витрата визначається за формулою (3.4) і дорівнює:

$$Q_{\text{шл}} = 0,007603 \cdot 800 = 6,0825 \text{ л/с.}$$

Шляхова витрата є однаковою для всіх ділянок мережі тому, що довжина всіх ділянок є однаковими і становить 800 м.

Розрахунок вузлових витрат для години мінімального водоспоживання наведений в таблиці 3.20.

За розрахованими вузловими витратами призначається попередній потякорозподіл для години мінімального водорозбору.

Таблиця 3.20 – Розрахунок вузлових витрат для години мінімального водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{шл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	6,1	9,12
	1-6	6,1	
	1-4	6,1	
2	2-17	6,1	6,10
	2-20	6,1	
3	1-3	6,1	6,10
	3-5	6,1	
4	1-4	6,1	6,10
	4-7	6,1	
5	3-5	6,1	9,12
	5-8	6,1	
	5-6	6,1	
6	1-6	6,1	12,16
	5-6	6,1	
	6-7	6,1	
	6-9	6,1	
7	4-7	6,1	9,12
	6-7	6,1	
	7-10	6,1	
8	5-8	6,1	9,12
	8-11	6,1	
	8-9	6,1	
9	6-9	6,1	12,16
	8-9	6,1	

	9-12	6,1	
	9-10	6,1	
10	7-10	6,1	9,12
	9-10	6,1	
	10-13	6,1	
11	8-11	6,1	9,12
	11-14	6,1	
	11-12	6,1	
12	9-12	6,1	12,16
	11-12	6,1	
	12-15	6,1	
	12-13	6,1	

Продовження таблиці 3.20

№ вузл	№ ділянки	$Q_{дл}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	6,1	9,12
	12-13	6,1	
	13-16	6,1	
14	11-14	6,1	9,12
	14-17	6,1	
	14-15	6,1	
15	12-15	6,1	12,16
	14-15	6,1	
	15-18	6,1	
	15-16	6,1	
16	13-16	6,1	9,12
	15-16	6,1	
	16-19	6,1	
17	14-17	6,1	9,12
	17-2	6,1	
	17-18	6,1	
18	15-18	6,1	12,16
	17-18	6,1	
	18-20	6,1	
	18-19	6,1	
19	16-19	6,1	9,12
	18-19	6,1	
	19-21	6,1	
20	2-20	6,1	9,12
	18-20	6,1	
	20-21	6,1	

21	19-21	6,1	6,10
	20-21	6,1	
сума			194,64

3.5.4 Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі

Для визначення втрат напору по всіх ділянках мережі за розрахованими діаметрами (табл. 3.12), треба визначити попередній розподіл витрат води по головним магістральним лініям мережі, додержуючись умов (3.10, 3.11).

Всі розраховані вузлові та шляхові витрати представлені на рис. 3.9.

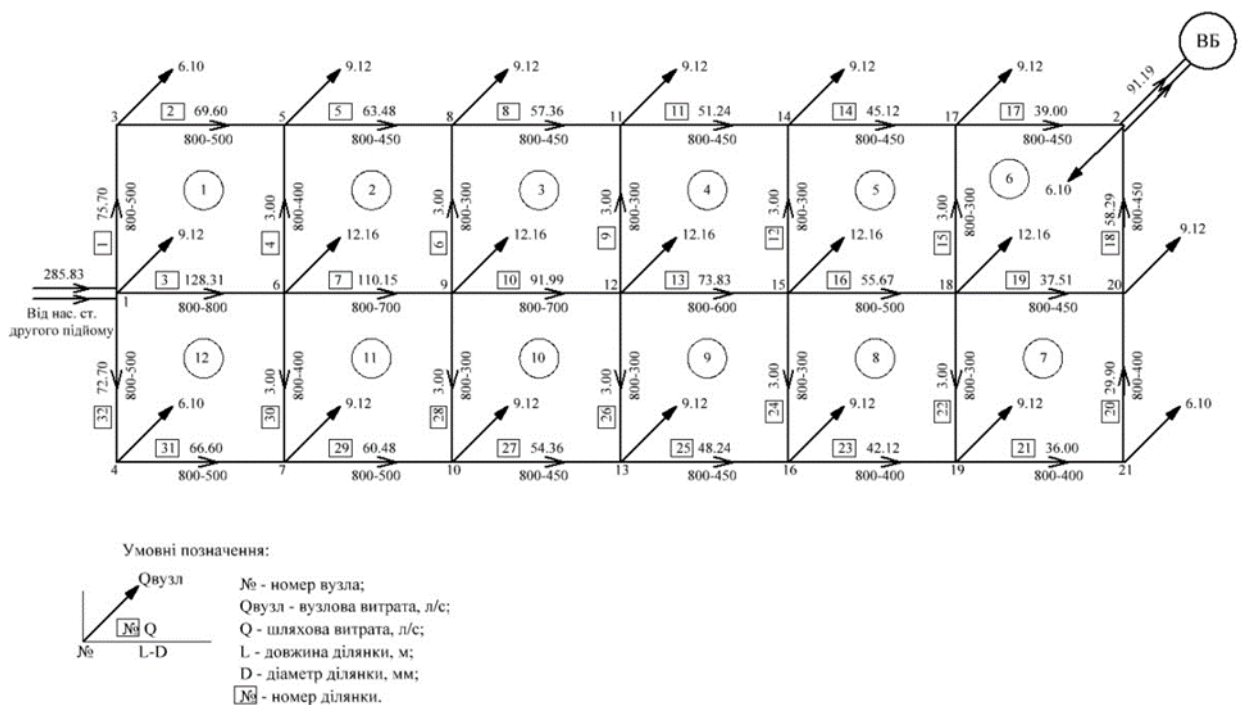


Рис. 3.9. Початковий потікорозподіл для години мінімального водоспоживання

На основі вихідних розрахункових схем проводиться ув'язка мережі, що досліджується, за допомогою програми ГИДРАСТ 1.

3.6. Гідравлічні розрахунки для типових годин в добу максимального водоспоживання

3.6.1 Визначення погодинних витрат води

До розрахунку приймається одна типова година в періоді:

- від 0 до 6 години (година 3-4);
- від 6 до 12 години (година 8-9);
- від 12 до 18 години (година 15-16);

г) від 18 до 24 години (година 20-21).

Користуючись таблицями 3.5 та 3.6 розподіл розрахункової витрати буде наступним:

- а) година 3-4 є годиною транзиту, насосами подається витрата $2784,0 \text{ м}^3$, з неї в башту йде $288,0 \text{ м}^3$;
- б) в годину 8-9 в мережу подається вода насосами ($4320,0 \text{ м}^3$) та йде живлення від водонапірної башти (384 м^3);
- в) година 15-16 є годиною транзиту, насосами подається витрата $4320,0 \text{ м}^3$, з неї в башту йде $96,0 \text{ м}^3$;
- г) в годину 20-21 вся витрата, що подається насосами насосної станції другого підйому ($4320,0 \text{ м}^3$), розбирається з мережі, башта не працює.

3.6.2 Визначення вузлових і шляхових витрат

Питома витрата мережі розраховується за формулою (3.3). Розрахунок питомих витрат для годин в добу максимального водорозбору зведений в таблицю 3.22.

Таблиця 3.22 – Розрахунок питомих витрат для годин в добу максимального водоспоживання

Розрахункова година	$Q_{год}$, л/с	$\sum \ell$, м	$q_{пит}$, л/с·м
3-4	693,33	25600	0,0270832
8-9	1306,67	25600	0,05104796
15-16	1173,33	25600	0,0458332
20-21	1200,00	25600	0,046875

Шляхова витрата визначається за формулою (3.4). Розрахунок шляхових витрат для годин в добу максимального водорозбору зведений в таблицю 3.23.

Таблиця 3.23 – Розрахунок шляхових витрат для годин в добу максимального водоспоживання

Розрахункова година	q_{num} , л/с·м	l_i , м	$Q_{шл}$, л/с
3-4	0,0270832	800	21,7
8-9	0,05104796	800	40,8
15-16	0,0458332	800	36,74
20-21	0,046875	800	35,70

Шляхова витрата є однаковою для всіх ділянок мережі тому, що довжина всіх ділянок є однаковими і становить 800 м.

Вузлові витрати розраховуються за формулою (3.5).

Розрахунок вузлових витрат для всіх годин наведених в таблицях (див. додаток М, Н, П, Р).

За розрахованими вузловими витратами призначається попередній поточкорозподіл для типових годин в добу максимального водоспоживання.

3.6.3 Вихідні розрахункові схеми та ув'язка водопровідної мережі

Для визначення втрат напору по всіх ділянках мережі за розрахованими діаметрами (табл. 3.12), треба визначити попередній розподіл витрат води по головним магістральним лініям мережі, додержуючись умови (3.10, 3.11).

Всі розраховані вузлові та шляхові витрати представлені на рис. 3.10; 3.11; 3.12; 3.13.

На основі вихідних розрахункових схем проводиться ув'язка мережі, що досліджується, за допомогою програми ГИДРАСТ 1 на ПЕОМ. Отримані результати розрахунків представлені в таблиці 3.28; 3.29; 3.30; 3.31.

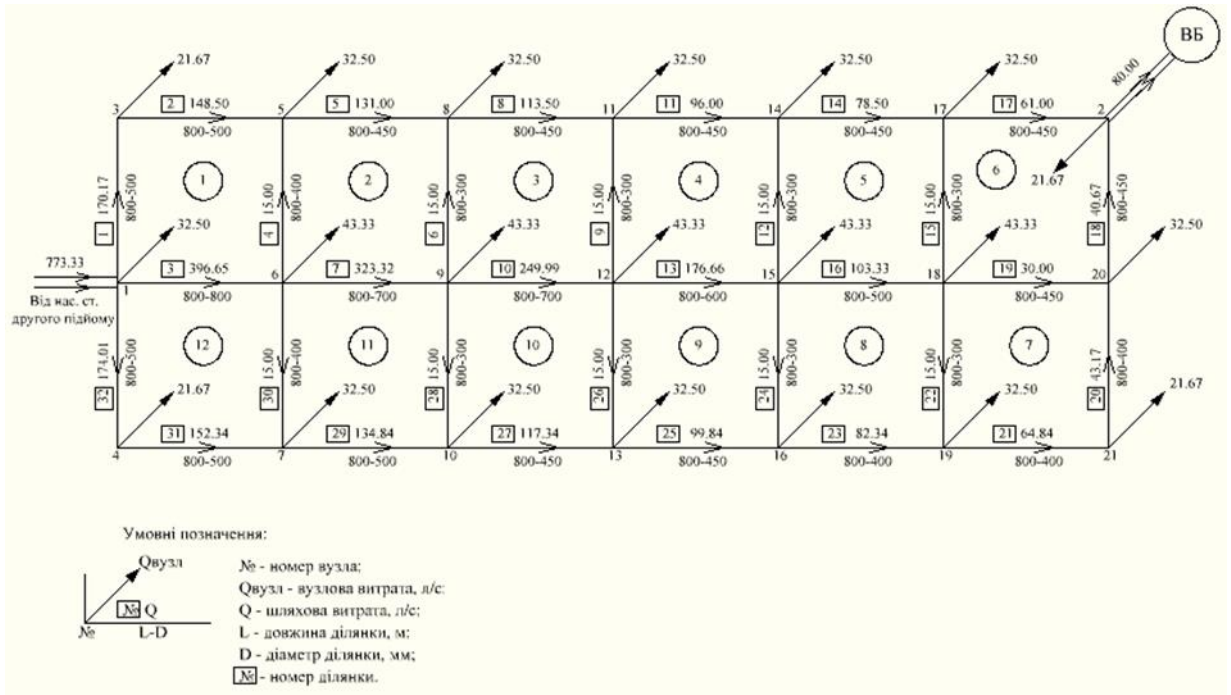


Рис. 3.10. Початковий потокорозподіл для години 3 – 4 в добу максимального водоспоживання

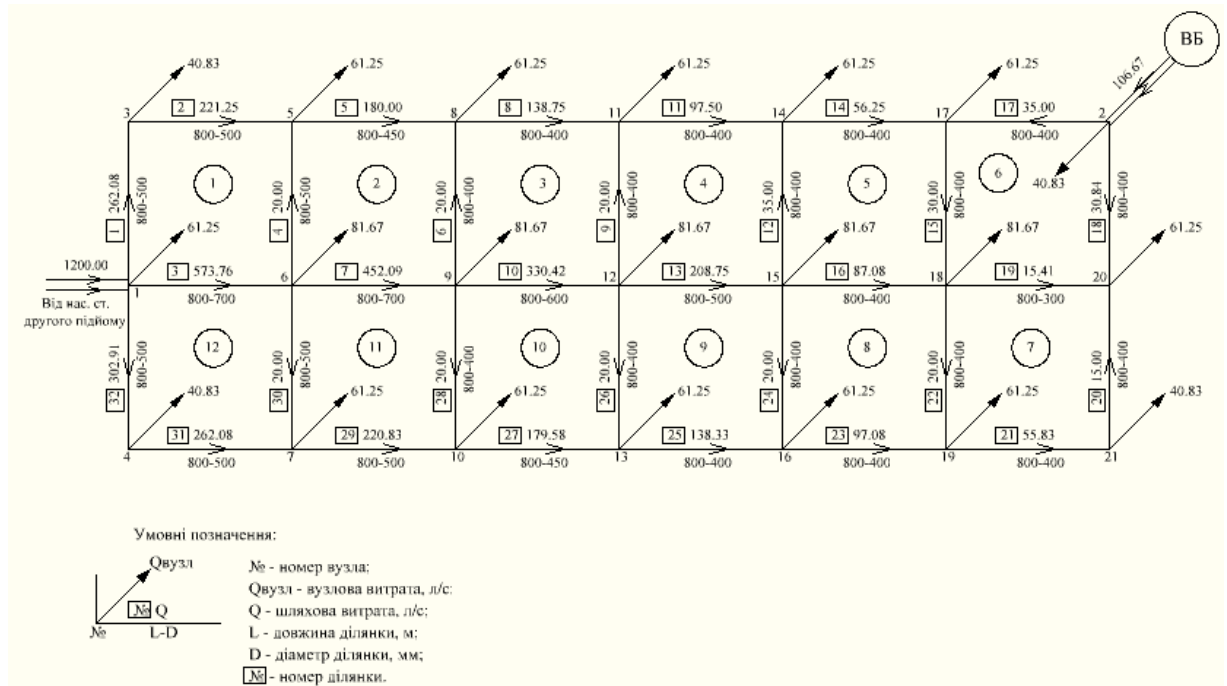


Рис.3.11. Початковий потокорозподіл для години 8 – 9 в добу максимального водоспоживання

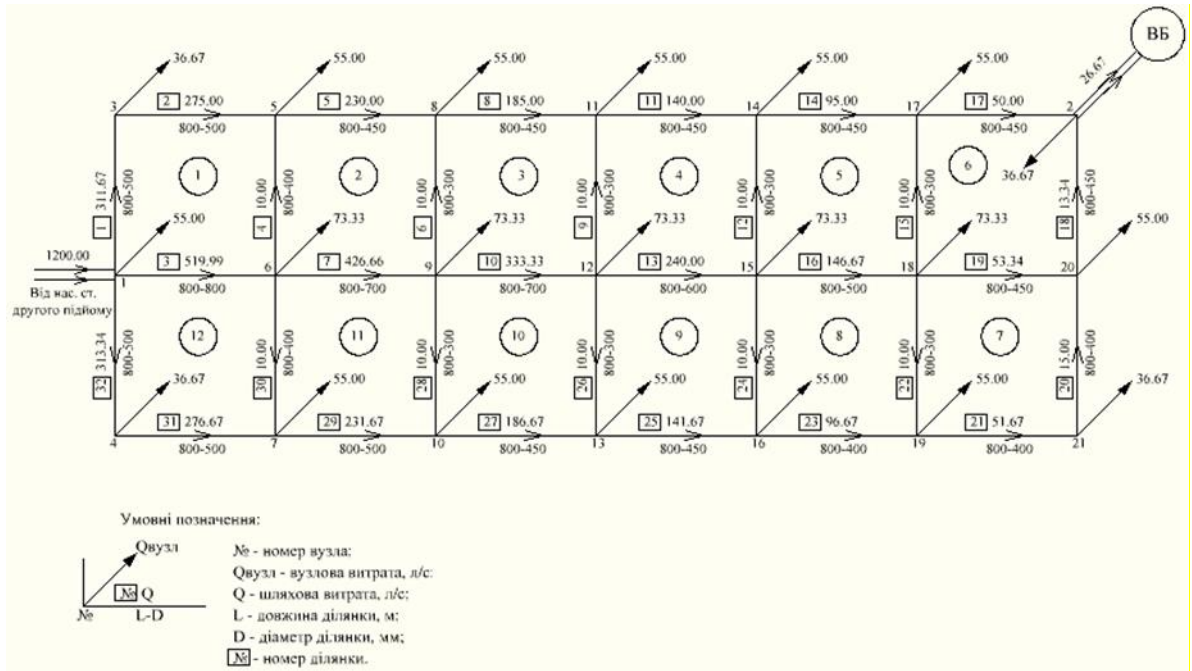


Рис. 3.12. Початковий потікорозподіл для години 15 – 16 в добу максимального водоспоживання

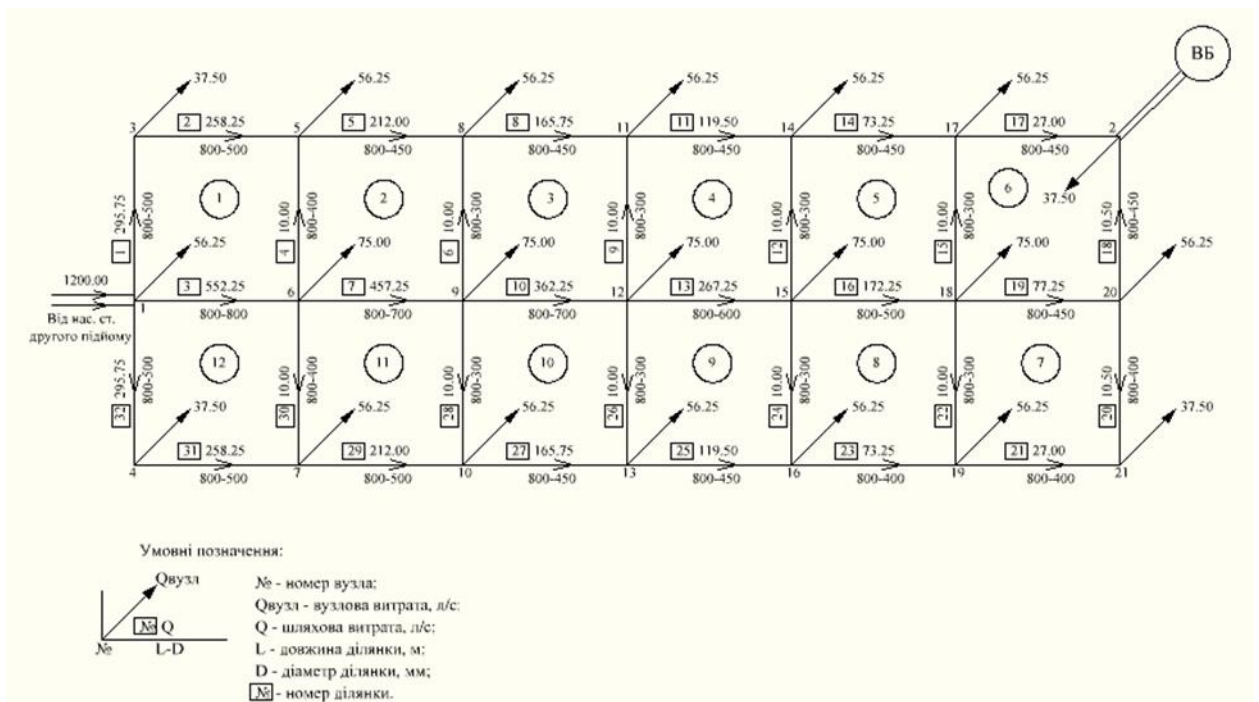


Рис. 3.13. Початковий потікорозподіл для години 20 – 21 в добу максимального водоспоживання

3.7. Побудова п'єзометричних карт для кожного розрахункових режимів

Для повного розуміння роботи системи водопостачання необхідно усвідомити зв'язок між її окремими елементами не тільки щодо витрат, але і щодо напорів.

Розбір води більшістю споживачів відбувається на деякій висоті над поверхнею землі, тому у водопровідній мережі має бути забезпечено тиск, необхідний для підйому води на вказану висоту.

Визначення розрахункових позначок починається з визначення п'єзометричної позначки невідгідної точки. Невідгідною точкою є вузол 2, який знаходиться в точці підключення водонапірної башти до мережі і має найбільшу геодезичну позначку. Вільний напір в невідгідній точці дорівнює:

$$P_{н.т.} = H_{номр} + Z_{н.т.}, \quad (3.14)$$

де $Z_{н.т.}$ – позначка землі в невідгідній точці, яка визначається за планом місцевості;

$H_{номр}$ – мінімальний потрібний напір, який залежить від кількості поверхів забудови:

$$H_{номр} = 6 + 4n, \quad (3.15)$$

де n – кількість поверхів (приймається 9 поверхів).

$$H_{номр} = 42 \text{ м.}$$

Для випадку пожежі в годину максимального водоспоживання мінімальний потрібний напір в невідгідній точці $H_{номр} = 10 \text{ м.}$

Далі розраховуються п'єзометричні позначки для всіх вузлів розрахункових випадків з урахуванням напрямку руху води і величин втрат напорів на кожній ділянці (по ходу руху води п'єзометричний напір понижується на величину втрат напору на ділянці, яка розглядається):

$$P_i = P_k \pm h_{i-k}, \quad (3.16)$$

де h_{i-k} – втрати напору на ділянці $i-k$, які розраховані за допомогою ув'язки мережі.

П'єзометрична позначка водонапірної башти розраховується по випадку максимального водорозбору. Для всіх інших випадків п'єзометрична позначка башти залишається постійною:

$$P_{в.б.} = P_{н.т.} + h_{вод.б.}, \quad (3.17)$$

де $h_{вод.б.}$ – втрати напору у водоводах від точки підключення (невигідна точка) до водонапірної башти, визначаються по [27]. Для сталевих трубопроводів діаметром 400 мм та довжиною 100 м $h_{вод.б.} = 0,4$ м.

Значення п'єзометричної позначки у башти дозволяє визначити її висоту, а значення п'єзометричної позначки в точці підключення водоводів – напір насосів насосної станції другого підйому:

$$H_б = P_п + h_{п-б} - z_б, \quad (3.18)$$

$$H_н = P_1 + h_{1-н} - z_н, \quad (3.19)$$

де $H_б$ – висота башти;

$z_б$ – позначка поверхні землі у башти;

$H_н$ – напір насосів;

$z_н$ – позначка вісі насосів;

$P_п$ – п'єзометрична позначка в вузлі підключення водоводів від башти до мережі;

P_1 – п'єзометрична позначка в вузлі підключення водоводів від насосної станції до мережі;

$h_{п-б}$ та $h_{1-н}$ – втрати в водоводах.

Розрахунки показали, що напір насосів насосної станції другого підйому змінюється не суттєво, але подача може змінюватися в широких межах. Мінімальний напір спостерігається в годину мінімального водоспоживання, максимальний – в годину максимального транзиту в башту.

Всі розрахунки представлені на рис. 3.14 – 3.22.

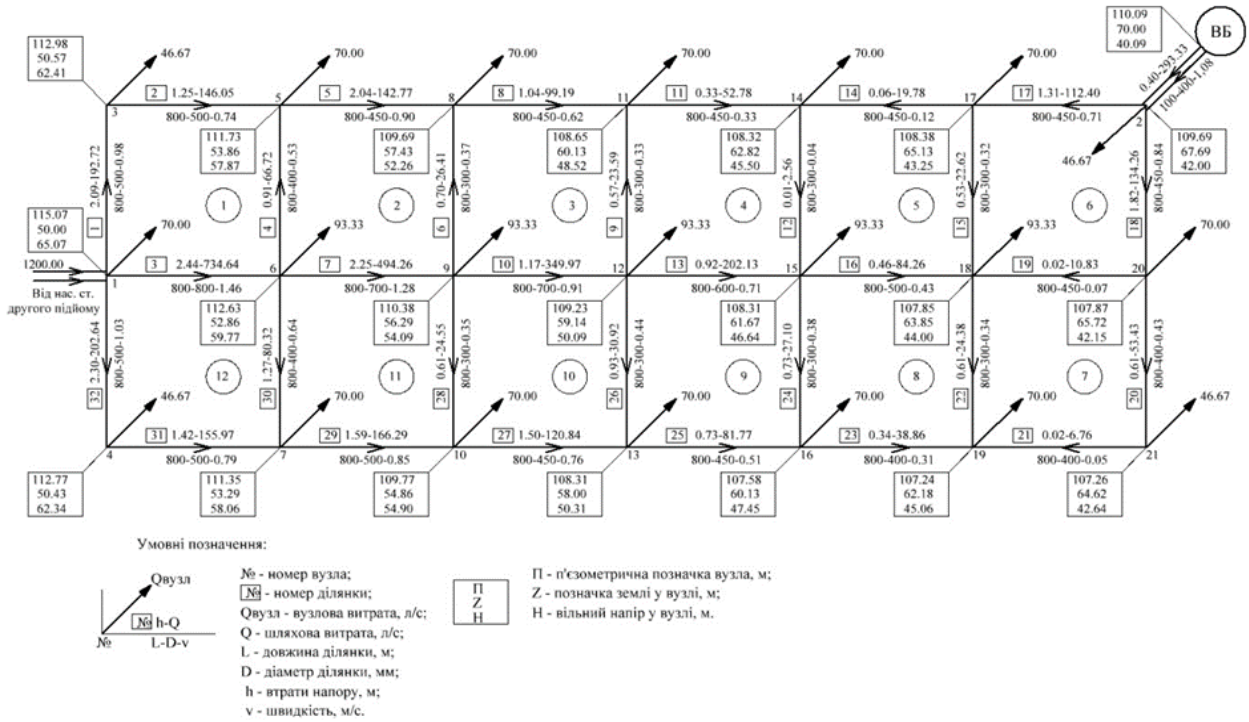


Рис. 3.14. П'єзометрична карта для режиму максимального водоспоживання

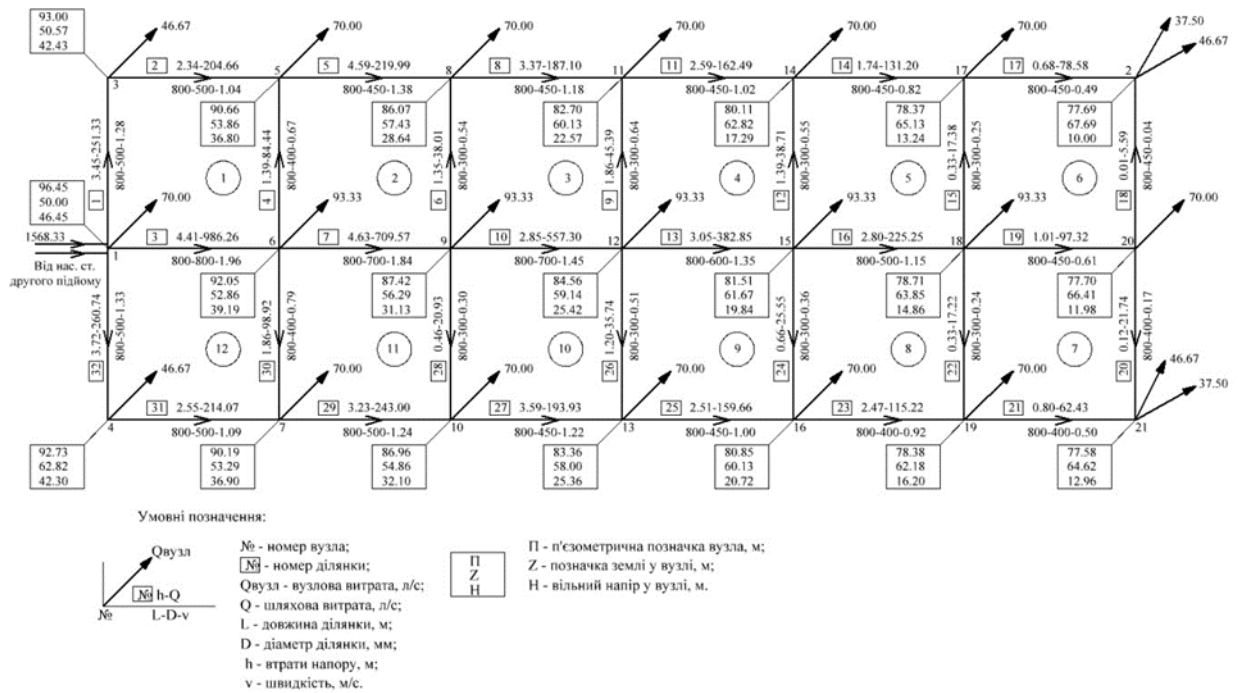


Рис. 3.15. П'єзометрична карта для режиму пожежі при максимальному водоспоживання

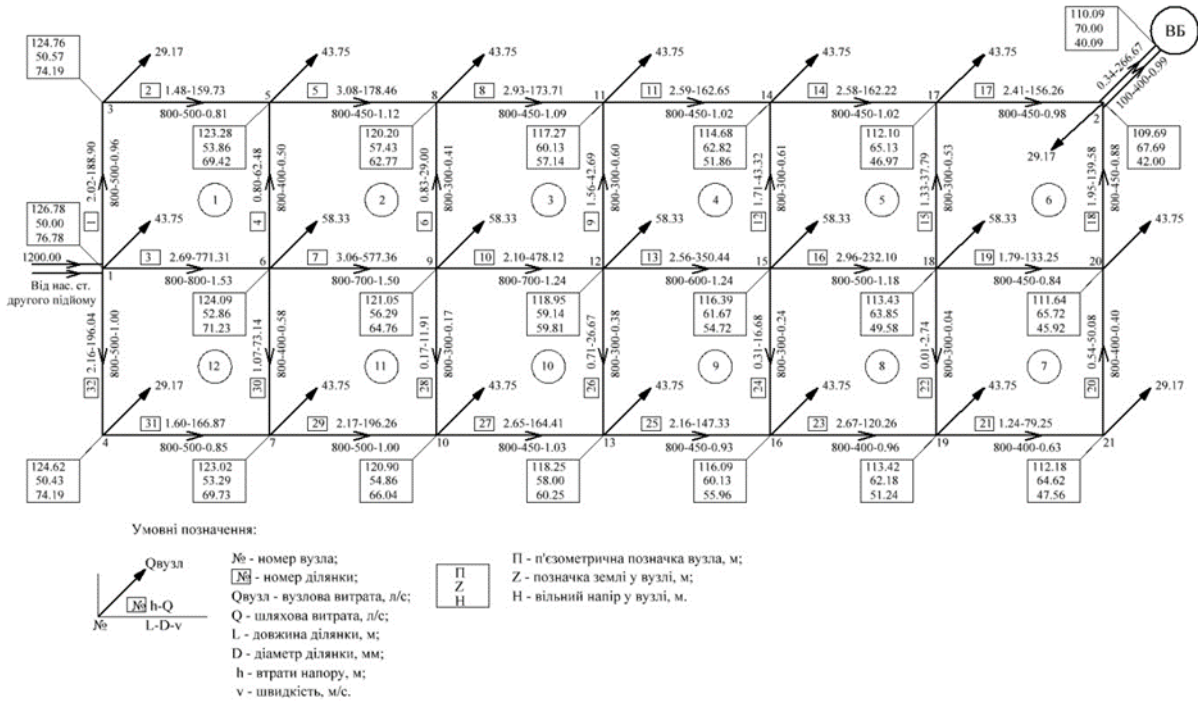


Рис. 3.16. П'єзометрична карта для режиму максимального транзиту у башту

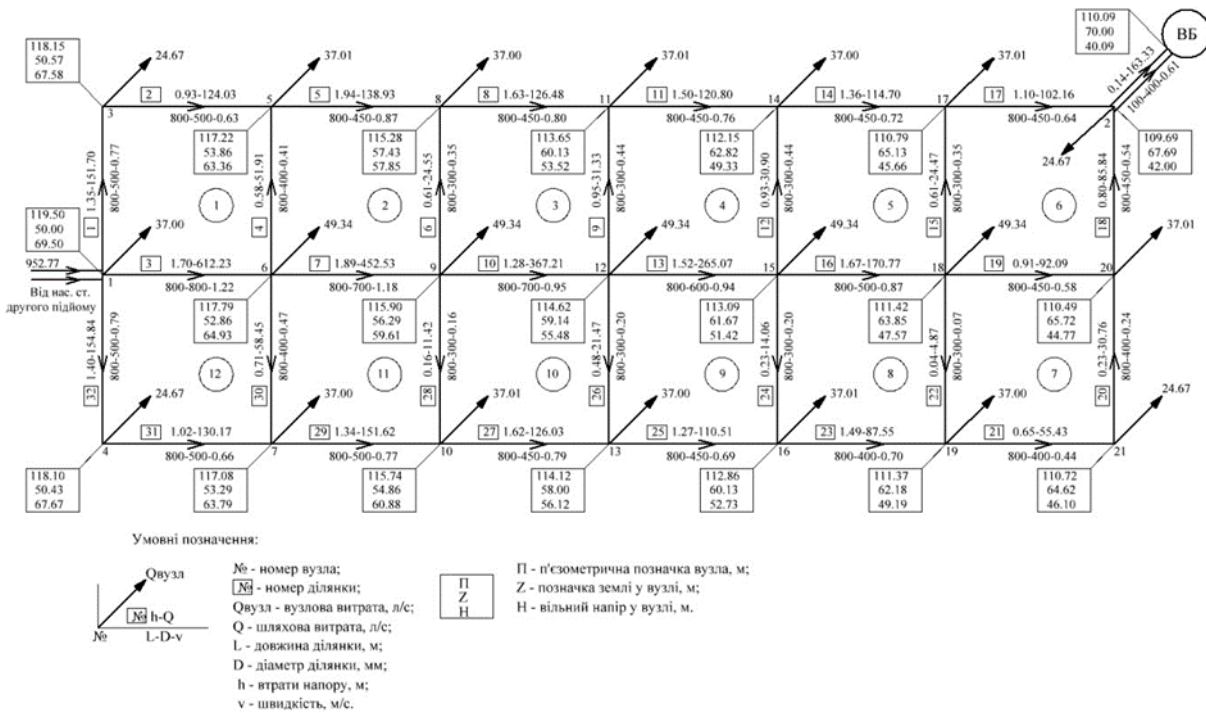


Рис. 3.17. П'єзометрична карта для години середнього водоспоживання

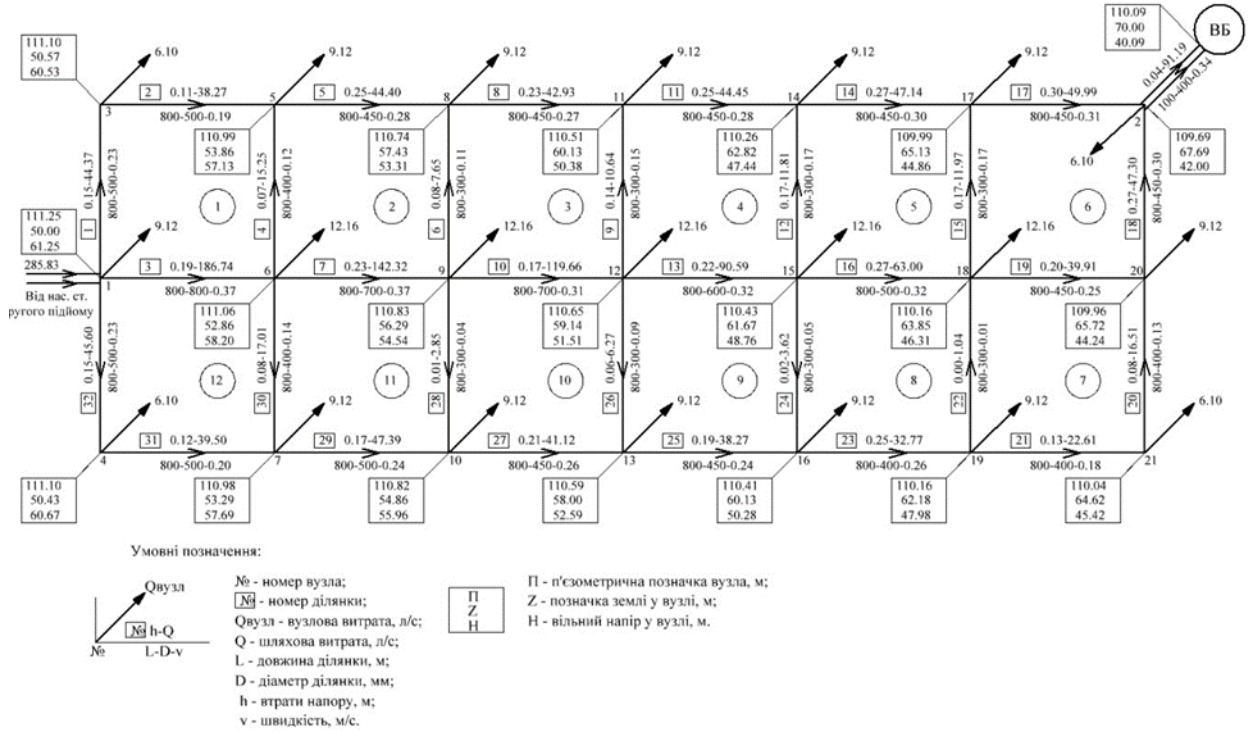


Рис. 3.18. П'єзометрична карта для години мінімального водоспоживання

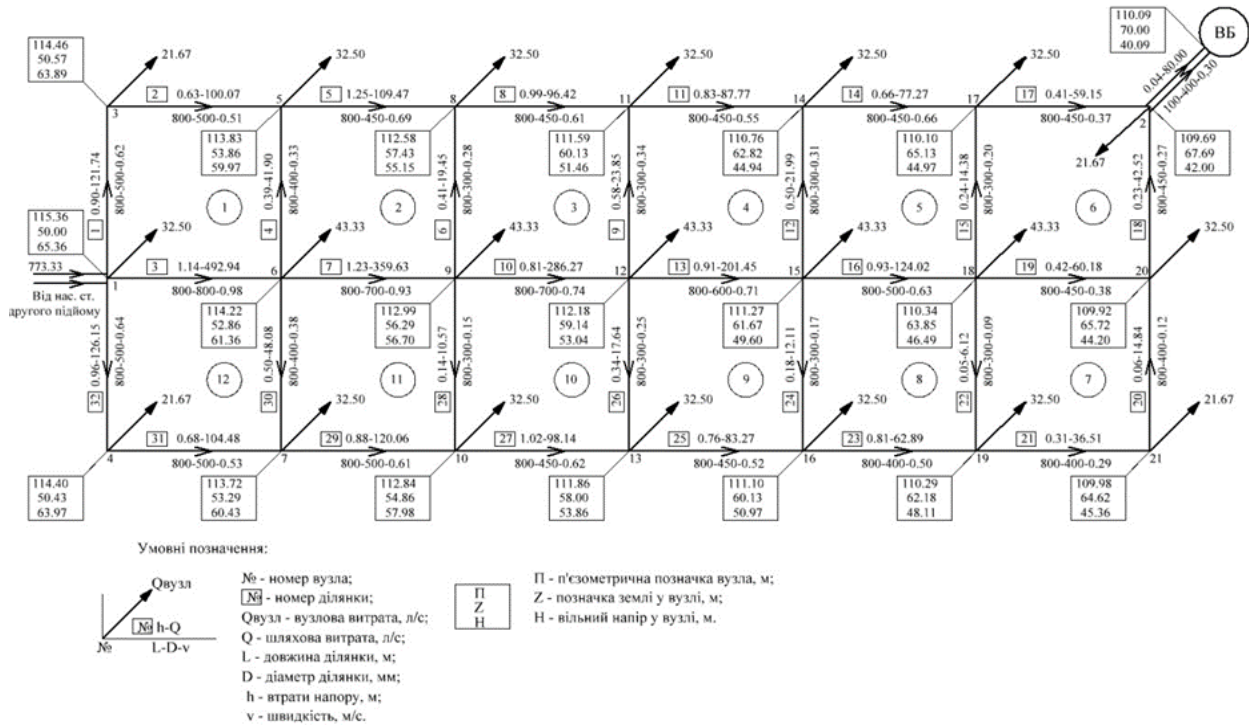


Рис. 3.19. П'єзометрична карта для години 3 – 4 в добу максимального водоспоживання

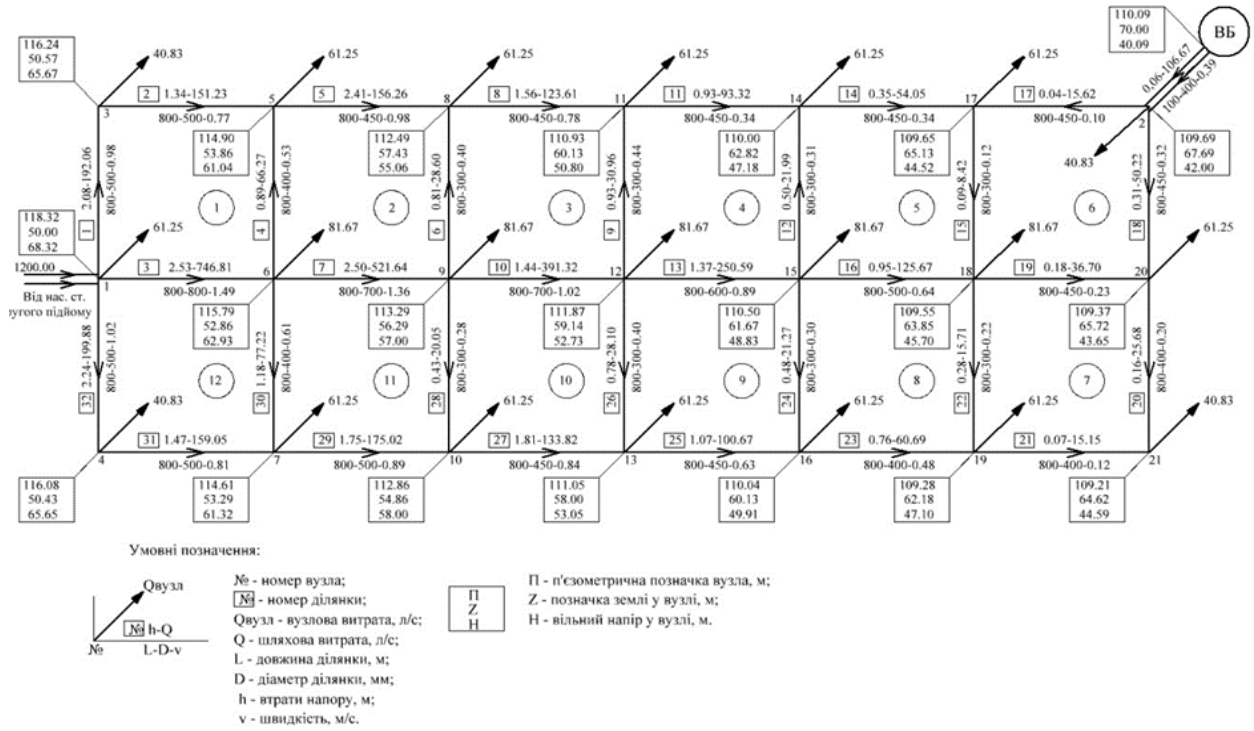


Рис. 3.20. П'єзометрична карта для години 8 – 9 в добу максимального водоспоживання

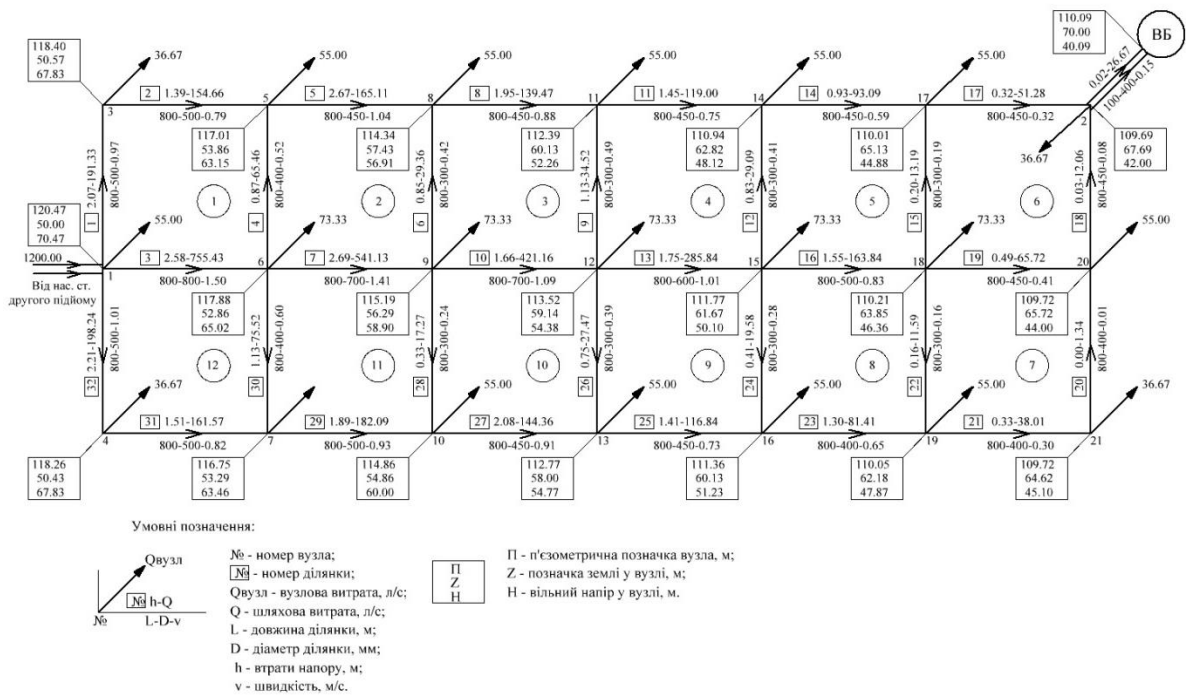


Рис. 3.21. П'єзометрична карта для години 15 – 16 в добу максимального водоспоживання

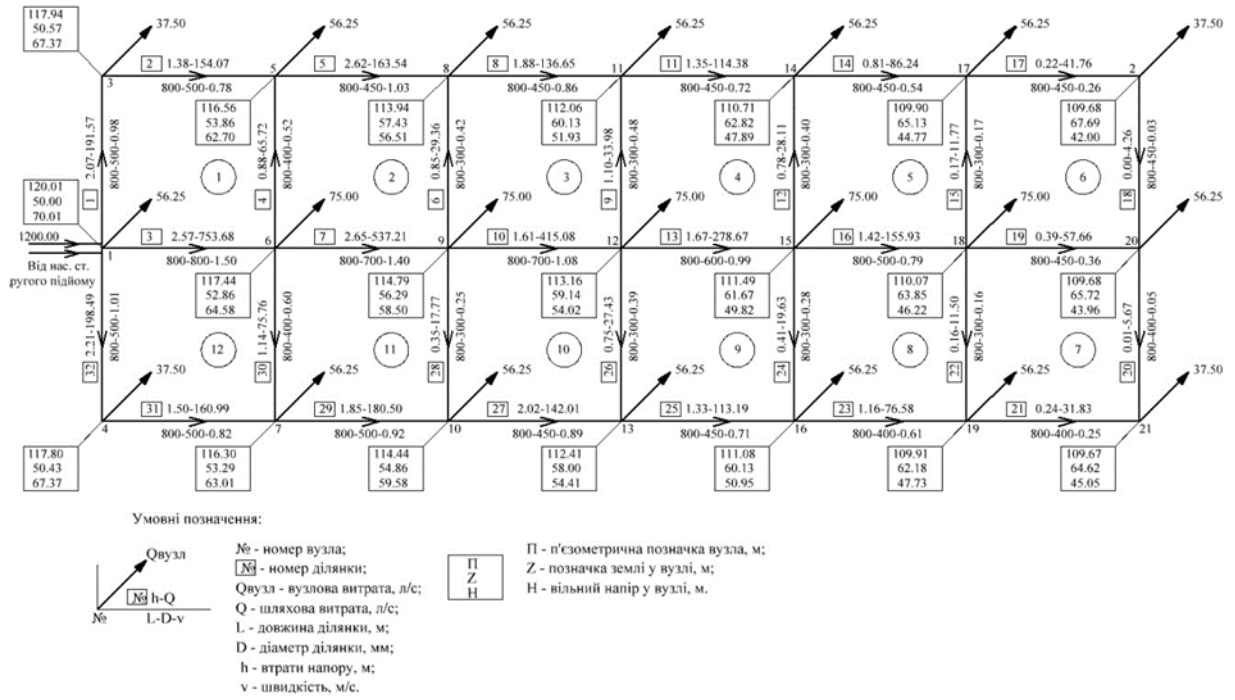


Рис. 3.22. П'єзометрична карта для години 20 – 21 в добу максимального водоспоживання

РОЗДІЛ 4

АНАЛІЗ РОБОТИ СИСТЕМИ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛУ ВОДИ

4.1. Розрахунок і побудова графіків сумісної роботи водоводів, мережі і насосів насосної станції другого підйому

У системах водопостачання насоси та насосні установки працюють, як правило, спільно з кількома водоводами і з розвиненою системою трубопроводів - водопровідною мережею [7].

Існує складність у побудові характеристики спільної роботи насоса і кільцевої водопровідної мережі [7]. Ця складність обумовлена тим, що повний опір мережі залежить не тільки від загальної витрати, що подається в систему, а й від розподілу цієї витрати по точках мережі, тобто від місця розташування споживачів води в даний момент часу [7]. Так як розподіл витрат залежить від багатьох обставин (в тому числі і від часу доби), то при одній і тій же загальній витраті повний опір системи може бути різним. Для побудови характеристики такої системи необхідно провести гідравлічні розрахунки водопровідної мережі при декількох найбільш характерних розподілах витрат і побудувати відповідно цими розрахунками кілька характеристик [7].

Розрахунки починаються з побудови характеристики трубопроводів складної системи «насоси – водоводи – мережа», користуючись формулою:

$$H_{mp} = H_G + S_\phi \cdot Q^2 + h_2, \quad (4.1)$$

де H_G – геометрична висота підйому води;

$h_1 = S_\phi \cdot Q^2$ - втрати у магістральній лінії на шляху від точки підключення до невідгідної точки;

h_2 – втрати напору в напірних водоводах. Для сталевих водоводів діаметром 800 мм при витраті по двом трубопроводам 1200,0 л/с та довжині їх 3000 м втрати напору складуть 5,97 м;

S_ϕ – приведений опір мережі:

$$S_{\phi} = \frac{\sum h_i}{\sum Q_p^2}, \quad (4.2)$$

де $\sum h_m$ – сумарні втрати напору в мережі по напрямку від точки підключення напірних водоводів до невідгідної точки, м;

$\sum Q_p$ – розрахункова витрата води в мережі, при якій визначені $\sum h_m$, m^3/c .

Для режиму максимального транзиту в башту невідгідною точкою буде контррезервуар. Приймаються 2 сталеві водоводи діаметром 400 мм кожен.

В системі з контррезервуаром недоліком є неминучий вдосталь широкий діапазон коливання тисків в мережі та водоводах при різних режимах роботи системи [7]. В період транзитної подачі води в водонапірну башту насоси повинні забезпечити подачу відносно великої зусередженої витрати в найбільш віддалену точку системи, яка в той же час має найвищу п'єзометричну позначку. Тому приведений опір, а потім і крива характеристики мережі, будуть розраховані на режим максимального транзиту в башту. Для розрахунку вибрана магістральна лінія 1-3-5-8-11-14-17-2.

$$S_a = \frac{17,43}{1,1819^2} = 12,23 \text{ c/m}^2$$

Розрахунок втрат напорів в мережі та водоводах для різних значень витрат зведений в таблицю (див. додаток С).

У кожному розрахункову годину, крім величин втрат напорів, різними будуть і геометричні висоти підйому води. Вони залежать від місця розташування диктуючої точки мережі і в загальному випадку визначаються за формулою:

$$H_{\Gamma} = P_{н.т.} - Z_{о.н.} \quad (4.3)$$

де $P_{н.т.}$ – п'єзометрична позначка невідгідної (диктуючої) точки мережі;

$Z_{о.н.}$ – позначка вісі насосів на насосній станції другого підйому (приймається 38 м).

Для години максимального водоспоживання диктуючою точкою для визначення напору насосів буде вузол 14 – вузол сходу потоків від башти і насосної станції, хоча невідгідним буде вузол 2. Насоси на насосній станції другого підйому повинні забезпечити водою мережу з потрібним напором саме до

вузла 14. Ділянки 14-17 та 17-2 будуть живитися від башти. Для цієї години геометрична висота підйому буде дорівнювати:

$$H_r = 108,32 - 38,00 = 70,32 \text{ м.}$$

Для години максимального транзиту в башту, годин середнього та мінімального водоспоживання, а також годин 3-4 та 15-16 в добу максимального водоспоживання, невідгідною точкою буде водонапірна башта тому, що в ці години вода проходить транзитом через усю мережу у контррезервуар. Геометрична висота підйому води для цих годин становитиме:

$$H_r = 110,09 - 38,00 = 72,09 \text{ м.}$$

Геометрична висота підйому для години 8-9 в добу максимального водорозбору визначається як і для години максимального водоспоживання, але в цьому випадку диктуючою точкою буде вузол 17, ділянка 2-17 буде живитися від водонапірної башти:

$$H_r = 109,65 - 38,00 = 71,65 \text{ м.}$$

В годину 20-21 доби максимального водоспоживання водопровідна мережа міста отримує воду тільки від насосної станції другого підйому, тобто подача води насосами дорівнює водоспоживанню міста. За п'езометричну позначку невідгідної точки приймається п'езометрична позначка вузла 2, у якому треба забезпечити мінімальний потрібний напір. Геометрична висота підйому води в цю годину буде дорівнювати:

$$H_r = 109,68 - 38,00 = 71,68 \text{ м.}$$

За основу для вибору марки насосів приймається година максимального водоспоживання з витратою 1200 л/с та враховуючи деякий запас напору для години максимального транзиту в башту. Потрібний напір насосів для години максимального водоспоживання визначається за формулою (4.1) та даними таблиці 7.1 і дорівнює:

$$H = 70,32 + 23,58 = 93,90 \text{ м.}$$

До роботи приймаються 3 робочих та 2 резервних насоси марки 1Д1600-90, укомплектовані двигунами А4-400Х-4 потужністю 500 кВт, частотою обертів 1450 об/хв та напругою 6000 В. Характеристики вибраних насосів наведені на рис. 4.1.

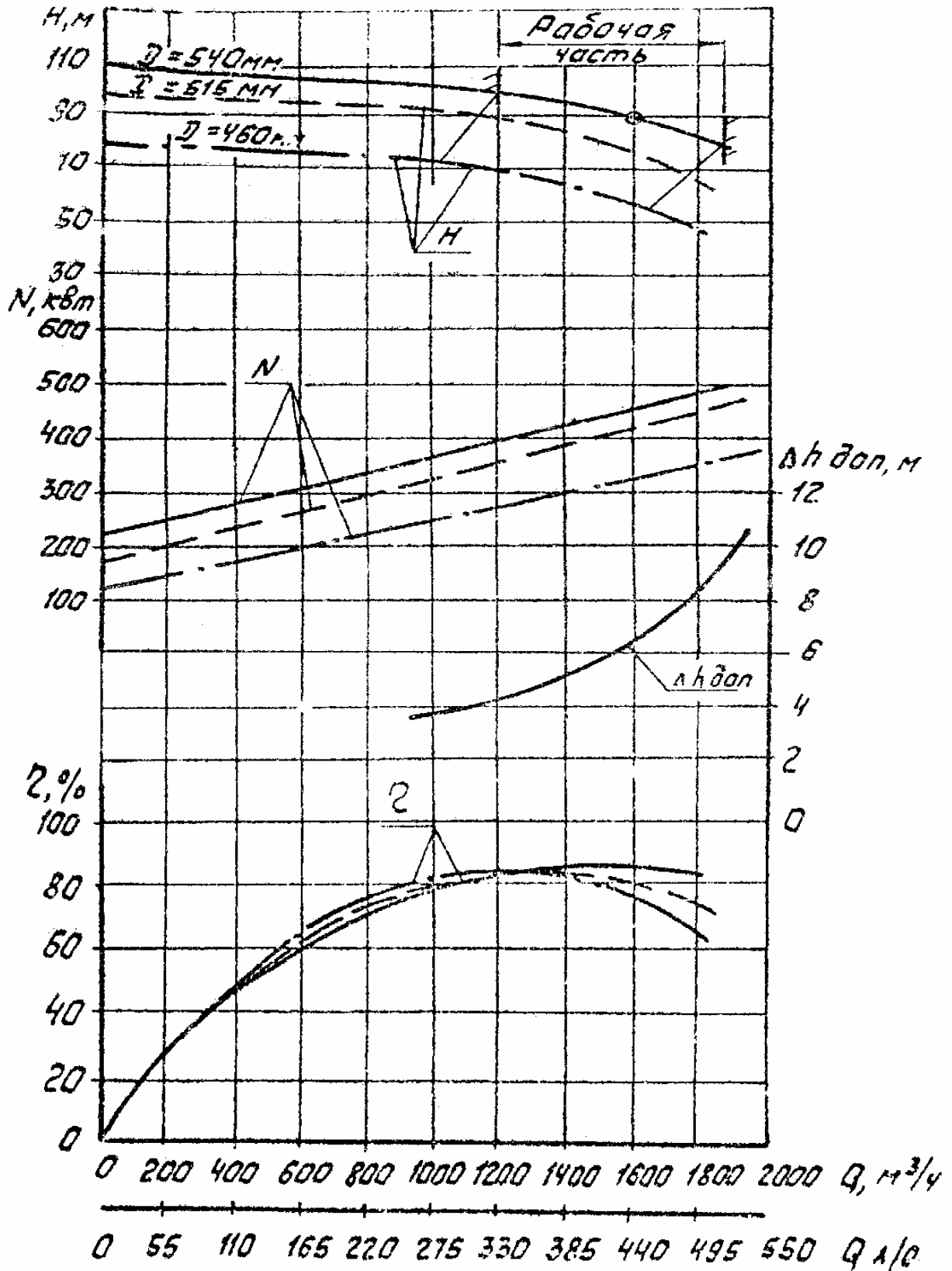


Рис. 4.1 – Характеристики насоса 1Д1600-90

В годину пожежогасіння напір нососів буде нижчим, ніж в інші години, а подача достатньо великою, насоси типу 1Д1600-90 не забезпечать потрібні значення напору і подачі. Тому для режиму пожежогасіння в годину

максимального водоспоживання передбачається встановлення насосів іншої марки, а основні насоси будуть виключатися з роботи в цей час [7]. Передбачається встановлення одного резервного насосного агрегату для потреб пожежогасіння. На графік з характеристиками водоводів та мережі переноситься характеристика вибраного насоса [7]. Потім, збільшуючи в два, в три рази подачу при відповідних напорах, будуються графіки спільної роботи двох, трьох паралельно з'єднаних відцентрових насосів [7]. Точки перетину відповідних характеристик насосів і водоводів визначають режимні характеристики (подачу, напір, ККД) насосів. За цим графіком визначається ступінчаста подача насосної станції, тобто подача при роботі одного, двох та трьох насосів [7]. Графічні характеристики показують, що необхідну подачу насосна станція забезпечує тільки в годину максимального водоспоживання. В усі інші години насоси будуть подавати менше або більше води споживачам за розрахункову годину. Тому суміщені графіки водо подачі і водорозбору потребують корегування. Всі розраховані характеристики і режимні точки роботи насосів для кожного розрахункового випадку наведені на рис. 4.2-4.6.

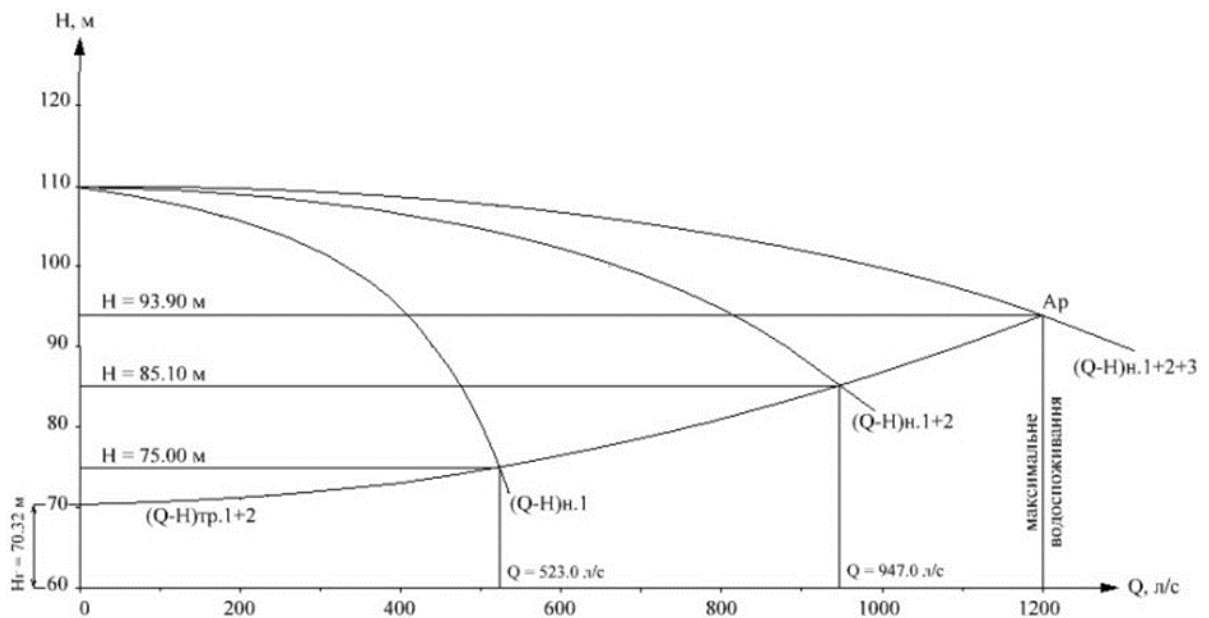


Рис. 4.2 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому для години максимального підйому

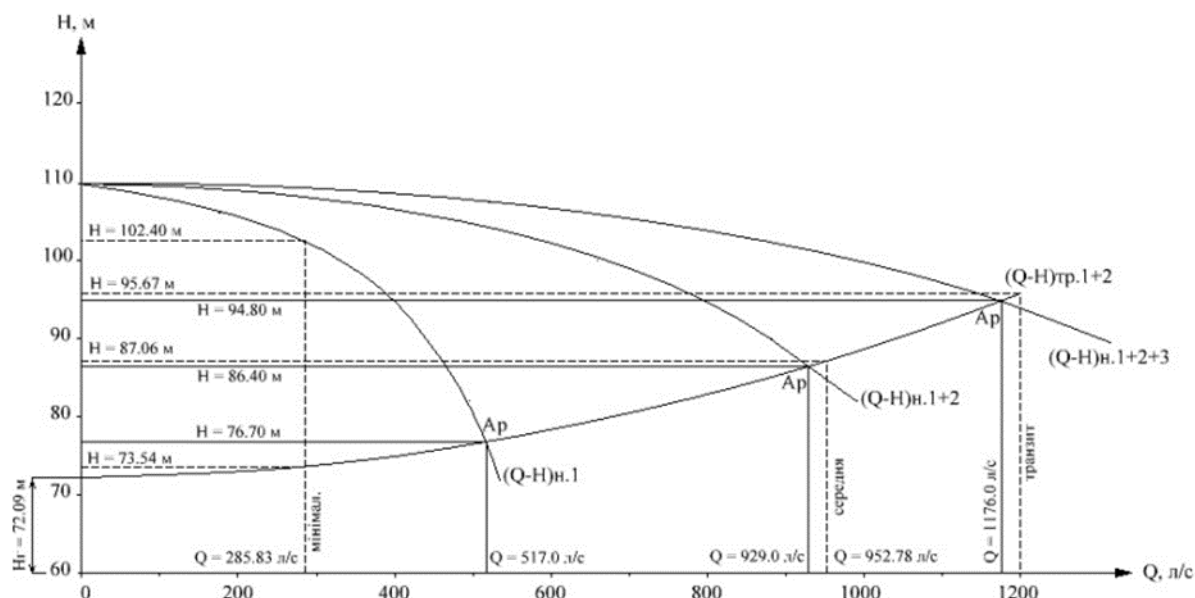


Рис. 4.3 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому для години максимального транзиту, середнього та мінімального водорозборів відповідних діб

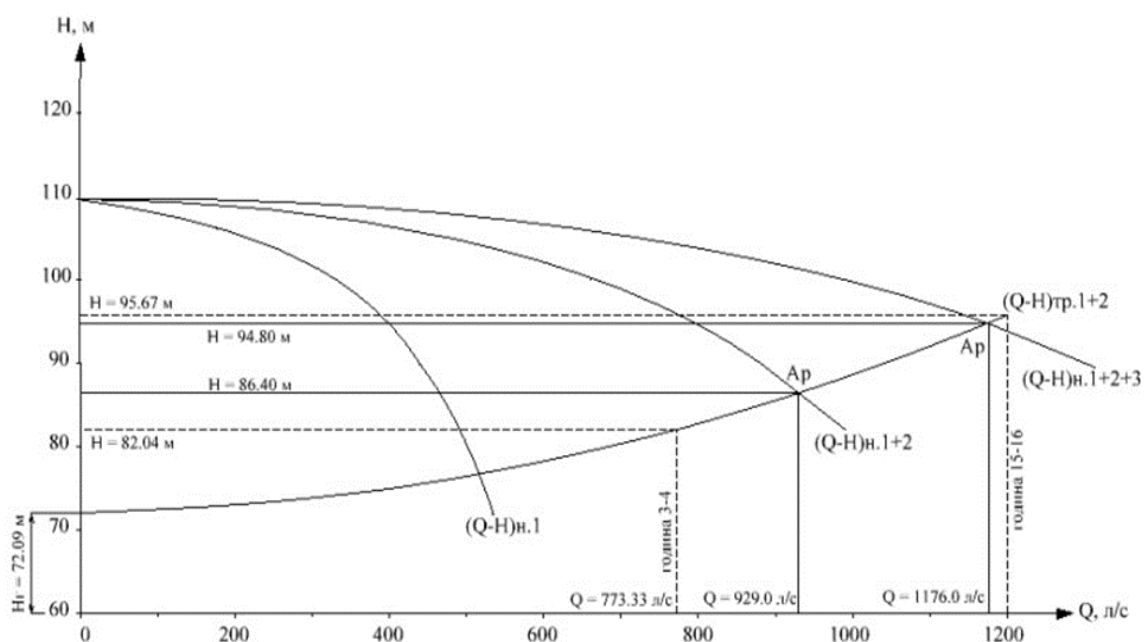


Рис. 4.4 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому для годин 3 – 4 та 15 – 16 в добу максимального водоспоживання

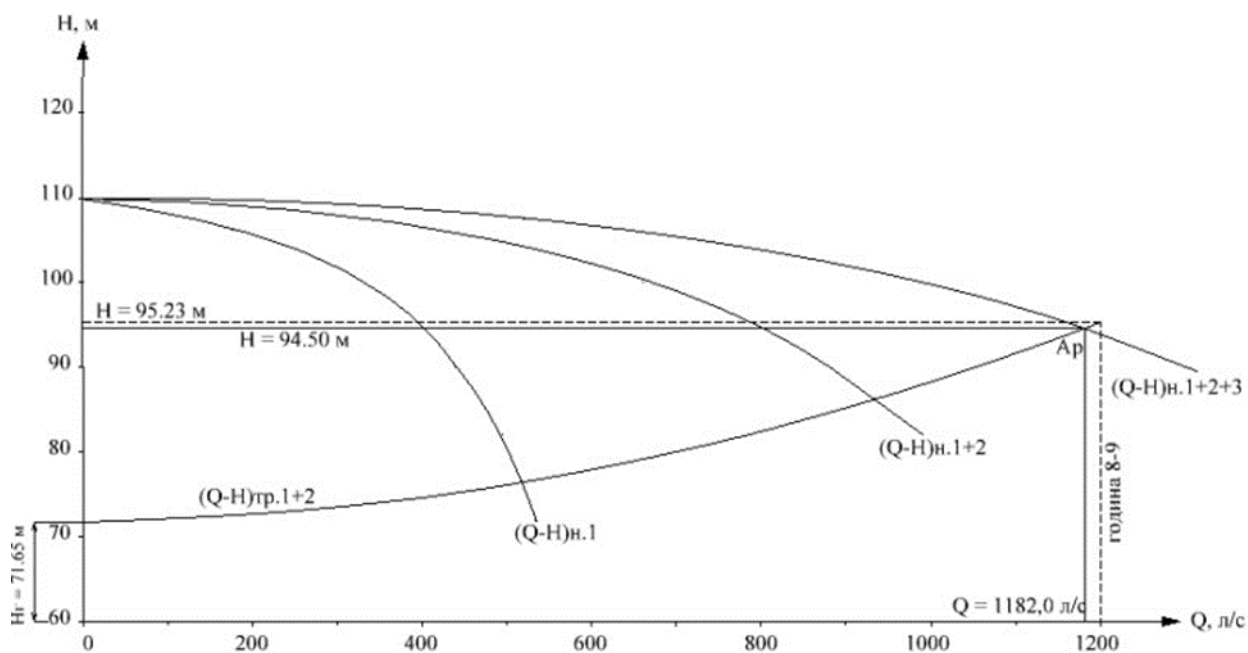


Рис. 4.5 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому для годин 8 – 9 в добу максимального водоспоживання

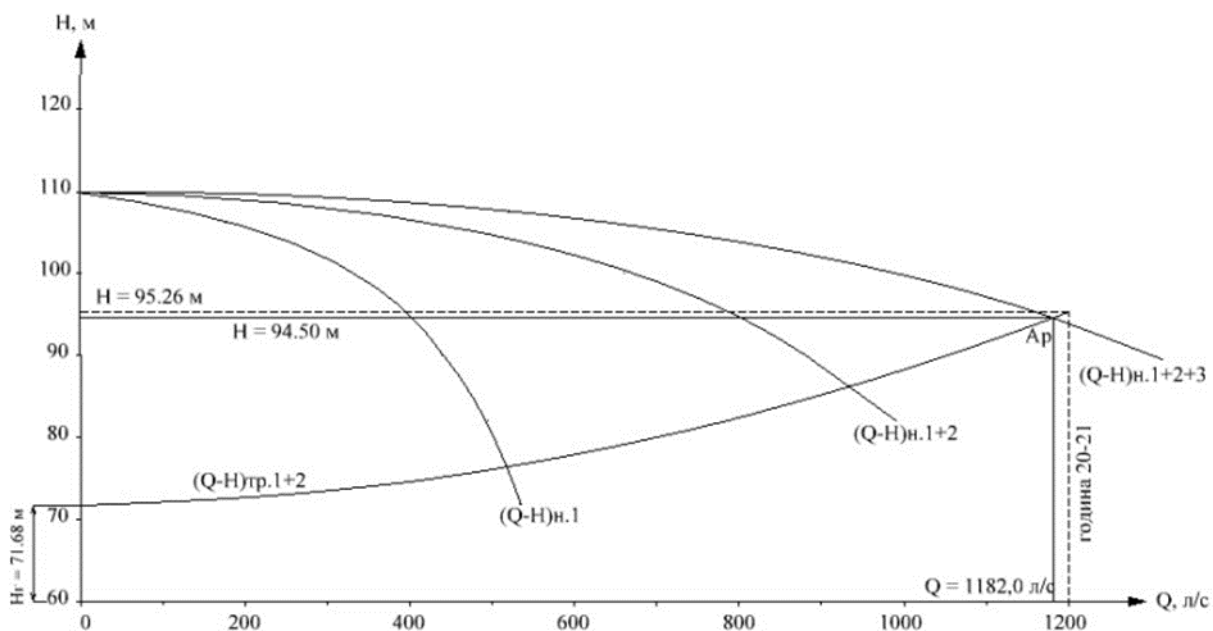


Рис. 4.6 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому для годин 20 – 21 в добу максимального водоспоживання

4.2. Аналіз роботи насосів і уточнення їх робочих характеристик

4.2.1 Аналіз роботи насосів в добу максимального водопостачання

В добу максимального водоспоживання згідно графіків сумісної роботи водоводів мережі та насосів (рис. 4.2-4.6) на першому ступені будуть працювати паралельно два насоси, які за годину будуть подавати 3,48 % від добової витрати в цю добу, на другому ступені – 3 паралельно підключені насоси, які подадуть 4,50 % від добової витрати.

Для мережі з контррезервуаром розрахунок треба проводити одночасно для всіх елементів системи, у тому числі і для сумісної роботи водонапірної башти і насосів на спільну мережу. При чому регулюючий об'єм резервуарів потрібно запроєктувати мінімальним.

Щоб проаналізувати, яким буде режим роботи водонапірної башти, треба побудувати суміщений графік водоспоживання і подачі насосів (рис. 4.7) з урахуванням кількості насосних агрегатів та ступенів їх роботи.

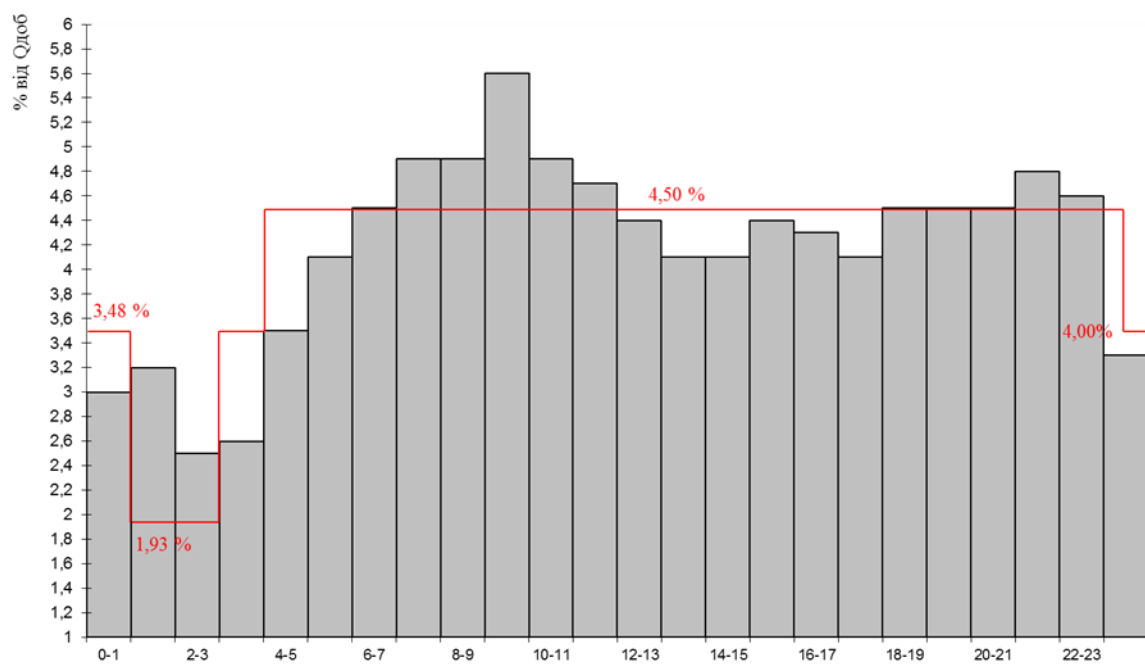


Рисунок 4.7 – Скорегований суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу максимального водорозбору

Дійсний графік роботи насосів не буде збігатися з розрахунковим (рис. 3.1), але він є основою для розрахунків мінімальної регулюючої ємності водонапірної башти.

На другому ступені роботи насоси у дійсності кожну розрахункову годину будуть подавати різну витрату, меншу максимальної, тому, що змінюється геометрична висота підйому води. Тому за добу вони подадуть менше розрахункової подачі. Компенсувати це можливо завдяки збільшенню часу роботи насосів на другому ступені роботи. Замість повних 19 годин (з години 4-5 по годину 22-23 включно) три насоси будуть працювати 19 годин 30 хвилин.

У годину 23-24 три насоси 30 хвилин будуть подавати 4,5 % добової витрати, потім один насос вимикається з роботи і 30 хвилин будуть працювати два насоси з сумарною подачею 3,48 % від добової витрати. У цю годину загалом насоси подадуть в мережу 4,0 % від добової витрати.

Щоб подати споживачам 100 % розрахункової подачі, а ємність контррезервуару зробити мінімальною, у нічні години доби (години 1-2, 2-3) на першому ступені працюватимуть 1 насос марки 1Д1600-90 з подачею 1,93 % від добової витрати.

За таким графіком роботи насосів на насосній станції другого підйому по таблиці 4.2 регулююча ємність водонапірної башти становитиме:

$$W_{\text{рег.в.б.}} = |-1,74| + 0,83 = 2,57 \%,$$

$$W_{\text{рег.в.б.}} = (2,57 \cdot 96000) / 100 = 2467,2 \text{ м}^3.$$

Змінюється режим роботи контррезервуару (див. додаток Т) в годину максимального транзиту. Замість розрахункового 1,0 % від добової подачі при такому режимі роботи насосів в башту буде надходити в годину 4-5 0,91 % добової подачі.

Напір насосів в усі години доби максимального водопостачання, крім години максимального водорозбору, буде менше розрахункового.

4.2.2 Аналіз роботи насосів в добу середнього водопостачання

В добу середнього водоспоживання згідно графіків роботи водоводів, мережі і насосів (рис. 4.3) на першому ступені буде працювати паралельно один насос з годинною подачею 2,64 % від добової витрати в цю добу (1,93 % в добу

максимального водоспоживання), на другому ступені – 2 паралельно підключені насоси, які подадуть 4,78 % добової витрати (3,48 % відповідно).

В дійсних умовах роботи насоси за добу подадуть менше розрахункової подачі, тому час роботи обладнання на другому ступені збільшиться. В годину 22-23 насоси типу 1Д1600-90 паралельно будуть подавати воду в мережу 7 хвилин, потім один насос вимикається і 2 насоси будуть працювати до години 4-5 включно 6 годин 53 хвилини. Разом у годину 22-23 насоси подадуть 2,9 % від добової витрати. Так як змінюється кількість води, що подається насосами за годину, зміниться й режим роботи водонапірної башти. За таким графіком роботи (див. додаток У) ємність регулюючого резервуару складатиме:

$$W_{\text{рег.в.б.}} = |-1,22| + 1,05 = 2,27 \%,$$

$$W_{\text{рег.в.б.}} = (2,27 \cdot 70000) / 100 = 1589,0 \text{ м}^3.$$

Таким чином в добу середнього водоспоживання водонапірна башта буде наповнюватися на 66 % від її розрахункової ємності. В годину середнього водорозбору (годину 21-22) в контррезервуар транзитом буде надходити 0,72 % подачі в цю добу замість 0,84 %. Напір насосів складатиме 86,40 м замість розрахункових 87,06 м. Суміщений графік водоспоживання та подачі насосів в цю добу зображений на рис. 4.8.

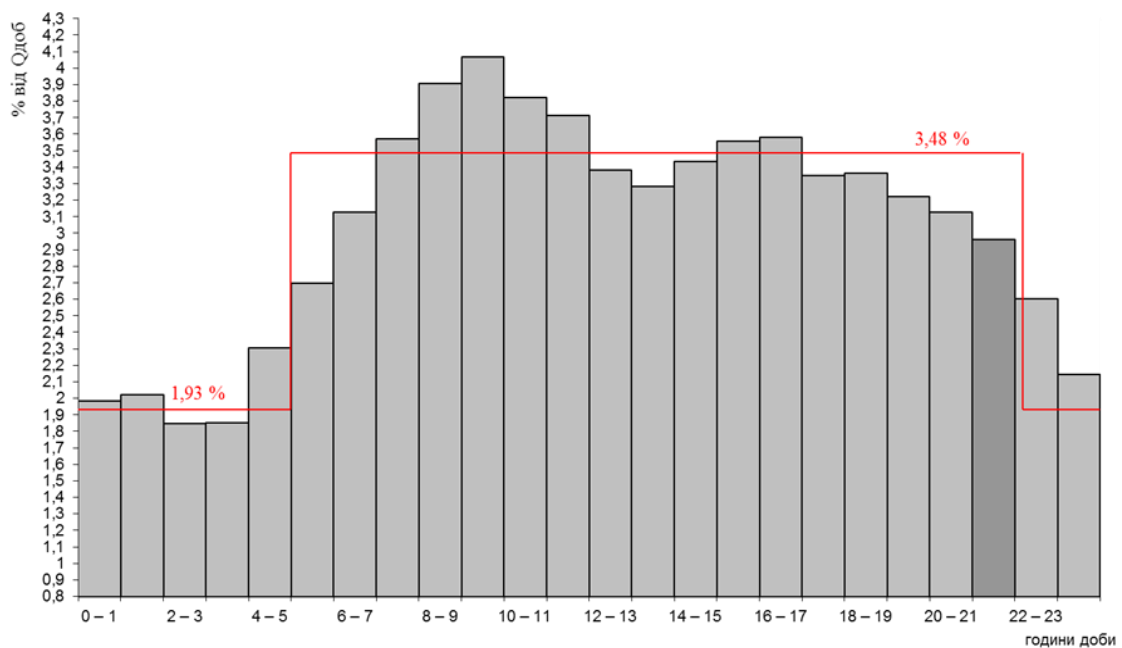


Рисунок 4.8 – Скорегований суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу середнього водорозбору

4.2.3 Аналіз роботи насосів в добу мінімального водопостачання

В добу мінімального водоспоживання згідно сумісних графіків роботи насосів та водоводів (рис. 4.3) в годину мінімального водорозбору в мережу від насосної станції буде надходити 3,8 % від подачі в цю добу (1,93 % від подачі в добу максимального водоспоживання) замість 2,1 % (1,07 %) відповідно. А це на 45 % води більше, ніж потрібно для забезпечення нормальної роботи регулюючої ємності.

При такому режиму роботи мережі майже в усі години доби вода буде йти транзитом в башту. Вся ємність контррезервуару буде заповнюватися на 100 % за 2 години роботи насосів. Ємність водонапірної башти потрібно буде збільшувати майже в 3 рази до 8153 м^3 замість розрахункових 2400 м^3 . А це економічно не вигідно.

Робота насосів іншого типу без їх регулювання на першому ступені роботи неможлива, тому що вона збільшить ємність контррезервуару в декілька разів.

Тому така робота насосів не задовольняє умові про мінімальну ємність водонапірної башти, до того ж така подача насосів в мережу призведе до збільшення надлишкових напорів.

Щоб забезпечити нормальні умови роботи системи треба регулювати роботу насосів в цю добу. Для того щоб наблизити подачу насосів до розрахункової треба змінити характеристику одного насоса. Найбільш економічно це можливо зробити змінивши частоту обертів електродвигуна насоса.

Для визначення числа обертів насоса n_1 , при якому характеристика насоса проходить через розрахункову точку, зручно користуватися рівняннями подібності:

$$n_1 = n \cdot Q_1 / Q, \quad (4.4)$$

$$n_1 = n \sqrt{H_1} / H, \quad (4.5)$$

де n – основне (паспортне) значення частоти обертів насоса;

Q_1 – розрахункова (потрібна) подача насоса;

Q – подача насоса при частоті обертів n по параболі відповідності;

H_1 – розрахунковий (потрібний) напір насосу;

H – напір насосу при паспортній частоті обертів n .

При зміні частоти обертів електродвигуна всі точки на характеристиці насоси змістяться по квадратичній параболі відповідності:

$$H = \kappa \cdot Q^2, \quad (4.6)$$

де κ – коефіцієнт пропорційності для даного насосу, який визначається за формулою:

$$\kappa = \frac{H_1}{Q_1^2}. \quad (4.7)$$

Потужність електродвигуна N_1 при зміні частоти обертів знаходиться по залежності виду:

$$n_1 = n^3 \sqrt{N_1} / N. \quad (4.8)$$

За формулами (4.4-4.8) характеристики насосу (зі зміненою частотою обертання електродвигуна) в режимній точці будуть наступними:

$$Q = 190,56 \text{ л/с}; H = 72,9 \text{ м}; n = 1220 \text{ об/хв}; N = 298,55 \text{ кВт}.$$

На другому ступені робота двох насосів з паспортними характеристиками не можлива за тих же обставин. Але насос з частотою обертів 1220 об/хв. не зможе паралельно подавати воду з насосом з частотою обертів 1450 об/хв.

У цьому випадку передбачається збільшення частоти обертів насосу з 1220 об/хв. до 1250 об/хв., що дозволить паралельно підключити два насоси з різними характеристиками на другому ступені та забезпечити потрібну витрату та тиск.

Один насос з частотою обертів 1220 об/хв. буде подавати 6 годин 31 хвилину 1,4 % від добової витрати (0,71 % від подачі в добу максимального водоспоживання) на першому ступені роботи. В годину 4-5 через 31 хвилину частота обертів такого насосу збільшується до 1250 об/хв. та паралельно підключиться один насос з частотою обертів $n = 1450$ об/хв., разом два насоси у годину 4-5 подадуть в мережу 3,2 % від добової подачі. Два насоси з різною частотою обертання на другому ступені 17 годин 29 хвилин будуть подавати 5,2 % від добової подачі (2,65 % від подачі в добу максимального водоспоживання).

Характеристика насосу зі зміненою частотою обертів, а також характеристика сумісної роботи двох насосів з різними характеристиками зображені на рис. 4.9.

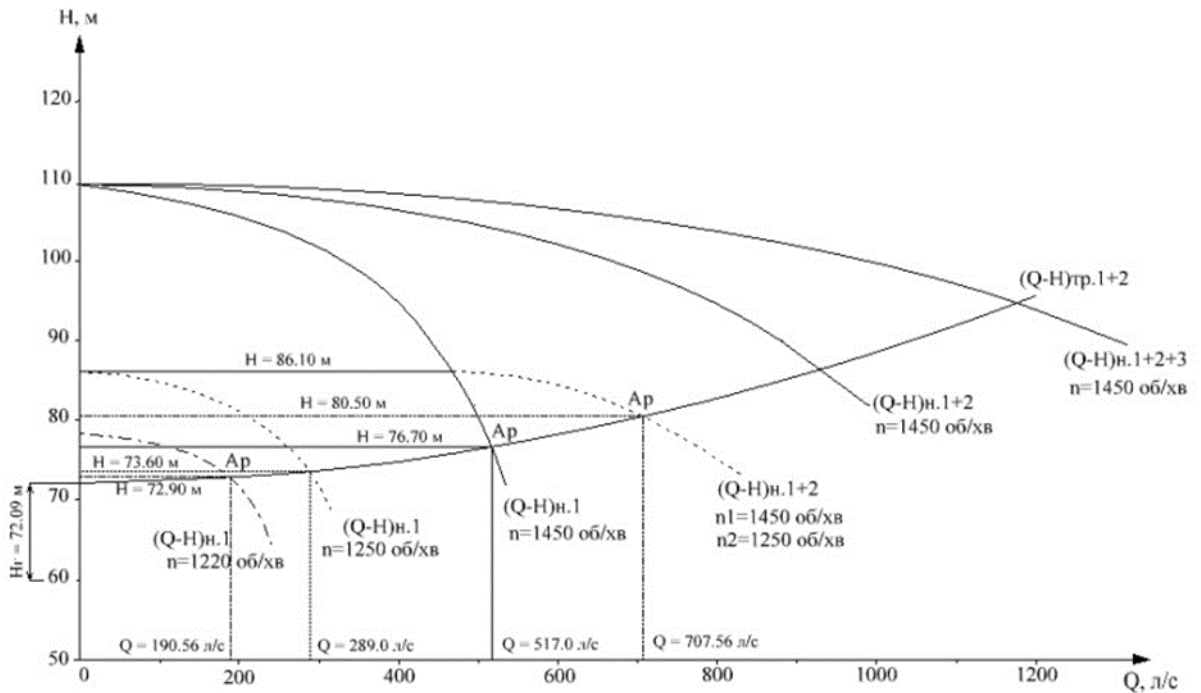


Рис. 4.9 – Графік сумісної роботи водоводів, мережі і насосів н. ст. другого підйому зі зміненою частотою обертання приводу для години мінімального водоспоживання

Суміщений графік водоспоживання та подачі насосів в цю добу зображений на рис. 4.10.

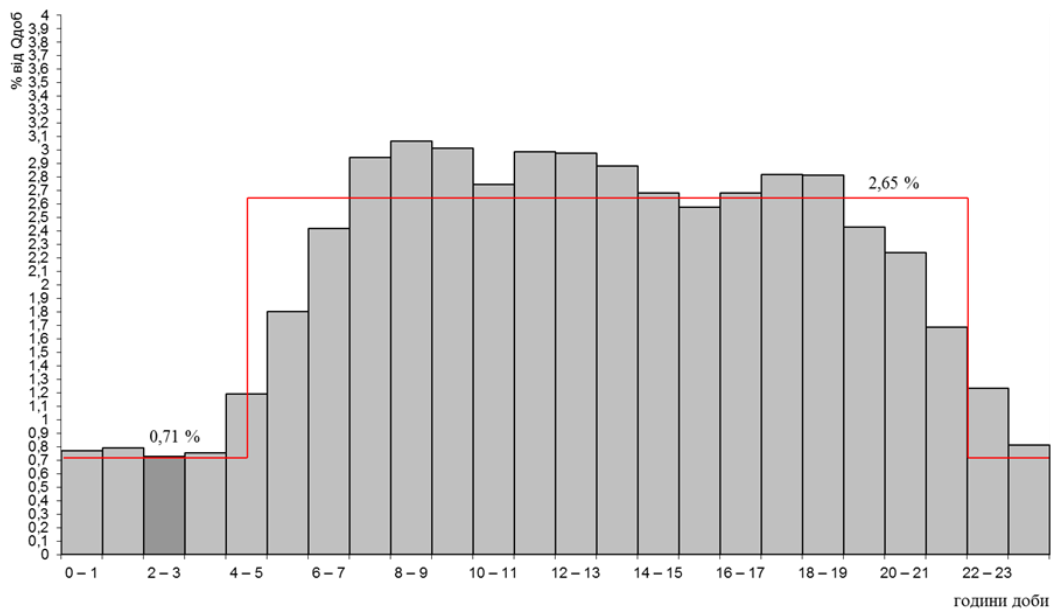


Рисунок 4.10 – Скорегований суміщений графік водоспоживання і подачі насосів в добу мінімального

В годину мінімального водоспоживання зміниться режим роботи башти. В цю годину в мережу буде надходити вода з контррезервуару (а не транзитом в башту) в кількості 0,03 % від добової витрати.

При такому режимі роботи насосів ємність водонапірної башти складатиме $W_{\text{рег.в.б.}} = (4,57 \cdot 49000) / 100 = 2239,0 \text{ м}^3$ (див. додаток Ф).

Висновки

1. Як погодинний розподіл середньорічної добової витрати доцільно прийняти усереднений розподіл добової витрати при різних максимальних коефіцієнтах годинної нерівномірності.

За розрахунковий розподіл для мінімальної добової витрати за рік приймається середньорічний розподіл для найбільшого коефіцієнта годинної нерівномірності відповідної групи населення.

2. Подача насосної станції другого підйому змінюється в широких межах. Напір насосів суттєво відрізняється лише в години максимального водорозбору та максимального транзиту в башту.

Намічений спочатку графік подачі води насосами може потребувати значного коригування шляхом компенсації зменшеної подачі в годину максимального транзиту і її збільшення в нічні години. При зменшенні водоподання збільшується час роботи насосних агрегатів, при збільшенні – зменшується кількість робочих насосів.

3. Підібрані насоси в годину середнього водоспоживання забезпечують подачу та напір в мережі близькими до розрахункових значень. Башта буде працювати більш рівномірно, контррезервуар наповнюватиметься на 66 % від його розрахункової місткості.

4. Насосні агрегати, які були підібрані для основного варіанту режиму роботи, не можуть бути використанні в добу мінімального водоспоживання. В годину мінімального водорозбору один робочий насос буде подавати в мережу на 45 % води більше, ніж потрібно для забезпечення нормальної роботи регульовальної місткості, на другому ступені – на 24 % більше. Такий режим роботи можливий шляхом збільшення водонапірної башти, але це економічно не вигідно.

5. Для забезпечення нормальної роботи системи водопостачання може бути рекомендований спосіб регулювання роботи насосів в добу мінімального водоспоживання зміною частоти обертів електродвигуна. Це зменшить регульовальну місткість та величину надлишкових тисків. При цьому виникає

потреба поступово збільшувати частоту обертів насоса для паралельної роботи його з насосом з паспортними характеристиками. Це ускладнює процес регулювання подачі та напору на насосній станції другого підйому, але дозволить запроєктувати контррезервуар з мінімальною місткістю.

Перелік посилань

1. Бойко В.С., Неня В.Г., Сотник М.І., Хованський С.О. Аналіз частотного регулювання відцентрових насосів водопостачання з метою енергозбереження. *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського*. 2009. № 4/(57). Частина 1. С. 168–171.

2. Бойко В.С., Сотник М.І., Хованський С.О. Підвищення енергетичної ефективності водопостачання локального об'єкту. *Промислова гідравліка і пневматика*. 2008. № 1 (19). С. 100–102.

3. Бойко В.С. Про формування структури водозабезпечення систем водопроводу насосними станціями. URL: <https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/24130/1/Boyko.pdf> (дата звернення 14.07.2023)

4. Гіроль М.М., Бернацький М.В., Хомко В.Є. Охорона праці у водопровідно-каналізаційному господарстві. Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2010. 351 с.

5. Гусак О.Г., Сотник М.І., Іванов М.М., Смертяк С.Ю., Хованський С.О., Бойко В.С. Техніко-економічні вимоги до насосних станцій водопровідних мереж житлово-комунального господарства. *Вестник НТУУ «КПІ». Машиностроение*. К.: НТУУ "КПІ", 2007. С. 247–251.

6. Давиденко Н.В., Давиденко Н.А. Формалізований опис типових умов роботи насосної станції водоподачі на основі аналізу профілів добових графіків витрат води. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/21718/1/Vt9119%20%281%29.pdf> (дата звернення: 15.07.2023)

7. ДБНВ 2.5–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ, 2013. 172 с. URL: www.minregion.gov.ua/.../DBN_V.2.5-74_2013 (дата звернення 15.07.2023)

8. Дерев'янчук О.В., Дерев'янчук Я.В., Кравченко Г.О., Мотрич А.В. Охорона праці в галузі: навч. посіб. Чернівці: Чернівець. нац. ун-т ім. Ю. Федьковича, 2022. 264 с. URL:

<https://archer.chnu.edu.ua/bitstream/handle/123456789/6025/Охорона%20праці%20в%20галузі.%20Деревянчук%20О.В..pdf?sequence=1&isAllowed=y> (дата звернення 17.07.2023)

9. ДСТУ 8604:2015. Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги. URL: http://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=71028 (дата звернення 18.07.2023)

10. Добровольська О. Вдосконалення оперативного управління системами подачі та розподілення води в реальному часі: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Одеса, 2016. 20 с.

11. Добровольська О. Г., Тішин О.В. Про особливості роботи критичної інфраструктури. *Геостратегічні трансформації та траєкторія національної безпеки в контексті відбудови і сталого розвитку України: матеріали Міжнародної науково-практичної конференції (25–26 травня 2023 року, м. Запоріжжя)* / наук. ред. Н.Г. Метеленко ; Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні Запорізького національного університету. Одеса : Олді+, 2023. С. 572–574

12. Євтушенко А.О., Неня В.Г., Сотник М.І., Хованський С.О. Визначення оптимального складу насосної станції системи комунального водопостачання *Вісник Кременчуцького державного політехнічного університету імені Михайла Остроградського*. 2008. № 4/(51). Частина 1. С. 158–162.

13. Зелінський С.Е. Аналітичний звіт «Водопостачання та водна безпека у контексті російської агресії». URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf> (дата звернення 21.07.2023)

14. Корінько І.В. Інноваційні технології водопідготовки: монографія. Харків : ХНАМГ, 2012. 208 с. URL: <http://www.irbis-nbu.gov.ua/pdf>. URL: <https://www.irf.ua/wp-content/uploads/2022/05/vodopostachannya-ta-vodna-bezpeka-u-konteksti-rosijskoyi-agresiyi.pdf> (дата звернення 21.07.2023)

15. Косінов В.П. Вдосконалення водопровідних мереж з урахуванням мінливості критерії надійності та економічності в процесі експлуатації: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Рівне, 2005. 20 с.

16. Косінов В.П. Встановлення оптимального числа робочих насосів для забезпечення надійної подачі води системою «насосна станція – водовід» при умові аварії на водопроводі. URL: <https://ep3.nuwm.edu.ua/4824/1/Косінов%20В.%20П.%20Встановлення%20оптимального%20часу%20зах.pdf> (дата звернення 25.07.2023)

17. Національна доповідь про якість питної води та стан питного водопостачання в Україні у 2019 році (2020). URL: <https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2020/11/proekt-nacz.-dop.-za-2019.pdf> (дата звернення 25.07.2023)

18. Неня В.Г. Забезпечення закону регулювання параметрів насосної стації за допомогою дроселюючих елементів. URL: <https://repository.kpi.kharkov.ua/server/api/core/bitstreams/da0adf1a-8fbd-458e-bca0-17332075ff09/content> (дата звернення 25.07.2023)

19. Новохатній В.Г., Матяш О.В. Забезпеченість максимальних годинних витрат холодної і гарячої води. *Комунальне господарство міст. Науково-технічний збірник. Серія «Технічні науки та архітектура»*. Вип. 107. Харків : ХНАМГ, 2013. С. 243–247

20. Новохатній В.Г. Костенко С.О. Надійність водопостачання цехів підприємства (на прикладі обігової системи). *Збірник наукових праць : галузеве машинобудування, будівництво*. Вип. 5(35). Полтава : ПолтНТУ, 2012. С. 183–189

21. Новохатній В.Г. Надійність функціонування подавально-розподільного комплексу систем водопостачання : дис. ... доктора техн. наук : 05.23.24 / Київ. нац. ун-т. буд. і арх-ри. Київ, 2012. 351 с.

22. Новохатній В.Г. Принципи оцінювання надійності виробничого водопостачання. *Науковий вісник будівництва. Збірник наукових праць*. Вип. 70. Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2012. С. 252–255.

23. СН 181-70. Вказівки з проє

ктування кольорового оздоблення інтер'єрів виробничих будівель промислових підприємств (31359). URL: https://dnaop.com/html/31359_4.html (дата звернення 25.07.2023)

24. Сотник М.І. Аналіз способів регулювання роботи насосних станцій комунального водопостачання. *Вісник Сумського державного університету. Серія Технічні науки*. 2008. №2. С. 152–156.

25. Тішин О.В. Основні фактори ризику роботи систем водопостачання в умовах водопостачання. *Збірник наукових праць студентів, аспірантів, докторантів і молодих вчених «Молода наука-2023»: у 5 т. / Запорізький національний університет. Запоріжжя : ЗНУ, 2023. Т.5. С. 179–180.*

26. Ткачук О.А. Міське господарство. Навч. посібник. Рівне : НУВГП, 2018. 244 с.

27. Ткачук О.А. Міські інженерні мережі. Навч. посібн. Рівне : НУВГП, 2015. 412 с.

28. Ткачук О.А. Розрахунок основних параметрів інфільтраційних майданчиків при підключенні їх до системи дощового водовідведення. *Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури*. Одеса : ОДАБА: Optimum, 2016. Вип. 60. С. 293–297.

29. Ткачук О. А. Системи подачі та розподілення води населених пунктів. Навч. посібник. Рівне: НУВГП, 2011. 273 с.

30. Ткачук О.А. Теоретичні дослідження з вдосконалення техніко-економічних розрахунків водоводів і водопровідних мереж. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування : зб.наук.праць*. Вип. 2(26). Рівне :УДУВГП, 2004. С. 301–307.

31. Ткачук О.А. Удосконалені гідравлічні розрахунки трубопроводів мереж водовідведення. *Виробничо-практичний журнал «Водопостачання і водовідведення»*. Київ, 2018. № 1. С. 11–16.

32. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. Рівне: НУВГП, 2008. 300 с.

33. Ткачук О.А. Уточнені формули для розрахунків трубопроводів мереж водовідведення. Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. Одеса: ОДАБА, 2017. Вип. 68. С. 165–172.

34. Хованський С. О. Методика вибору насосного агрегату в залежності від ступеня нерів-номірності водоспоживання. Вісник НТУ «ХПІ». 2010. № 54. С. 133–138.

35. Хованський С.О., Неня В.Г. Підбір насоса при його роботі на мережу зі змінним опором у часі. Східно-європейський журнал передових технологій. 2010. № 3/9(45). С. 47–49.

36. Хованський С.О. Підвищення ефективності експлуатації відцентрових насосів у системі водопостачання житлово-комунального господарства: автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.04. Суми, 2010. 24 с.

37. Хованський С.О. Робота динамічних насосів в умовах існування змінного в часі опору зовнішньої мережі. Промислова гідравліка і пневматика. 2009. №3 (25). С. 56 – 59.

38. Хованський С.О., Неня В.Г. Системний аналіз комплексу подачі і розподілу води в житлово-комунальному господарстві. Східно-європейський журнал передових технологій. 2010. № 4/4(46). С. 56–59.

39. Холоменюк М.В., Ткачук А.В., Онопрієнко Д.М. Гідравлічні та аеродинамічні машини: навч. посіб. Херсон : ОЛДІ-ПЛЮС, 2017. 356 с.

40. Цілі у сфері стійкого розвитку (2017). ООН. URL:[https://www.un.org/sustainabledevelopment /ru/sustainable-development-goals/](https://www.un.org/sustainabledevelopment/ru/sustainable-development-goals/) (дата звернення 12.09.2023)

41. Faour, G., Fayad, A. Water environment in the coastal basins of Syria-Assessing the impacts of the war. *Environmental Processes*. 2014. 1(4), p. 533–552. URL:<https://doi.org/10.1007/s40710-014-0043-5> (дата звернення 05.05.2023)

42. Hotłoś H. Analisa strat wody w systemach wodociagowych. *Ochrona Srodowiska*. 2003. №1. p. 17–24. URL: http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2003/Hotlos_1-2003.pdf (дата звернення 05.05.2023)

43. Jones G, Bosserman B., Sanks R, Tchobanoglous G. Pumping Station Design : design. Melbourne : Gulf Professional Publishing, 2006. 1054 p. URL:https://books.google.lu/books?id=8NERxTxHGkgC&printsec=frontcover&hl=de&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=onepage&q&f=false (дата звернення 05.05.2023)

44. Kwietniewski M. Zastosowanie wskaźników strat wody do oceny efektywności jej dystrybucji w systemach wodociągowych. URL: http://www.os.not.pl/docs/czasopismo/2013/4-2013/Kwietniewski_4-2013.pdf (дата звернення 05.05.2023)

45. Ociepa E., Kedzia W. Analiza strat wody w wybranych wodociągach województwa śląskiego. URL: https://yadda.icm.edu.pl/baztech/element/bwmeta1.element.baztech-69e1d94f-52d6-4fd4-a82c-148322561448/c/Ociepa_Kedzia_Analiza_3_2015.pdf (дата звернення 05.05.2023)

46. Pinera, J.-F. (2012). Urban armed conflicts and water services. *Waterlines*, 31(1-2), 105–121. URL: <https://doi.org/10.3362/1756-3488.2012.009> (дата звернення 05.05.2023)

47. Rak J. Podstawy bezpieczeństwa systemów zaopatrzenia w wodę. *Komitet Inżynierii Środowiska PAN*. T. 28. Lublin, 2005. p. 1 – 215

Додаток А

Таблиця А.1 - Ув'язка мережі для випадку максимального водорозбору

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	192.72 :	.98 :	2.09 :
: 2 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	146.05 :	.74 :	1.25 :
: 3 :	1-12 :	800.00 :	800.00 :	734.64 :	1.46 :	2.44 :
: 4 :	1- 2 :	400.00 :	800.00 :	66.72 :	.53 :	.91 :
: 5 :	0- 2 :	450.00 :	800.00 :	142.77 :	.90 :	2.04 :
: 6 :	2- 3 :	300.00 :	800.00 :	26.41 :	.37 :	.70 :
: 7 :	2-11 :	700.00 :	800.00 :	494.26 :	1.28 :	2.25 :
: 8 :	0- 3 :	450.00 :	800.00 :	99.19 :	.62 :	1.04 :
: 9 :	3- 4 :	300.00 :	800.00 :	23.59 :	.33 :	.57 :
: 10 :	3-10 :	700.00 :	800.00 :	349.97 :	.91 :	1.17 :
: 11 :	0- 4 :	450.00 :	800.00 :	52.78 :	.33 :	.33 :
: 12 :	5- 4 :	300.00 :	800.00 :	2.56 :	.04 :	.01 :
: 13 :	4- 9 :	600.00 :	800.00 :	202.13 :	.71 :	.92 :
: 14 :	5- 0 :	450.00 :	800.00 :	19.78 :	.12 :	.06 :
: 15 :	6- 5 :	300.00 :	800.00 :	22.62 :	.32 :	.53 :
: 16 :	5- 8 :	500.00 :	800.00 :	84.26 :	.43 :	.46 :
: 17 :	6- 0 :	450.00 :	800.00 :	112.40 :	.71 :	1.31 :
: 18 :	0- 6 :	450.00 :	800.00 :	134.26 :	.84 :	1.82 :
: 19 :	7- 6 :	450.00 :	800.00 :	10.83 :	.07 :	.02 :
: 20 :	0- 7 :	400.00 :	800.00 :	53.43 :	.43 :	.61 :
: 21 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	-6.76 :	.05 :	.02 :
: 22 :	7- 8 :	300.00 :	800.00 :	24.38 :	.34 :	.61 :
: 23 :	8- 0 :	400.00 :	800.00 :	38.86 :	.31 :	.34 :
: 24 :	8- 9 :	300.00 :	800.00 :	27.10 :	.38 :	.73 :
: 25 :	9- 0 :	450.00 :	800.00 :	81.77 :	.51 :	.73 :
: 26 :	9-10 :	300.00 :	800.00 :	30.92 :	.44 :	.93 :
: 27 :	10- 0 :	450.00 :	800.00 :	120.84 :	.76 :	1.50 :
: 28 :	10-11 :	300.00 :	800.00 :	24.55 :	.35 :	.61 :
: 29 :	11- 0 :	500.00 :	800.00 :	166.29 :	.85 :	1.59 :
: 30 :	11-12 :	400.00 :	800.00 :	80.32 :	.64 :	1.27 :
: 31 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	155.97 :	.79 :	1.42 :
: 32 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	202.64 :	1.03 :	2.30 :

Додаток Б

Таблиця Б.1 - Ув'язка мережі для випадку пожежі при максимальному водорозборі

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 251.33 :	: 1.28 :	: 3.45 :
: 2 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 204.66 :	: 1.04 :	: 2.34 :
: 3 :	: 1-12 :	: 800.00 :	: 800.00 :	: 986.26 :	: 1.96 :	: 4.41 :
: 4 :	: 1- 2 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 84.44 :	: .67 :	: 1.39 :
: 5 :	: 0- 2 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 219.09 :	: 1.38 :	: 4.59 :
: 6 :	: 2- 3 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 38.01 :	: .54 :	: 1.35 :
: 7 :	: 2-11 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 709.57 :	: 1.84 :	: 4.63 :
: 8 :	: 0- 3 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 187.10 :	: 1.18 :	: 3.37 :
: 9 :	: 3- 4 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 45.39 :	: .64 :	: 1.86 :
: 10 :	: 3-10 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 557.30 :	: 1.45 :	: 2.85 :
: 11 :	: 0- 4 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 162.49 :	: 1.02 :	: 2.59 :
: 12 :	: 4- 5 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 38.71 :	: .55 :	: 1.39 :
: 13 :	: 4- 9 :	: 600.00 :	: 800.00 :	: 382.85 :	: 1.35 :	: 3.05 :
: 14 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 131.20 :	: .82 :	: 1.74 :
: 15 :	: 5- 6 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 17.38 :	: .25 :	: .33 :
: 16 :	: 5- 8 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 225.25 :	: 1.15 :	: 2.80 :
: 17 :	: 0- 6 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 78.58 :	: .49 :	: .68 :
: 18 :	: 6- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 5.59 :	: .04 :	: .01 :
: 19 :	: 6- 7 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 97.32 :	: .61 :	: 1.01 :
: 20 :	: 0- 7 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 21.74 :	: .17 :	: .12 :
: 21 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 62.43 :	: .50 :	: .80 :
: 22 :	: 7- 8 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 17.22 :	: .24 :	: .33 :
: 23 :	: 8- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 115.22 :	: .92 :	: 2.47 :
: 24 :	: 8- 9 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 25.55 :	: .36 :	: .66 :
: 25 :	: 9- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 159.66 :	: 1.00 :	: 2.51 :
: 26 :	: 9-10 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 35.74 :	: .51 :	: 1.20 :
: 27 :	: 10- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 193.93 :	: 1.22 :	: 3.59 :
: 28 :	: 10-11 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 20.93 :	: .30 :	: .46 :
: 29 :	: 11- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 243.00 :	: 1.24 :	: 3.23 :
: 30 :	: 11-12 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 98.92 :	: .79 :	: 1.86 :
: 31 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 214.07 :	: 1.09 :	: 2.55 :
: 32 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 260.74 :	: 1.33 :	: 3.72 :

Додаток В

Таблиця В.1 - Ув'язка мережі для випадку максимального транзиту в башту

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	188.90 :	.96 :	2.02 :
: 2 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	159.73 :	.81 :	1.48 :
: 3 :	1-12 :	800.00 :	800.00 :	771.31 :	1.53 :	2.69 :
: 4 :	1- 2 :	400.00 :	800.00 :	62.48 :	.50 :	.80 :
: 5 :	0- 2 :	450.00 :	800.00 :	178.46 :	1.12 :	3.08 :
: 6 :	2- 3 :	300.00 :	800.00 :	29.00 :	.41 :	.83 :
: 7 :	2-11 :	700.00 :	800.00 :	577.36 :	1.50 :	3.06 :
: 8 :	0- 3 :	450.00 :	800.00 :	173.71 :	1.09 :	2.93 :
: 9 :	3- 4 :	300.00 :	800.00 :	42.69 :	.60 :	1.66 :
: 10 :	3-10 :	700.00 :	800.00 :	478.12 :	1.24 :	2.10 :
: 11 :	0- 4 :	450.00 :	800.00 :	162.65 :	1.02 :	2.59 :
: 12 :	4- 5 :	300.00 :	800.00 :	43.32 :	.61 :	1.71 :
: 13 :	4- 9 :	600.00 :	800.00 :	350.44 :	1.24 :	2.56 :
: 14 :	0- 5 :	450.00 :	800.00 :	162.22 :	1.02 :	2.58 :
: 15 :	5- 6 :	300.00 :	800.00 :	37.79 :	.53 :	1.33 :
: 16 :	5- 8 :	500.00 :	800.00 :	232.10 :	1.18 :	2.96 :
: 17 :	0- 6 :	450.00 :	800.00 :	156.26 :	.98 :	2.41 :
: 18 :	6- 0 :	450.00 :	800.00 :	139.58 :	.88 :	1.95 :
: 19 :	6- 7 :	450.00 :	800.00 :	133.25 :	.84 :	1.79 :
: 20 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	50.08 :	.40 :	.54 :
: 21 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	79.25 :	.63 :	1.24 :
: 22 :	7- 8 :	300.00 :	800.00 :	2.74 :	.04 :	.01 :
: 23 :	8- 0 :	400.00 :	800.00 :	120.26 :	.96 :	2.67 :
: 24 :	8- 9 :	300.00 :	800.00 :	16.68 :	.24 :	.31 :
: 25 :	9- 0 :	450.00 :	800.00 :	147.33 :	.93 :	2.16 :
: 26 :	9-10 :	300.00 :	800.00 :	26.67 :	.38 :	.71 :
: 27 :	10- 0 :	450.00 :	800.00 :	164.41 :	1.03 :	2.65 :
: 28 :	10-11 :	300.00 :	800.00 :	11.91 :	.17 :	.17 :
: 29 :	11- 0 :	500.00 :	800.00 :	196.26 :	1.00 :	2.17 :
: 30 :	11-12 :	400.00 :	800.00 :	73.14 :	.58 :	1.07 :
: 31 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	166.87 :	.85 :	1.60 :
: 32 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	196.04 :	1.00 :	2.16 :

Додаток Г

Таблиця Г.1 - Гідравлічна ув'язка для години середнього водоспоживання

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	151.70 :	.77 :	1.35 :
: 2 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	124.03 :	.63 :	.93 :
: 3 :	1-12 :	800.00 :	800.00 :	612.23 :	1.22 :	1.70 :
: 4 :	1- 2 :	400.00 :	800.00 :	51.91 :	.41 :	.58 :
: 5 :	0- 2 :	450.00 :	800.00 :	138.93 :	.87 :	1.94 :
: 6 :	2- 3 :	300.00 :	800.00 :	24.55 :	.35 :	.61 :
: 7 :	2-11 :	700.00 :	800.00 :	452.53 :	1.18 :	1.89 :
: 8 :	0- 3 :	450.00 :	800.00 :	126.48 :	.80 :	1.63 :
: 9 :	3- 4 :	300.00 :	800.00 :	31.33 :	.44 :	.95 :
: 10 :	3-10 :	700.00 :	800.00 :	367.21 :	.95 :	1.28 :
: 11 :	0- 4 :	450.00 :	800.00 :	120.80 :	.76 :	1.50 :
: 12 :	4- 5 :	300.00 :	800.00 :	30.90 :	.44 :	.93 :
: 13 :	4- 9 :	600.00 :	800.00 :	265.07 :	.94 :	1.52 :
: 14 :	0- 5 :	450.00 :	800.00 :	114.70 :	.72 :	1.36 :
: 15 :	5- 6 :	300.00 :	800.00 :	24.47 :	.35 :	.61 :
: 16 :	5- 8 :	500.00 :	800.00 :	170.77 :	.87 :	1.67 :
: 17 :	0- 6 :	450.00 :	800.00 :	102.16 :	.64 :	1.10 :
: 18 :	6- 0 :	450.00 :	800.00 :	85.84 :	.54 :	.80 :
: 19 :	6- 7 :	450.00 :	800.00 :	92.09 :	.58 :	.91 :
: 20 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	30.76 :	.24 :	.23 :
: 21 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	55.43 :	.44 :	.65 :
: 22 :	7- 8 :	300.00 :	800.00 :	4.87 :	.07 :	.04 :
: 23 :	8- 0 :	400.00 :	800.00 :	87.55 :	.70 :	1.49 :
: 24 :	8- 9 :	300.00 :	800.00 :	14.06 :	.20 :	.23 :
: 25 :	9- 0 :	450.00 :	800.00 :	110.51 :	.69 :	1.27 :
: 26 :	9-10 :	300.00 :	800.00 :	21.47 :	.30 :	.48 :
: 27 :	10- 0 :	450.00 :	800.00 :	126.03 :	.79 :	1.62 :
: 28 :	10-11 :	300.00 :	800.00 :	11.42 :	.16 :	.16 :
: 29 :	11- 0 :	500.00 :	800.00 :	151.62 :	.77 :	1.34 :
: 30 :	11-12 :	400.00 :	800.00 :	58.45 :	.47 :	.71 :
: 31 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	130.17 :	.66 :	1.02 :
: 32 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	154.84 :	.79 :	1.40 :

Додаток Д

Таблиця Д.1 - Гідравлічна ув'язка для години мінімального водоспоживання

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	:длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	44.37 :	.23 :	.15 :
: 2 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	38.27 :	.19 :	.11 :
: 3 :	1-12 :	800.00 :	800.00 :	186.74 :	.37 :	.19 :
: 4 :	1- 2 :	400.00 :	800.00 :	15.25 :	.12 :	.07 :
: 5 :	0- 2 :	450.00 :	800.00 :	44.40 :	.28 :	.25 :
: 6 :	2- 3 :	300.00 :	800.00 :	7.65 :	.11 :	.08 :
: 7 :	2-11 :	700.00 :	800.00 :	142.32 :	.37 :	.23 :
: 8 :	0- 3 :	450.00 :	800.00 :	42.93 :	.27 :	.23 :
: 9 :	3- 4 :	300.00 :	800.00 :	10.64 :	.15 :	.14 :
: 10 :	3-10 :	700.00 :	800.00 :	119.66 :	.31 :	.17 :
: 11 :	0- 4 :	450.00 :	800.00 :	44.45 :	.28 :	.25 :
: 12 :	4- 5 :	300.00 :	800.00 :	11.81 :	.17 :	.17 :
: 13 :	4- 9 :	600.00 :	800.00 :	90.59 :	.32 :	.22 :
: 14 :	0- 5 :	450.00 :	800.00 :	47.14 :	.30 :	.27 :
: 15 :	5- 6 :	300.00 :	800.00 :	11.97 :	.17 :	.17 :
: 16 :	5- 8 :	500.00 :	800.00 :	63.00 :	.32 :	.27 :
: 17 :	0- 6 :	450.00 :	800.00 :	49.99 :	.31 :	.30 :
: 18 :	6- 0 :	450.00 :	800.00 :	47.30 :	.30 :	.27 :
: 19 :	6- 7 :	450.00 :	800.00 :	39.91 :	.25 :	.20 :
: 20 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	16.51 :	.13 :	.08 :
: 21 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	22.61 :	.18 :	.13 :
: 22 :	7- 8 :	300.00 :	800.00 :	-1.04 :	.01 :	.00 :
: 23 :	8- 0 :	400.00 :	800.00 :	32.77 :	.26 :	.25 :
: 24 :	8- 9 :	300.00 :	800.00 :	3.62 :	.05 :	.02 :
: 25 :	9- 0 :	450.00 :	800.00 :	38.27 :	.24 :	.19 :
: 26 :	9-10 :	300.00 :	800.00 :	6.27 :	.09 :	.06 :
: 27 :	10- 0 :	450.00 :	800.00 :	41.12 :	.26 :	.21 :
: 28 :	10-11 :	300.00 :	800.00 :	2.85 :	.04 :	.01 :
: 29 :	11- 0 :	500.00 :	800.00 :	47.39 :	.24 :	.17 :
: 30 :	11-12 :	400.00 :	800.00 :	17.01 :	.14 :	.08 :
: 31 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	39.50 :	.20 :	.12 :
: 32 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	45.60 :	.23 :	.15 :

Додаток Е

Таблиця Е.1 - Ув'язка мережі для години 3-4 в добу максимального водоспоживання

: номер : :участка:	: код : :участка:	: диаметр : :трубы, мм	: длина : :участка, м	: расход : :воды, л/с	: скорость : :воды, м/с	: потери : :напора, м
: 1 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 121.74 :	: .62 :	: .90 :
: 2 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 100.07 :	: .51 :	: .63 :
: 3 :	: 1-12 :	: 800.00 :	: 800.00 :	: 492.94 :	: .98 :	: 1.14 :
: 4 :	: 1- 2 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 41.90 :	: .33 :	: .39 :
: 5 :	: 0- 2 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 109.47 :	: .69 :	: 1.25 :
: 6 :	: 2- 3 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 19.45 :	: .28 :	: .41 :
: 7 :	: 2-11 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 359.63 :	: .93 :	: 1.23 :
: 8 :	: 0- 3 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 96.42 :	: .61 :	: .99 :
: 9 :	: 3- 4 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 23.85 :	: .34 :	: .58 :
: 10 :	: 3-10 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 286.27 :	: .74 :	: .81 :
: 11 :	: 0- 4 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 87.77 :	: .55 :	: .83 :
: 12 :	: 4- 5 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 21.99 :	: .31 :	: .50 :
: 13 :	: 4- 9 :	: 600.00 :	: 800.00 :	: 201.45 :	: .71 :	: .91 :
: 14 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 77.27 :	: .49 :	: .66 :
: 15 :	: 5- 6 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 14.38 :	: .20 :	: .24 :
: 16 :	: 5- 8 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 124.02 :	: .63 :	: .93 :
: 17 :	: 0- 6 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 59.15 :	: .37 :	: .41 :
: 18 :	: 6- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 42.52 :	: .27 :	: .23 :
: 19 :	: 6- 7 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 60.18 :	: .38 :	: .42 :
: 20 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 14.84 :	: .12 :	: .06 :
: 21 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 36.51 :	: .29 :	: .31 :
: 22 :	: 7- 8 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 6.12 :	: .09 :	: .05 :
: 23 :	: 8- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 62.89 :	: .50 :	: .81 :
: 24 :	: 8- 9 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 12.11 :	: .17 :	: .18 :
: 25 :	: 9- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 83.27 :	: .52 :	: .76 :
: 26 :	: 9-10 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 17.64 :	: .25 :	: .34 :
: 27 :	: 10- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 98.14 :	: .62 :	: 1.02 :
: 28 :	: 10-11 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 10.57 :	: .15 :	: .14 :
: 29 :	: 11- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 120.06 :	: .61 :	: .88 :
: 30 :	: 11-12 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 48.08 :	: .38 :	: .50 :
: 31 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 104.48 :	: .53 :	: .68 :
: 32 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 126.15 :	: .64 :	: .96 :

Додаток Ж

Таблиця Ж.1 - Ув'язка мережі для години 8-9 в добу максимального
водоспоживання

: номер : :участка:	: код : :участка:	: диаметр : :трубы, мм	:длина : :участка, м	: расход : : воды, л/с	: скорость : : воды, м/с	: потери : : напора, м
: 1 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 192.06 :	: .98 :	: 2.08 :
: 2 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 151.23 :	: .77 :	: 1.34 :
: 3 :	: 1-12 :	: 800.00 :	: 800.00 :	: 746.81 :	: 1.49 :	: 2.53 :
: 4 :	: 1- 2 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 66.27 :	: .53 :	: .89 :
: 5 :	: 0- 2 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 156.26 :	: .98 :	: 2.41 :
: 6 :	: 2- 3 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 28.60 :	: .40 :	: .81 :
: 7 :	: 2-11 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 521.64 :	: 1.36 :	: 2.50 :
: 8 :	: 0- 3 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 123.61 :	: .78 :	: 1.56 :
: 9 :	: 3- 4 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 30.96 :	: .44 :	: .93 :
: 10 :	: 3-10 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 391.32 :	: 1.02 :	: 1.44 :
: 11 :	: 0- 4 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 93.32 :	: .59 :	: .93 :
: 12 :	: 4- 5 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 21.99 :	: .31 :	: .50 :
: 13 :	: 4- 9 :	: 600.00 :	: 800.00 :	: 250.59 :	: .89 :	: 1.37 :
: 14 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 54.05 :	: .34 :	: .35 :
: 15 :	: 6- 5 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 8.42 :	: .12 :	: .09 :
: 16 :	: 5- 8 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 125.67 :	: .64 :	: .95 :
: 17 :	: 6- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 15.62 :	: .10 :	: .04 :
: 18 :	: 0- 6 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 50.22 :	: .32 :	: .31 :
: 19 :	: 6- 7 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 36.70 :	: .23 :	: .18 :
: 20 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: -25.68 :	: .20 :	: .16 :
: 21 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 15.15 :	: .12 :	: .07 :
: 22 :	: 7- 8 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 15.71 :	: .22 :	: .28 :
: 23 :	: 8- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 60.69 :	: .48 :	: .76 :
: 24 :	: 8- 9 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 21.27 :	: .30 :	: .48 :
: 25 :	: 9- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 100.67 :	: .63 :	: 1.07 :
: 26 :	: 9-10 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 28.10 :	: .40 :	: .78 :
: 27 :	: 10- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 133.82 :	: .84 :	: 1.81 :
: 28 :	: 10-11 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 20.05 :	: .28 :	: .43 :
: 29 :	: 11- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 175.02 :	: .89 :	: 1.75 :
: 30 :	: 11-12 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 77.22 :	: .61 :	: 1.18 :
: 31 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 159.05 :	: .81 :	: 1.47 :
: 32 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 199.88 :	: 1.02 :	: 2.24 :

Додаток К

Таблиця К.1 - Ув'язка мережі для години 15-16 в добу максимального
ВОДОСПОЖИВАННЯ

: номер : : участка:	: код : : участка:	: диаметр : : трубы, мм	: длина : : участка, м	: расход : : воды, л/с	: скорость : : воды, м/с	: потери : : напора, м
: 1 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 191.33 :	: .97 :	: 2.07 :
: 2 :	: 0- 1 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 154.66 :	: .79 :	: 1.39 :
: 3 :	: 1-12 :	: 800.00 :	: 800.00 :	: 755.43 :	: 1.50 :	: 2.58 :
: 4 :	: 1- 2 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 65.46 :	: .52 :	: .87 :
: 5 :	: 0- 2 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 165.11 :	: 1.04 :	: 2.67 :
: 6 :	: 2- 3 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 29.36 :	: .42 :	: .85 :
: 7 :	: 2-11 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 541.13 :	: 1.41 :	: 2.69 :
: 8 :	: 0- 3 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 139.47 :	: .88 :	: 1.95 :
: 9 :	: 3- 4 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 34.52 :	: .49 :	: 1.13 :
: 10 :	: 3-10 :	: 700.00 :	: 800.00 :	: 421.16 :	: 1.09 :	: 1.66 :
: 11 :	: 0- 4 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 119.00 :	: .75 :	: 1.45 :
: 12 :	: 4- 5 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 29.09 :	: .41 :	: .83 :
: 13 :	: 4- 9 :	: 600.00 :	: 800.00 :	: 285.84 :	: 1.01 :	: 1.75 :
: 14 :	: 0- 5 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 93.09 :	: .59 :	: .93 :
: 15 :	: 5- 6 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 13.19 :	: .19 :	: .20 :
: 16 :	: 5- 8 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 163.84 :	: .83 :	: 1.55 :
: 17 :	: 0- 6 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 51.28 :	: .32 :	: .32 :
: 18 :	: 6- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 12.06 :	: .08 :	: .03 :
: 19 :	: 6- 7 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 65.72 :	: .41 :	: .49 :
: 20 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 1.34 :	: .01 :	: .00 :
: 21 :	: 7- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 38.01 :	: .30 :	: .33 :
: 22 :	: 7- 8 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 11.59 :	: .16 :	: .16 :
: 23 :	: 8- 0 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 81.41 :	: .65 :	: 1.30 :
: 24 :	: 8- 9 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 19.58 :	: .28 :	: .41 :
: 25 :	: 9- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 116.84 :	: .73 :	: 1.41 :
: 26 :	: 9-10 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 27.47 :	: .39 :	: .75 :
: 27 :	: 10- 0 :	: 450.00 :	: 800.00 :	: 144.36 :	: .91 :	: 2.08 :
: 28 :	: 10-11 :	: 300.00 :	: 800.00 :	: 17.27 :	: .24 :	: .33 :
: 29 :	: 11- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 182.09 :	: .93 :	: 1.89 :
: 30 :	: 11-12 :	: 400.00 :	: 800.00 :	: 75.52 :	: .60 :	: 1.13 :
: 31 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 161.57 :	: .82 :	: 1.51 :
: 32 :	: 12- 0 :	: 500.00 :	: 800.00 :	: 198.24 :	: 1.01 :	: 2.21 :

Додаток Л

Таблиця Л.1 - Ув'язка мережі для години 20-21 в добу максимального водоспоживання

: номер : : участка :	код : : участка :	диаметр : : трубы, мм :	: длина : : участка, м :	: расход : : воды, л/с :	: скорость : : воды, м/с :	: потери : : напора, м :
: 1 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	191.57 :	.98 :	2.07 :
: 2 :	0- 1 :	500.00 :	800.00 :	154.07 :	.78 :	1.38 :
: 3 :	1-12 :	800.00 :	800.00 :	753.68 :	1.50 :	2.57 :
: 4 :	1- 2 :	400.00 :	800.00 :	65.72 :	.52 :	.88 :
: 5 :	0- 2 :	450.00 :	800.00 :	163.54 :	1.03 :	2.62 :
: 6 :	2- 3 :	300.00 :	800.00 :	29.36 :	.42 :	.85 :
: 7 :	2-11 :	700.00 :	800.00 :	537.21 :	1.40 :	2.65 :
: 8 :	0- 3 :	450.00 :	800.00 :	136.65 :	.86 :	1.88 :
: 9 :	3- 4 :	300.00 :	800.00 :	33.98 :	.48 :	1.10 :
: 10 :	3-10 :	700.00 :	800.00 :	415.08 :	1.08 :	1.61 :
: 11 :	0- 4 :	450.00 :	800.00 :	114.38 :	.72 :	1.35 :
: 12 :	4- 5 :	300.00 :	800.00 :	28.11 :	.40 :	.78 :
: 13 :	4- 9 :	600.00 :	800.00 :	278.67 :	.99 :	1.67 :
: 14 :	0- 5 :	450.00 :	800.00 :	86.24 :	.54 :	.81 :
: 15 :	5- 6 :	300.00 :	800.00 :	11.77 :	.17 :	.17 :
: 16 :	5- 8 :	500.00 :	800.00 :	155.93 :	.79 :	1.42 :
: 17 :	0- 6 :	450.00 :	800.00 :	41.76 :	.26 :	.22 :
: 18 :	6- 0 :	450.00 :	800.00 :	-4.26 :	.03 :	.00 :
: 19 :	6- 7 :	450.00 :	800.00 :	57.66 :	.36 :	.39 :
: 20 :	0- 7 :	400.00 :	800.00 :	5.67 :	.05 :	.01 :
: 21 :	7- 0 :	400.00 :	800.00 :	31.83 :	.25 :	.24 :
: 22 :	7- 8 :	300.00 :	800.00 :	11.50 :	.16 :	.16 :
: 23 :	8- 0 :	400.00 :	800.00 :	76.58 :	.61 :	1.16 :
: 24 :	8- 9 :	300.00 :	800.00 :	19.63 :	.28 :	.41 :
: 25 :	9- 0 :	450.00 :	800.00 :	113.19 :	.71 :	1.33 :
: 26 :	9-10 :	300.00 :	800.00 :	27.43 :	.39 :	.75 :
: 27 :	10- 0 :	450.00 :	800.00 :	142.01 :	.89 :	2.02 :
: 28 :	10-11 :	300.00 :	800.00 :	17.77 :	.25 :	.35 :
: 29 :	11- 0 :	500.00 :	800.00 :	180.50 :	.92 :	1.85 :
: 30 :	11-12 :	400.00 :	800.00 :	75.76 :	.60 :	1.14 :
: 31 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	160.99 :	.82 :	1.50 :
: 32 :	12- 0 :	500.00 :	800.00 :	198.49 :	1.01 :	2.21 :

Додаток М

Таблиця М. 1 - Розрахунок вузлових витрат для години 3-4 в добу максимального водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{діль}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{вузл}}, \text{ л/с}$
1	1-3	21,7	32,50
	1-6	21,7	
	1-4	21,7	
2	2-17	21,7	21,67
	2-20	21,7	
3	1-3	21,7	21,67
	3-5	21,7	
4	1-4	21,7	21,67
	4-7	21,7	
5	3-5	21,7	32,50
	5-8	21,7	
	5-6	21,7	
6	1-6	21,7	43,33
	5-6	21,7	
	6-7	21,7	
	6-9	21,7	
7	4-7	21,7	32,50
	6-7	21,7	
	7-10	21,7	
8	5-8	21,7	32,50
	8-11	21,7	
	8-9	21,7	
9	6-9	21,7	43,33
	8-9	21,7	
	9-12	21,7	
	9-10	21,7	
10	7-10	21,7	32,50
	9-10	21,7	
	10-13	21,7	
11	8-11	21,7	32,50
	11-14	21,7	
	11-12	21,7	
12	9-12	21,7	43,33
	11-12	21,7	
	12-15	21,7	
	12-13	21,7	

Продовження таблиці

№ вузл	№ ділянки	$Q_{дл}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	21,7	32,50
	12-13	21,7	
	13-16	21,7	
14	11-14	21,7	32,50
	14-17	21,7	
	14-15	21,7	
15	12-15	21,7	43,33
	14-15	21,7	
	15-18	21,7	
	15-16	21,7	
16	13-16	21,7	32,50
	15-16	21,7	
	16-19	21,7	
17	14-17	21,7	32,50
	17-2	21,7	
	17-18	21,7	
18	15-18	21,7	43,33
	17-18	21,7	
	18-20	21,7	
	18-19	21,7	
19	16-19	21,7	32,50
	18-19	21,7	
	19-21	21,7	
20	2-20	21,7	32,50
	18-20	21,7	
	20-21	21,7	
21	19-21	21,7	21,67
	20-21	21,7	
сума			693,33

Додаток Н

Таблиця Н.1 - Розрахунок вузлових витрат для години 8-9 в добу максимального водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{діль}}, \text{ л/с}$	$Q_{\text{вузл}}, \text{ л/с}$
1	1-3	40,8	61,25
	1-6	40,8	
	1-4	40,8	
2	2-17	40,8	40,83
	2-20	40,8	
3	1-3	40,8	40,83
	3-5	40,8	
4	1-4	40,8	40,83
	4-7	40,8	
5	3-5	40,8	61,25
	5-8	40,8	
	5-6	40,8	
6	1-6	40,8	81,67
	5-6	40,8	
	6-7	40,8	
	6-9	40,8	
7	4-7	40,8	61,25
	6-7	40,8	
	7-10	40,8	
8	5-8	40,8	61,25
	8-11	40,8	
	8-9	40,8	
9	6-9	40,8	81,67
	8-9	40,8	
	9-12	40,8	
	9-10	40,8	
10	7-10	40,8	61,25
	9-10	40,8	
	10-13	40,8	
11	8-11	40,8	61,25
	11-14	40,8	
	11-12	40,8	
12	9-12	40,8	81,67
	11-12	40,8	
	12-15	40,8	

	12-13	40,8	
--	-------	------	--

Продовження таблиці

№ вузл	№ ділянки	$Q_{дл}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	40,8	61,25
	12-13	40,8	
	13-16	40,8	
14	11-14	40,8	61,25
	14-17	40,8	
	14-15	40,8	
15	12-15	40,8	81,67
	14-15	40,8	
	15-18	40,8	
	15-16	40,8	
16	13-16	40,8	61,25
	15-16	40,8	
	16-19	40,8	
17	14-17	40,8	61,25
	17-2	40,8	
	17-18	40,8	
18	15-18	40,8	81,67
	17-18	40,8	
	18-20	40,8	
	18-19	40,8	
19	16-19	40,8	61,25
	18-19	40,8	
	19-21	40,8	
20	2-20	40,8	61,25
	18-20	40,8	
	20-21	40,8	
21	19-21	40,8	40,83
	20-21	40,8	
сума			1306,67

Додаток П

Таблиця П.1 - Розрахунок вузлових витрат для години 15-16 в добу
максимального водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{ил}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	36,7	55,00
	1-6	36,7	
	1-4	36,7	
2	2-17	36,7	36,67
	2-20	36,7	
3	1-3	36,7	36,67
	3-5	36,7	
4	1-4	36,7	36,67
	4-7	36,7	
5	3-5	36,7	55,00
	5-8	36,7	
	5-6	36,7	
6	1-6	36,7	73,33
	5-6	36,7	
	6-7	36,7	
	6-9	36,7	
7	4-7	36,7	55,00
	6-7	36,7	
	7-10	36,7	
8	5-8	36,7	55,00
	8-11	36,7	
	8-9	36,7	
9	6-9	36,7	73,33
	8-9	36,7	
	9-12	36,7	
	9-10	36,7	
10	7-10	36,7	55,00
	9-10	36,7	
	10-13	36,7	
11	8-11	36,7	55,00
	11-14	36,7	
	11-12	36,7	
12	9-12	36,7	73,33
	11-12	36,7	
	12-15	36,7	

	12-13	36,7	
--	-------	------	--

Продовження таблиці

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{дл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
13	10-13	36,7	55,00
	12-13	36,7	
	13-16	36,7	
14	11-14	36,7	55,00
	14-17	36,7	
	14-15	36,7	
15	12-15	36,7	73,33
	14-15	36,7	
	15-18	36,7	
	15-16	36,7	
16	13-16	36,7	55,00
	15-16	36,7	
	16-19	36,7	
17	14-17	36,7	55,00
	17-2	36,7	
	17-18	36,7	
18	15-18	36,7	73,33
	17-18	36,7	
	18-20	36,7	
	18-19	36,7	
19	16-19	36,7	55,00
	18-19	36,7	
	19-21	36,7	
20	2-20	36,7	55,00
	18-20	36,7	
	20-21	36,7	
21	19-21	36,7	36,67
	20-21	36,7	
сума			1173,33

Додаток Р

Таблиця Р.1 - Розрахунок вузлових витрат для години 20-21 в добу максимального водоспоживання

№ вузл	№ ділянки	$Q_{\text{ввл}}$, л/с	$Q_{\text{вузл}}$, л/с
1	1-3	35,70	56,25
	1-6	35,70	
	1-4	35,70	
2	2-17	35,70	37,50
	2-20	35,70	
3	1-3	35,70	37,50
	3-5	35,70	
4	1-4	35,70	37,50
	4-7	35,70	
5	3-5	35,70	56,25
	5-8	35,70	
	5-6	35,70	
6	1-6	35,70	75,00
	5-6	35,70	
	6-7	35,70	
	6-9	35,70	
7	4-7	35,70	56,25
	6-7	35,70	
	7-10	35,70	
8	5-8	35,70	56,25
	8-11	35,70	
	8-9	35,70	
9	6-9	35,70	75,00
	8-9	35,70	
	9-12	35,70	
	9-10	35,70	
10	7-10	35,70	56,25
	9-10	35,70	
	10-13	35,70	
11	8-11	35,70	56,25
	11-14	35,70	
	11-12	35,70	
12	9-12	35,70	75,00
	11-12	35,70	

	12-15	35,70	
	12-13	35,70	

Продовження таблиці

№ вузл	№ ділянки	$Q_{дл}$, л/с	$Q_{вузл}$, л/с
13	10-13	35,70	56,25
	12-13	35,70	
	13-16	35,70	
14	11-14	35,70	56,25
	14-17	35,70	
	14-15	35,70	
15	12-15	35,70	75,00
	14-15	35,70	
	15-18	35,70	
	15-16	35,70	
16	13-16	35,70	56,25
	15-16	35,70	
	16-19	35,70	
17	14-17	35,70	56,25
	17-2	35,70	
	17-18	35,70	
18	15-18	35,70	75,00
	17-18	35,70	
	18-20	35,70	
	18-19	35,70	
19	16-19	35,70	56,25
	18-19	35,70	
	19-21	35,70	
20	2-20	35,70	56,25
	18-20	35,70	
	20-21	35,70	
21	19-21	35,70	37,50
	20-21	35,70	
сума			1200,00

Додаток С

Таблиця С.1 - Розрахунок характеристики мережі та водоводів

	$Q_{\text{год}}, \text{л/с}$								
	200,0	285,83	400,0	600,0	773,33	800,0	952,77	1000,0	1200,0
Мережа $S_{\phi}=12,23$ $c/m^2,$ $h_1 = S_{\phi} \cdot Q^2$	0,489	0,999	1,957	4,40	7,314	7,827	11,10	12,23	17,61
2 ВОДОВОДИ $h_2 = i \cdot l,$ $D = 800 \text{ мм},$ $l = 3000 \text{ м}$	0,30	0,435	0,795	1,65	2,64	2,82	3,87	4,26	5,97
$\sum h = h_1 + h_2$	0,789	1,434	2,752	6,05	9,954	10,647	14,97	16,49	23,58

Додаток Т

Таблиця Т.1 - Розрахунок регулюючої ємності бака водонапірної башти в добу
максимального водоспоживання

Годинний проміжок	Витрата води містом, %	Подача води насосною станцією, %	Надходження в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0 – 1	3,0	3,48	0,48		0,48
1 – 2	3,2	1,93		1,27	-0,79
2 – 3	2,5	1,93		0,57	-1,36
3 – 4	2,6	3,48	0,88		-0,48
4 – 5	3,5	4,41	0,91		0,43
5 – 6	4,1	4,50	0,40		0,83
6 – 7	4,5	4,50			0,83
7 – 8	4,9	4,50		0,40	0,43
8 – 9	4,9	4,43		0,47	-0,04
9 – 10	5,6	4,50		1,10	-1,14
10 – 11	4,9	4,50		0,40	-1,54
11 – 12	4,7	4,50		0,20	-1,74
12 – 13	4,4	4,50	0,10		-1,64
13 – 14	4,1	4,50	0,40		-1,24
14 – 15	4,1	4,50	0,40		-0,84
15 – 16	4,4	4,41	0,01		-0,83
16 – 17	4,3	4,50	0,20		-0,63
17 – 18	4,1	4,50	0,40		-0,23
18 – 19	4,5	4,50			-0,23
19 – 20	4,5	4,50			-0,23
20 – 21	4,5	4,43		0,07	-0,30
21 – 22	4,8	4,50		0,30	-0,60
22 – 23	4,6	4,50		0,10	-0,70
23 – 24	3,3	4,00	0,70		0
	100	100	4,88	4,88	

Додаток У

Таблиця У.1 - Розрахунок регулюючої ємності бака водонапірної башти в добу
середнього водоспоживання

Годинний проміжок	Витрата води містом, %	Подача води насосною станцією, %	Надходження в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0 – 1	2,72	2,64		0,08	-0,08
1 – 2	2,77	2,64		0,13	-0,21
2 – 3	2,53	2,64	0,11		-0,10
3 – 4	2,54	2,64	0,10		0,00
4 – 5	3,16	2,64		0,52	-0,52
5 – 6	3,70	4,78	1,08		0,56
6 – 7	4,29	4,78	0,49		1,05
7 – 8	4,90	4,78		0,12	0,93
8 – 9	5,36	4,78		0,58	0,35
9 – 10	5,58	4,78		0,80	-0,45
10 – 11	5,24	4,78		0,46	-0,91
11 – 12	5,09	4,78		0,31	-1,22
12 – 13	4,64	4,78	0,14		-1,08
13 – 14	4,50	4,78	0,28		-0,80
14 – 15	4,71	4,78	0,07		-0,73
15 – 16	4,88	4,78		0,10	-0,83
16 – 17	4,91	4,78		0,13	-0,96
17 – 18	4,59	4,78	0,19		-0,77
18 – 19	4,61	4,78	0,17		-0,60
19 – 20	4,42	4,78	0,36		-0,24
20 – 21	4,29	4,78	0,49		0,25
21 – 22	4,06	4,78	0,72		0,97
22 – 23	3,57	2,90		0,67	0,30
23 – 24	2,94	2,64		0,30	0
	100	100	4,20	4,20	

Додаток Ф

Таблиця Ф.1 - Розрахунок регулюючої ємності бака водонапірної башти в добу
мінімального водоспоживання

Годинний проміжок	Витрата води містом, %	Подача води насосною станцією, %	Надходження в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок в баці, %
0 – 1	1,51	1,40		0,11	-0,11
1 – 2	1,55	1,40		0,15	-0,26
2 – 3	1,43	1,40		0,03	-0,29
3 – 4	1,48	1,40		0,08	-0,37
4 – 5	2,33	3,20	0,87		0,50
5 – 6	3,53	5,20	1,67		2,17
6 – 7	4,74	5,20	0,46		2,63
7 – 8	5,77	5,20		0,57	2,06
8 – 9	6,01	5,20		0,81	1,25
9 – 10	5,90	5,20		0,70	0,55
10 – 11	5,38	5,20		0,18	0,37
11 – 12	5,85	5,20		0,65	-0,28
12 – 13	5,83	5,20		0,63	-0,91
13 – 14	5,65	5,20		0,45	-1,36
14 – 15	5,25	5,20		0,05	-1,41
15 – 16	5,05	5,20	0,15		-1,26
16 – 17	5,25	5,20		0,05	-1,31
17 – 18	5,52	5,20		0,32	-1,63
18 – 19	5,51	5,20		0,31	-1,94
19 – 20	4,76	5,20	0,44		-1,50
20 – 21	4,39	5,20	0,81		-0,69
21 – 22	3,30	5,20	1,90		1,21
22 – 23	2,42	1,40		1,02	0,19
23 – 24	1,59	1,40		0,19	0
	100	100	6,30	6,30	

**Декларація
академічної доброчесності
здобувача ступеня вищої освіти ЗНУ**

Я, Тішин Олександр Володимирович магістрант(ка) 2 курсу, заочної форми
здобуття освіти, спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія

освітньої програми Водопостачання та водовідведення,
адреса електронної пошти tishin1871@gmail.com,

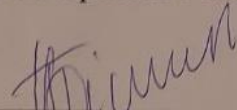
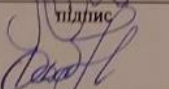
- підтверджую, що виконана мною кваліфікаційна робота на тему:

Аналіз роботи насосного обладнання в умовах роботи
верстатів

відповідає вимогам академічної доброчесності та не містить порушень, що
визначені у ст. 42 Закону України «Про освіту», зі змістом яких ознайомлений(на);

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

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


підпис

підпис

Тішин Олександр Володимирович
П.І.П. здобувача

Робертюк Олександра Григорівна
П.І.П. керівника

ВІДГУК

керівника кваліфікаційної роботи
другого (магістерського) рівня вищої освіти,

виконаної на тему «**АНАЛІЗ РОБОТИ НАСОСНОГО ОБЛАДНАННЯ В
УМОВАХ ЗМІНИ ДОБОВОГО ВОДОСПОЖИВАННЯ**» здобувачем групи
8.1922-вв-3

Тішиним Олександром Володимировичем

Представлена кваліфікаційна робота магістра присвячена розробці методики визначення енергоощадних режимів роботи насосного обладнання. Система водопостачання повинна мати високий рівень надійності для забезпечення споживачів водою без неприпустимого зниження установлених показників роботи, що стосуються кількості або якості подаваної води. Графіки водоспоживання, що були узяті за основу для розрахунків водопровідних мереж і споруд, визначають значною мірою вартість системи та затрати на її експлуатацію. Тому визначення оптимальних гідравлічних режимів роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання протягом року є актуальним завданням в умовах відновлення критичної інфраструктури міст.

Кваліфікаційна робота повністю відповідає поставленому завданню.

Автор представив ефективне застосування методики дослідження, відповідно до якої в роботі виконані гідравлічні розрахунки водопровідної мережі, побудовані графіки сумісної роботи насосів та мережі, виконано аналіз їх роботи, визначені оптимальні енергоощадні режими роботи насосного обладнання.

Виконання кваліфікаційної роботи відображає застосування здобувачем отриманих знань у сфері наукових досліджень та розвитку навичок самостійного проведення наукової роботи. Зазначається його здатність проводити критичний аналіз сучасного стану питань, виконувати дослідження, презентувати результати науково-дослідної діяльності, готувати наукові публікації та брати участь у наукових конференціях.

В основних розділах роботи матеріал викладено послідовно, із наданням необхідної аргументації. Усі структурні елементи кваліфікаційної роботи

логічно пов'язані між собою, а висновки відповідають поставленим завданням. Під час виконання роботи автор продемонстрував здатність самостійно вирішувати поставлені завдання.

Робота відзначається відсутністю елементів плагіату та компіляції, оскільки автор чітко вказує джерела інформації та робить відповідні посилання.

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

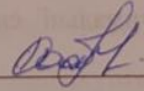
Елементи плагіату (компіляції) у кваліфікаційній роботі не виявлені.

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

Кількість балів за шкалою ECTS 95

(відмінно)

Керівник кваліфікаційної роботи

Кандидат технічних наук, доцент  О.Г. Добровольська

РЕЦЕНЗІЯ

на кваліфікаційну роботу
другого (магістерського) рівня вищої освіти,
виконаної на тему «Аналіз роботи насосного обладнання в умовах зміни
добового водоспоживання»
здобувачем групи 8.1922-вв-з
Тішиним Олександром Володимировичем

Актуальність дослідження. Актуальність вивчення питання щодо модернізації насосного обладнання та розробки рекомендації щодо забезпечення оптимальних режимів роботи насосних станцій стає очевидною в контексті відбудови зруйнованої критичної інфраструктури міст. Система водопостачання повинна демонструвати високий рівень надійності для забезпечення споживачів водою без неприпустимого зниження встановлених показників щодо кількості або якості води. Розрахунки водопровідних мереж і споруд базуються на прийнятих графіках режиму водоспоживання, які визначають значною мірою вартість системи та витрати на її експлуатацію. Таким чином, точне прогнозування режиму водоспоживання визначається як одне з найбільш відповідальних завдань при проектуванні та реконструкції систем водопостачання.

Обґрунтованості висновків та пропозицій. Кваліфікаційна робота представлена на високому рівні, з детальним вивченням обраної проблеми, враховуючи її різні аспекти. У роботі використані загальнонаукові методи дослідження, і вона має елементи наукової новизни. Висновки є обґрунтованими та логічно послідовними, належним чином відображаючи основні результати даної кваліфікаційної роботи.

Використання наукових методів дослідження. Під час виконання роботи були аналізовані наукові публікації вітчизняних та закордонних експертів, що висвітлюються у наукових журналах, збірках тез доповідей науково-практичних конференцій, а також на інтернет-ресурсах.

Вміння студента чітко, грамотно та аргументовано викладати матеріал, правильно оформлювати його. Кваліфікаційна робота має свою систематизацію, а тема досліджена в повному обсязі, з взаємопов'язаними розділами та використанням інформаційно-комп'ютерних технологій. Матеріал відрізняється чіткістю та відповідає науковому стилю, а оформлення відповідає стандартам технічної грамотності.

Участі студента у проведених дослідженнях, теоретичній та аналітичній обробці отриманих результатів. Магістрант Тішин Олександр Володимирович активно брав участь у проведенні досліджень та здійсненні теоретичного та аналітичного аналізу отриманих результатів у межах своєї кваліфікаційної роботи. Розроблені в ній науково-практичні рішення відрізняються докладним обґрунтуванням, повнотою висвітлення теми та наявністю різноманітних аргументів, що свідчить про ефективність використаних методик досліджень.

Якість виконання. Кваліфікаційна робота впорядкована системно, де всі розділи логічно взаємопов'язані та підтверджені обґрунтованим матеріалом. Кожен розділ чітко формулює свої завдання та сприяє досягненню загальної

мети дослідження. Висновки мають послідовний та обґрунтований характер, відображаючи основні результати, отримані під час виконання кваліфікаційної роботи.

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

Можливості впровадження результатів роботи. Результати роботи мають практичне значення, запропоновані заходи можуть бути використані інженерами-будівельниками під час реконструкції та відбудови мереж транспортування води та споруд на них. За темою роботи опубліковані тези доповіді у науково-технічних конференціях студентів, магістрантів, аспірантів та викладачів

Недоліки роботи. Бажано було б детальніше розглянути розрахунки економічних показників. Але це зауваження суттєво не впливає на загальну якість виконання кваліфікаційної роботи.

Оцінки кваліфікаційної роботи та можливості присвоєння здобувачу вищої освіти відповідної кваліфікації. Кваліфікаційна робота здобувача другого рівня вищої освіти Тішина Олександра Володимировича на тему: «Аналіз роботи насосного обладнання в умовах зміни добового водоспоживання» за актуальністю, обсягом виконаних теоретичних досліджень, змістом, рівнем новизни та практичним значенням відповідає спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія (галузь знань 19 Архітектура та будівництво) та вимогам ОПП «Водопостачання та водовідведення».

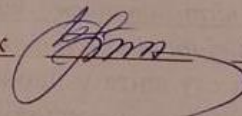
Кваліфікаційна робота виконана на високому рівні та заслуговує оцінки «відмінно».

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

Е

Кількість балів за шкалою ECTS 95 (відмінно) А

Рецензент кваліфікаційної роботи
професор кафедри промислового
та цивільного будівництва, докт. техн. наук



В. А. Банах