МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: «**ТЕХНОЛОГІЧНІ РІШЕННЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ З УРАХУВАННЯМ РЕЛЬЄФУ МІСЦЕВОСТІ»**

Виконав: студент 4 курсу, група 6.1921-мім
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі»
Маринченко Артем Сергійович

Керівник: доцент кафедри міського будівництва
і архітектури, канд. техн. наук В.О. Савін

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

Запоріжжя
2025

МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ
Інженерний навчально-науковий інститут ім. Ю. М. Потебні

Кафедра міського будівництва і архітектури
Рівень вищої освіти бакалавр
Спеціальність 192 Будівництво та цивільна інженерія
Освітньо-професійна програма міські інженерні мережі

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«26» 12 2024 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Маринченко Артему Сергійовичу
(прізвище, ім'я, по-батькові)

1. Тема роботи Технологічні рішення транспортування води з урахуванням рельєфу місцевості
затверджено наказом ЗНУ від «26» грудня 2024 року № 2028-с
2. Строк подання роботи: *15.06.2025*
3. Вихідні дані до роботи: *генплан міста за варіантом А та умови водопостачання (додаток 1), генплан міста за варіантом Б та умови водопостачання (додаток 2).*
4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): 1. *Особливості трасування мереж транспортування води. 1.1 Головні принципи трасування інженерних водопровідних мереж. 1.2 Особливості трасування мереж в однозонних системах водопостачання. 1.3 Особливості трасування мереж у двозонних системах водопостачання. 2. Визначення параметрів для гідравлічних розрахунків мереж. 2.1 Аналіз містобудування та визначення розрахункової кількості населення. 2.2 Визначення розрахункових витрат води. 3.Гідравлічні розрахунки мереж транспортування води. 3.1 Трасування водопровідної мережі та її конструктивні особливості. 3.2 Особливості характерних режимів роботи мережі. 3.3 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат. 3.4 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі. 3.5 Гідравлічна ув'язка водопровідної мережі. 3.6 Визначення п'єзометричних позначок і вільних тисків у вузлах мережі. 4.Розрахунок насосної станції и підйому. 4.1 Визначення розрахункової подачі насосів насосної станції. 4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів. 4.3 Визначення розрахункового напору насосів. 4.4 Підбор насосів та електродвигунів. 4.5 Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції. 4.6 Складання плану машинного залу насосної станції. 4.7 Визначення висоти машинного залу та підбор*

підіймального обладнання. 4.8 Аналіз режиму роботи насосів та уточнення робочих характеристик. 4.9 Розрахунок потужності трансформаторної підстанцій і компоновка розподільчих пристроїв. ВИСНОВКИ.
5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень):
1.Генплани міст за варіантами А та Б. 2. П'єзометричні карти для мережі за варіантом А. 3.П'єзометричні карти для мережі за варіантом Б. 4. П'єзометричні лінії для мережі за варіантом А. 5. П'єзометричні лінії для мережі за варіантом Б. 6. Насосна станція другого підйому: план та розрізи машинного залу

6. Консультанти розділів роботи

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

7. Дата видачі завдання 01.04.2025 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання	Примітка
1	Розділ 1. Особливості трасування мереж транспортування води	20.04.25	
2	Листи 1-2.	05.05.25	
3	Розділ 2. Визначення параметрів для гідравлічних розрахунків мереж.	15.05.25	
4	Листи 3,4.	20.05.25	
5	Розділ 3. Гідравлічні розрахунки мереж транспортування води.	25.05.25	
	Розділ 4. Розрахунок насосної станції II підйому.	31.05.2025	
6	Листи 5-6.	06.06.25	
7	Презентація підготовка доповіді.	10.06.25	
8	Попередній захист	15.06.25	

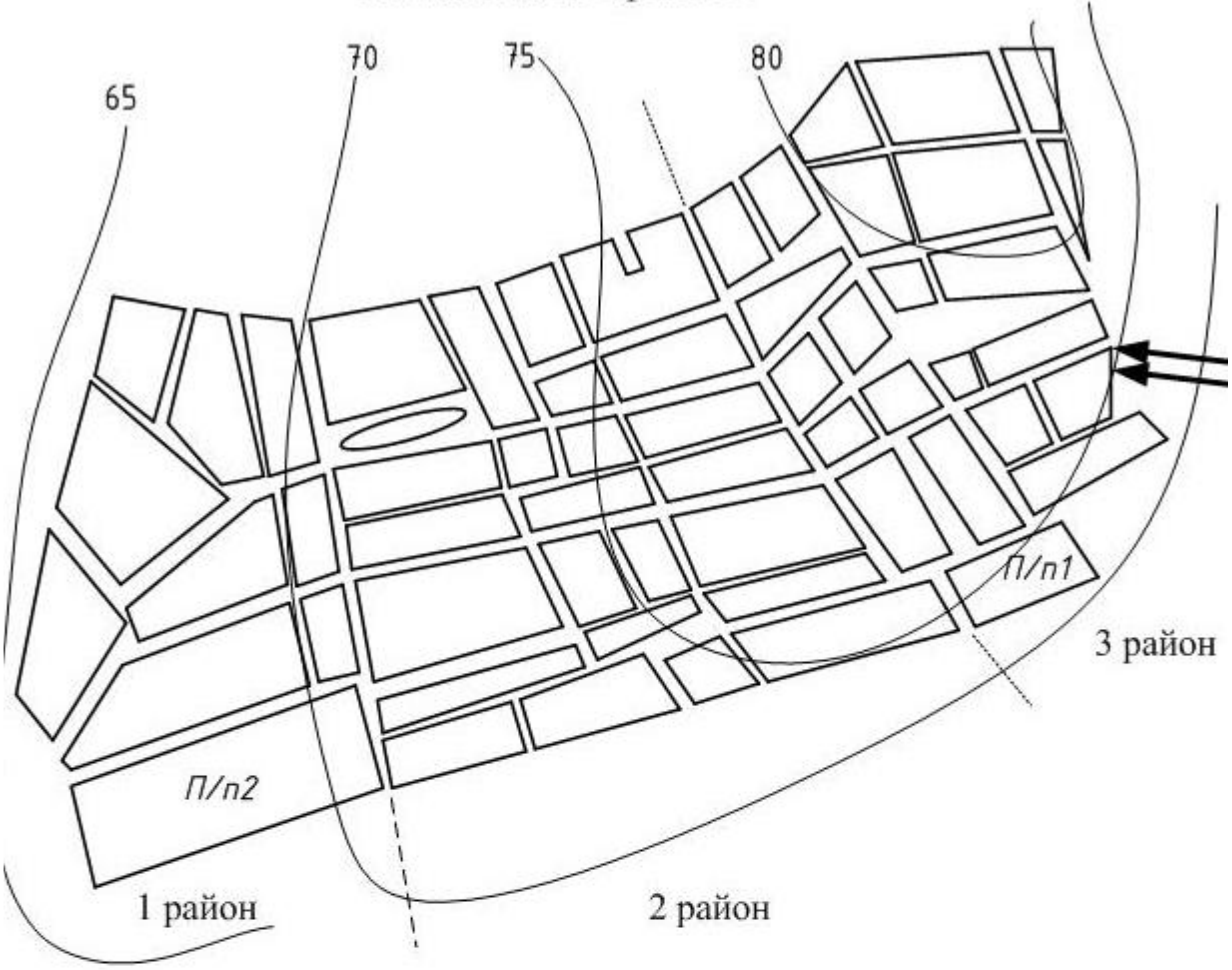
Студент _____ А.С. Маринченко
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ В.О. Савін
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено
Нормоконтролер _____ О.В. Гребенюк
(ініціали (підпис)

Додаток 1

Генплан міста варіант А

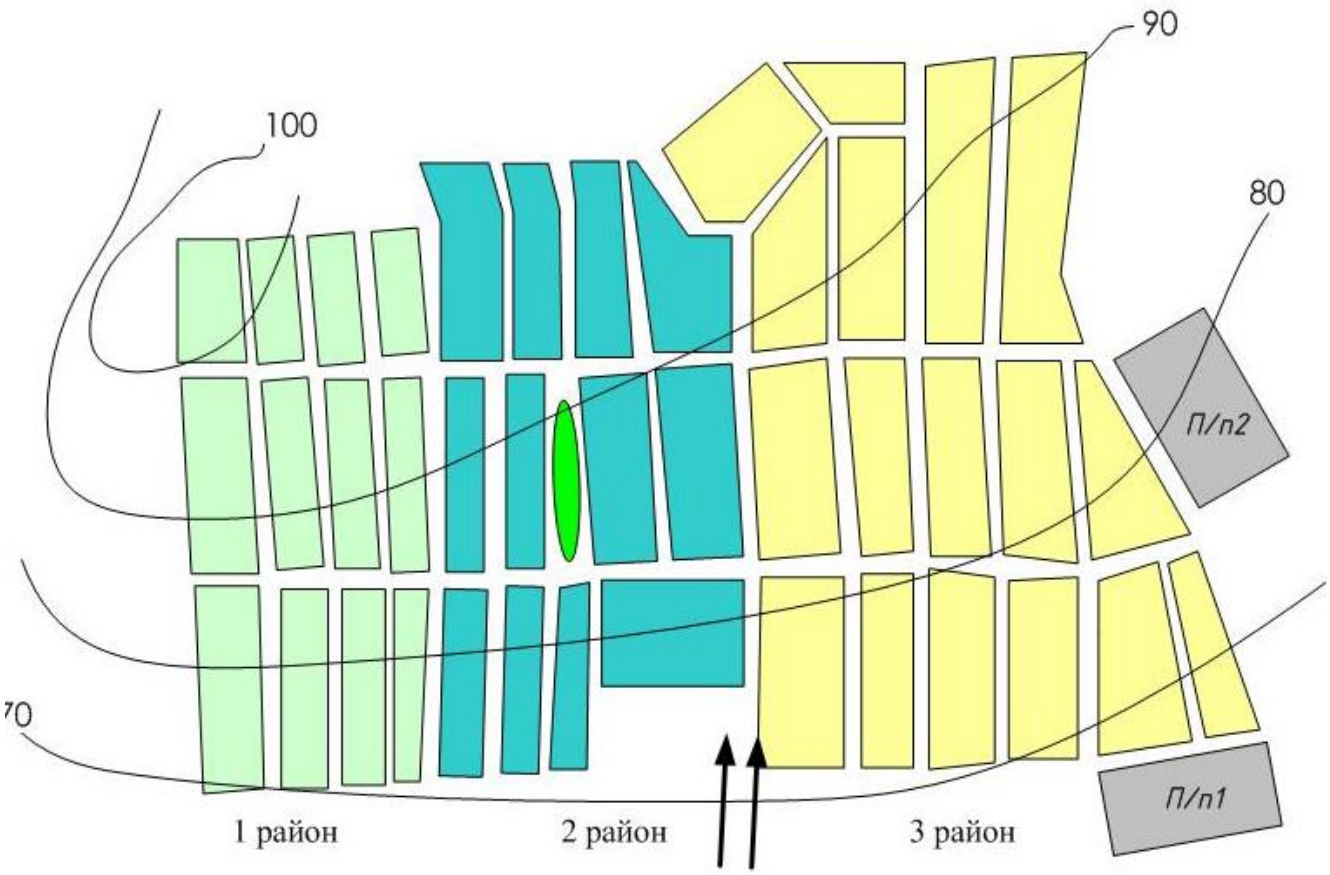


Водоспоживання 59303 м^3/доб

Показники	Варіант А		
	1	2	3
Загальна площа, га	86	165	110
Кількість поверхів	5	9	5
Щільність населення, чол.	240	480	220
Чисельність населення, чол.	20640	79200	24200

Додаток 2

Генплан міста варіант Б



Таблиця 1 – Характеристика забудови

Район міста	Кількість поверхів	Щільність населення, чол/га	Ступінь благоустрою
Перший район	5	150	внутрішній водопровід, каналізація і ванни з місцевими водонагрівачами
Другий район	9	390	внутрішній водопровід, каналізація і централізоване гаряче водопостачання
Третій район	3	220	внутрішній водопровід, каналізація і ванни з місцевими водонагрівачами

Таблиця 2 – Характеристика підприємств

№ підпр	Кількість працюючих по змінах	Кількість працюючих в гар. цехах, %	Характеристика технол. процесу	Витрати води на промислові потреби, $м^3$/доб	Об'єм найбільшої будівлі, тис.$м^3$	Ступінь вогнестійкості конструкції
п/п 1	500 300	10	Іа, II в	5600	25000	II кат Д
п/п 2	700 600	40	Іа, Іб	7475	15000	I кат Г

ЗМІСТ

ВСТУП…….8

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТРАСУВАННЯ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ……..10

1.1 Головні принципи трасування інженерних водопровідних мереж…….10

1.2 Особливості трасування мереж в однозонних системах водопостачання….14

1.3 Особливості трасування мереж у двозонних системах водопостачання……18

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ МЕРЕЖ……...24

2.1 Аналіз містобудування та визначення розрахункової кількості населення…24

2.2 Визначення розрахункових витрат води……25

РОЗДІЛ 3.ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ……...29

3.1 Трасування водопровідної мережі та її конструктивні особливості…..…….29

3.1.1 Особливості мережі транспортування води за варіантом А……29

3.1.2 Особливості мережі транспортування води за варіантом Б…….30

3.2 Особливості характерних режимів роботи мережі……31

3.2.1 Обгрунтування гідравлічних режимів роботи для водопровідної мережі за варіантом А……31

3.2.2 Обгрунтування гідравлічних режимів роботи для водопровідної мережі за варіантом Б……31

3.3 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат……32

3.3.1 Розрахунки для схеми транспортування води за варіантом А……..32

3.3.2 Розрахунки для схеми транспортування води за варіантом Б……..36

3.4 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі…….41

3.4.1 Вихідні розрахункові схеми мережі за варіантом А……..41

3.4.2 Вихідні розрахункові схеми мережі за варіантом Б……..46

3.5 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі……51

3.5.1 Гідравлічний розрахунок мережі (варіант А)……51

3.5.2 Гідравлічний розрахунок мережі (варіант Б)……51

3.6 Визначення п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі…57

3.6.1 Розрахунок п’єзометричних карт для мережі транспортування води (варіант А)…….57

3.6.2 Розрахунок п’єзометричних карт для мережі транспортування води (варіант Б)…….....58

РОЗДІЛ 4.РОЗРАХУНОК НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІІ ПІДЙОМУ……59

4.1 Визначення розрахункової подачі насосів насосної станції…….....59

4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів……..60

4.3 Визначення розрахункового напору насосів……..61

4.4 Підбор насосів та електродвигунів…….63

4.5 Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції…….64

4.6 Складання плану машинного залу насосної станції……..65

4.7 Визначення висоти машинного залу і підбор вантажопідйомного обладнання……..66

4.8 Аналіз режиму роботи насосів та уточнення їх робочих характеристик…...67

4.9 Розрахунок потужності трансформаторних підстанцій і компоновка розподільчих пристроїв…….....70

ВИСНОВКИ.....71

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ……72

ДОДАТОК А……..74

ВСТУП

У післявоєнний період Україна стикається з низкою викликів, пов’язаних із відновленням зруйнованої інфраструктури, зокрема систем водопостачання. Внаслідок бойових дій значна частина водогонів була пошкоджена або повністю знищена, що особливо загострило проблему доступу до чистої питної води в регіонах зі складним рельєфом:передгір’ях, зонах балкових систем, приазовських височинах тощо. У такому контексті зростає актуальність розробки та впровадження ефективних технологічних рішень транспортування води, що враховують геоморфологічні особливості місцевості. Застосування сучасних інженерних методів, енергоефективних насосних станцій, гравітаційного транспортування води може суттєво підвищити ефективність систем водозабезпечення. Така тематика є не лише інженерною, а й соціально значущою, інженерні розробкив цій сфері сприятимуть не лише відбудові інфраструктури, але й загальному якості водозабезпечення в постраждалих регіонах.

Мета кваліфікаційної роботи: розробити ефективну модель системи транспортування води для населеного пункту з урахуванням його рельєфу, шляхом визначення параметрів для гідравлічних розрахунків водопровідної мережі, оптимізації її трасування, вибору конструктивних рішень та розрахунку насосної станції ІІ підйому.

Завдання кваліфікаційної роботи:

- проаналізувати містобудівну ситуацію та визначити розрахункову кількість населення для проєктованої системи транспортування води;
- розрахувати добові, годинні та секундні витрати води на основі нормативних показників споживання;
- розробити схему трасування водопровідної мережі з урахуванням рельєфу місцевості та визначити її основні конструктивні елементи;
- визначити характерні режими роботи мережі в різні періоди доби та добитися її гідравлічної стійкості;

- побудувати вихідну розрахункову схему мережі та виконати гідравлічну ув’язку з урахуванням змін висот в межах рельєфу;
- визначити п’єзометричні позначки й вільні напори у вузлах системи для забезпечення стабільного тиску;
- провести гідравлічний розрахунок насосної станції ІІ підйому відповідно до вимог заданого тиску та витрат.

Практичне значення даного кваліфікаційної роботи полягає у можливості її застосування під час розроблення та реалізації сучасних систем транспортування води в умовах післявоєнної відбудови України, особливо в регіонах зі складним рельєфом. Запропоновані технологічні рішення враховують геодезичні особливості місцевості, що дає змогу ефективно використовувати природні ухили для гравітаційного транспортування води, мінімізуючи енергоспоживання та експлуатаційні витрати.

Результати виконання кваліфікаційної роботи можуть бути використані як інженерна основа при проєктуванні нових або реконструкції наявних водопровідних систем у малих та середніх населених пунктах. Зокрема, результати гідравлічних розрахунків, методика трасування мереж, а також підбір параметрів насосної станції ІІ підйому можуть бути адаптовані до реальних умов будь-якої місцевості.

Крім того, розроблена модель транспортування води сприятиме підвищенню надійності систем водозабезпечення, покращенню санітарно-гігієнічного стану населених пунктів та забезпеченню сталого розвитку територій. Це особливо важливо в умовах швидкої відбудови та необхідності оперативного впровадження інженерних рішень у звільнених або зруйнованих громадах.

РОЗДІЛ 1. ОСОБЛИВОСТІ ТРАСУВАННЯ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ

1.1 Головні принципи трасування інженерних водопровідних мереж

Процес трасування інженерних водопровідних мереж є одним з ключових етапів у проєктуванні систем водопостачання. Його мета полягає у визначенні оптимального просторового положення трубопроводів з урахуванням технічних, економічних, санітарно-гігієнічних та екологічних вимог. З огляду на складність просторових умов міської забудови та особливості рельєфу території, питання трасування набуває особливої ваги при формуванні ефективної інфраструктури.

Оптимізація траси з урахуванням рельєфу місцевості є важливим принципом для трасування мереж транспортування води. На рис. 1.1 показано фрагмент трасування водопровідної мережі на плані міста.

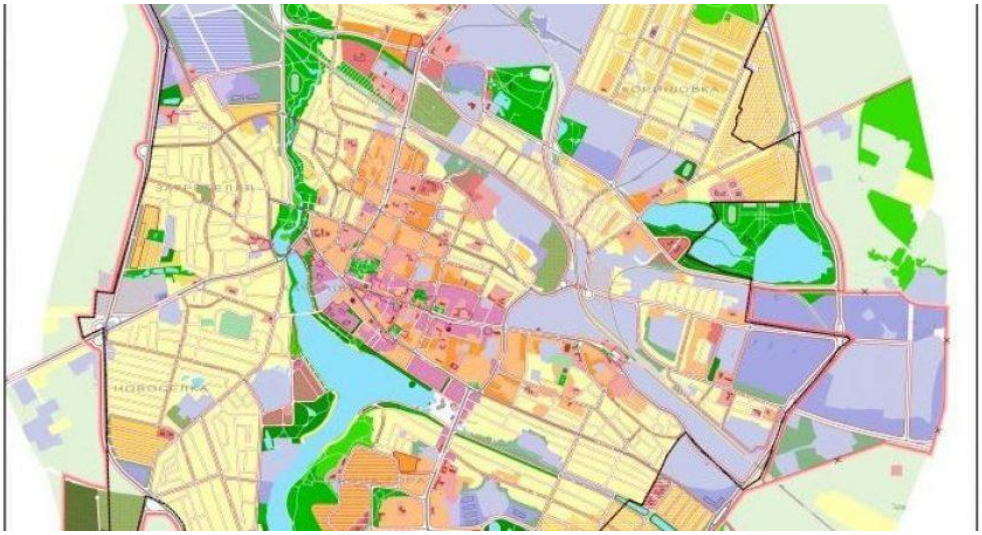


Рисунок 1.1 – Трасування водопровідної мережі

Одним із базових принципів є врахування природного рельєфу з метою мінімізації земляних робіт і забезпечення самоплинного режиму в гравітаційних системах. Як зазначає Кудрявцев П. О. [1], вибір траси повинен базуватись на

топографічному аналізі, що дозволяє уникнути надмірних перепадів висот і зменшити витрати на підйом води [1].

При трасуванні треба дотримувати забезпечення технічної доступності та ремонтопридатності. Тобто трасу водопроводу слід проєктувати так, щоб вона була доступною для обслуговування та ремонту, з дотриманням нормативних відстаней до інших інженерних комунікацій (рис. 1.2).

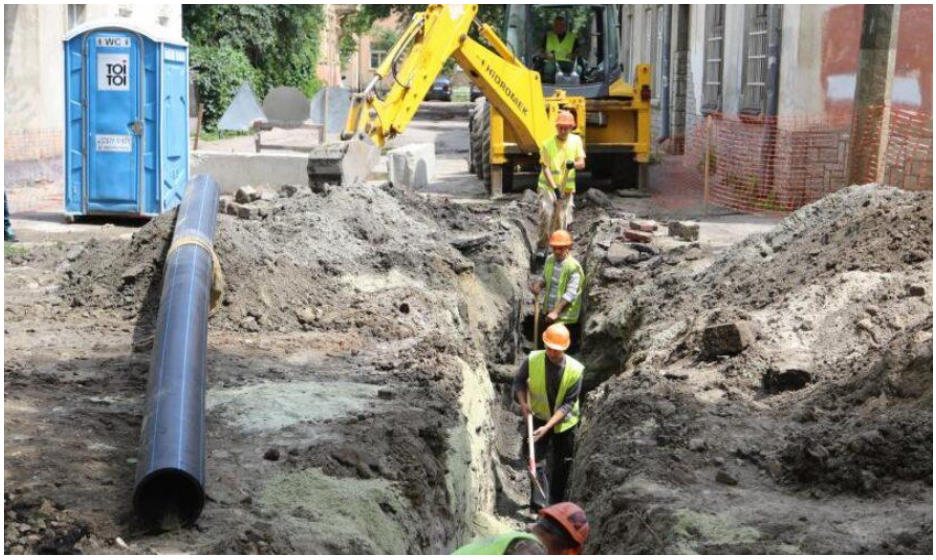


Рисунок 1.2 – Ремонтні роботи на мережі транспортування води

Цей аспект особливо підкреслюється у працях Сіренка В. М., де автор звертає увагу на необхідність резервування доступу до важливих вузлів системи [2].

Важливим є забезпечення мінімізації перетинів із суміжними мережами та об’єктами інфраструктури. Для зниження ризику аварійних ситуацій та спрощення координації з іншими комунальними службами рекомендовано уникати перетинів з газопроводами, електромережами та каналізаційними колекторами. Дослідження Грабовського І. Б. свідчать, що значна частка аварій на водопроводах пов'язана саме з порушенням цих принципів [3].

При трасуванні мереж транспортування води слід враховувати санітарно-захисні зони. Відповідно до [4], траса водопроводу повинна бути розташована на безпечній відстані від потенційних джерел забруднення (наприклад, каналізаційних мереж), що забезпечує якість питної води та безпеку населення. У

своїх роботах Бєляєв Ю. М. підкреслює важливість санітарної охорони трас водопроводу як складника національної безпеки у сфері водопостачання [5].

Раціональне розміщення вузлів управління має важливе значення для забезпечення доступності водокористування. Як показано на рис 1.3, на трасі слід передбачити розміщення водорозбірних колонок (рис. 1.3, фрагмент А), пожежних гідрантів (рис. 1.3, фрагмент Б), засувок (рис. 1.3, фрагмент В), камер управління (рис. 1.3, фрагмент Г) та інших елементів управління відповідно до нормативів.



Рисунок 1.3 – Споруди та обладнання на мережі транспортування води

Як вказує Чернишов С. Г., грамотне планування таких вузлів підвищує керованість системи та зменшує час реагування у разі аварій [6].

Вибір траси повинен відповідати принципам економічної доцільності — поєднання найменшої довжини, зручності будівництва, експлуатації та витрат на енергопостачання. Насамперед скорочення довжини трубопроводу без шкоди для функціональності дозволяє значно зменшити витрати на прокладку труб, земляні роботи та монтаж арматури. Як зазначає Литвиненко Ю. С., у проєктах

водопостачання з оптимізованими маршрутами витрати на будівництво знижуються в середньому на 15–20% у порівнянні з традиційними схемами [7].

Крім того, зручність будівництва полягає у виборі таких трас, які проходять через ділянки з мінімальними інженерно-геологічними складнощами (наприклад, уникнення зон з високим рівнем ґрунтових вод або скельних порід). Це сприяє скороченню часу реалізації проєкту та зменшенню ризику аварій на етапі будівництва.

Експлуатаційна зручність визначається легкістю доступу до основних елементів системи — камер управління, засувок, вузлів обліку. Розумне трасування дозволяє забезпечити своєчасне технічне обслуговування, діагностику несправностей та оперативне реагування у разі аварійних ситуацій, що суттєво знижує експлуатаційні витрати протягом життєвого циклу об’єкта.

Окремо варто відзначити оптимізацію енергоспоживання. Вибір траси з урахуванням гідравлічного опору та природного ухилу місцевості дозволяє зменшити навантаження на насосні станції. У гравітаційних або комбінованих системах водопостачання це може призвести до зменшення витрат електроенергії на 10–30% [1]. В економічно обґрунтованому проєктуванні також доцільно застосовувати техніко-економічний аналіз альтернативних варіантів трасування, зокрема із залученням ГІС-технологій, які дозволяють порівняти витрати й ефективність різних конфігурацій на основі просторових даних. Вплив зазначених факторів на економічність трасування водопровідної мережі представлено у вигляді таблиці 1.1.

Таблиця 1.1 – Економічні принципи трасування інженерних водопровідних мереж

Фактор	Економічний ефект
Мінімальна довжина траси	Зменшує будівельні витрати та кількість матеріалів
Зручність будівництва	Спрощує прокладку труб і зменшує ризики під час робіт
Експлуатаційна доступність	Полегшує обслуговування, зменшує витрати на ремонт
Енергоефективність	Зменшує витрати на роботу насосних станцій
ГІС-аналіз трасування	Дозволяє порівняти варіанти й обрати найбільш економний
Мінімальна довжина траси	Зменшує будівельні витрати та кількість матеріалів
Зручність будівництва	Спрощує прокладку труб і зменшує ризики під час робіт

1.2 Особливості трасування мереж в однозонних системах водопостачання

Однозонні системи водопостачання – це інженерні структури, в яких вода подається всім споживачам з однієї зони тиску без додаткових перепадів висот або насосного підкачування. Такі системи широко використовуються в малих і середніх населених пунктах України, а також у мікрорайонах міст із відносно однорідним рельєфом.

В межах однозонної системи значно спрощується трасування мереж, оскільки не потрібно враховувати гідравлічні розриви, перепади тиску або потребу в підкачувальних насосах. Як зазначає Сіренко В. М. (2020), в таких умовах допускається застосування єдиної системи трубопроводів з однорідними параметрами розрахункового тиску [1].

Попри спрощення проєктування, рельєф місцевості може накладати обмеження на трасування навіть в однозонних мережах. Оптимальним рішенням є розміщення магістральних трубопроводів по природному ухилу, що дозволяє мінімізувати втрати напору без додаткових енергетичних витрат [8, 9, 10].

Оскільки система функціонує в єдиному тисковому режимі, зменшується потреба у встановленні регулювальної арматури**,** гідроакумуляторів та зональних регуляторів тиску. Це дозволяє зменшити витрати на будівництво мережі, що особливо актуально для сільських громад [5].

У трасуванні таких систем переважає радіальна або кільцева схема з одним або кількома основними вузлами подачі. Важливим є забезпечення рівномірного розподілу води без створення застійних зон — цю проблему досліджував Чернишов С. Г., який наголошує на важливості правильного вибору діаметрів трубопроводів для зменшення гідравлічного опору [4].

Для однозонних систем, особливо в умовах обмеженого бюджету, економічна ефективність трасування є критичною. Литвиненко Ю. С. (2015) стверджує, що правильне планування маршруту дозволяє не лише зменшити витрати на будівництво, а й забезпечити стабільну роботу системи без додаткових інвестицій у підсилювальні елементи [5].

Раціонально обрана структура однозонної водопровідної мережі є ключовим чинником забезпечення її стабільної та надійної роботи при дотриманні принципів економічної доцільності. В межах міських систем водопостачання важливим етапом проєктування є виділення основної магістральної мережі, яка виконує функцію транспортування води по місту. Водночас розподільча підмережа, під'єднана до магістралей, призначена для постачання води безпосередньо споживачам – через будинкові вводи або пожежні гідранти (в разі надзвичайних ситуацій).

При гідравлічному розрахунку пріоритет надається саме магістральній частині системи, оскільки вона формує основні потоки води по всій території міста. Вивчення рекомендацій щодо трасування [4, розділ 8] є обов’язковим перед формуванням схеми розміщення трубопроводів.

Під час проєктування магістральних трубопроводів рекомендується формувати видовжені кільця, орієнтовані за напрямком основного потоку. Кількість таких магістралей зазвичай визначають з урахуванням щільності

забудови та конфігурації вуличної мережі – середня відстань між ними становить орієнтовно 500÷1500 м, як і відстань між поперечними перемичками. Трасування основних ліній водогону бажано здійснювати по головних вулицях з рівномірним охопленням усієї міської території. Приклад трасування однозонної водопровідної мережі приведені на рис. 1.4.

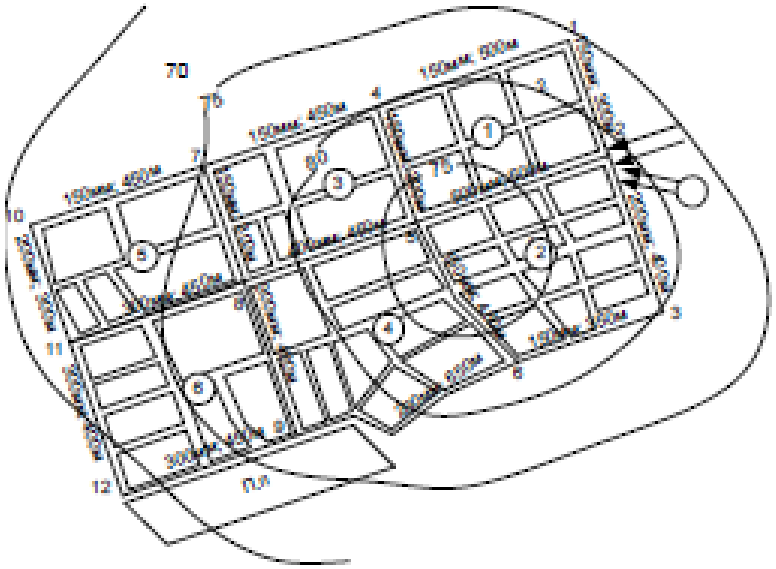


Рисунок 1.4 – Приклад трасування однозонної водопровідної мережі

Кільцева структура забезпечує стабільність тиску в мережі й гнучкість у випадку аварій або перекриттів [1, п. 8.5].

Діаметри труб розподільчої мережі підбираються відповідно до вимог пропускної здатності для гасіння пожеж, проте не можуть бути меншими за 100 мм.

Положення насосної станції другого підйому обирається індивідуально – після узгодження з проєктувальником або викладачем. Водонапірну башту рекомендовано розміщувати на найвищих високих точках території, що сприяє створенню необхідного гідростатичного напору в мережі. Ця споруда може бути архітектурним елементом міста, наприклад як показано на рис. 1.5.



Рисунок 1.5 – Водонапірна башта

Альтернативою може бути використання напірного резервуара, якщо економічні та гідравлічні розрахунки підтверджують його доцільність.

Схема розташування магістралей залежить від місця встановлення башти, і може включати такі варіанти:

- башта розташована на початку системи;
- башта або контррезервуар — у кінцевій точці мережі;
- башта розміщена посередині траси.

Під час трасування слід враховувати низку ключових моментів:

- трубопровід між насосною станцією та баштою має бути максимально коротким;

- головні транзитні магістралі доцільно прокладати поблизу основних споживачів, особливо промислових об’єктів, де слід розміщувати вузлові точки для підключення поперечних ліній;
- мережа повинна рівномірно охоплювати всю міську територію;
- бажано розташовувати основні гілки вздовж найвищих ділянок рельєфу для забезпечення достатнього тиску в розподільчій системі;
- якщо довжина магістралі перевищує 1600 м, слід передбачити додатковий вузол, що поділяє трасу на дві частини приблизно однакової довжини.

1.3 Особливості трасування мереж у двозонних системах водопостачання

В умовах ускладненого рельєфу, значного перепаду висот або нерівномірного розподілу водоспоживання ефективним рішенням стає застосування двозонних систем водопостачання, які забезпечують стабільний тиск у водопровідній мережі та оптимізують витрати на енергоносії та матеріали (рис.1.6).

Двозонна система водопостачання передбачає поділ водорозподільної мережі на дві розділені зони за гідравлічним режимом, кожна з яких обслуговується окремими елементами системи: насосними станціями, регуляторами тиску або водонапірними баштами. Нижня зона, як правило, охоплює території з низькими абсолютними відмітками, тоді як верхня зона – ділянки з підвищеним рельєфом або багатоповерхову забудову [11].

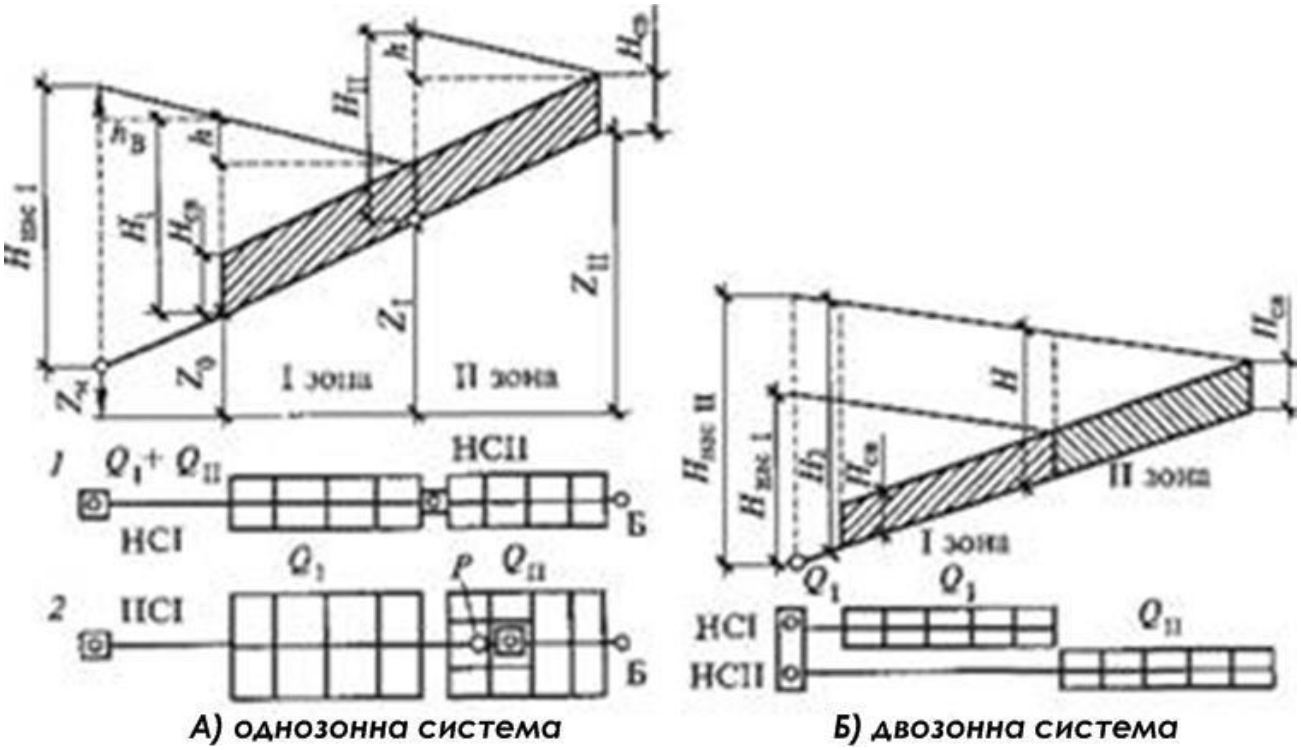


Рисунок 1.6 – Види систем водопостачання

Завдяки такому поділу зменшується ризик аварій у системі через надмірний тиск у нижній зоні, а також забезпечується належний тиск у верхній зоні, де це було б неможливо в межах однозонного підходу [12].

Трасування мережі водопостачання виконується як визначення оптимального положення трубопроводів у плані з урахуванням рельєфу місцевості, наявної забудови, гідравлічного режиму, а також технологічних і економічних показників. У двозонних системах цей процес ускладнюється необхідністю:

- розділення мережі по гідравлічних зонах – потребує встановлення вузлів керування тиском (регуляторів, засувок, насосних станцій другого підйому);
- вибору оптимальних трас для мінімізації перепаду висот і гідравлічних втрат;
- забезпечення аварійної стійкості через встановлення запасних ліній між зонами з можливістю їхнього відключення [13].

У процесі трасування враховуються чинні державні будівельні норми [4], де передбачено, що водопровідні мережі необхідно проєктувати кільцевими або з елементами кільцювання з метою забезпечення безперебійного водопостачання у разі ремонту окремих ділянок.

Особливу увагу під час трасування водопровідних мереж у двозонних системах водопостачання слід приділяти гідравлічному розрахунку тисків в межах кожної з гідравлічно відокремлених зон. Цей розрахунок є критично важливим для забезпечення сталого та безпечного функціонування системи, оскільки надмірний або, навпаки, недостатній тиск може призвести до виходу з ладу обладнання, проривів трубопроводів або неспроможності забезпечити необхідну якість водопостачання кінцевим споживачам.

У нижній зоні, де спостерігається природне підвищення тиску внаслідок низької абсолютної відмітки території, можуть виникати гідравлічні перевантаження — особливо у вечірні або нічні години, коли споживання води знижується, а надлишковий тиск у системі може перевищувати допустимі норми, встановлені ДБН В.2.5-74:2013. Для запобігання таким ситуаціям у вузлових точках системи передбачають встановлення регуляторів тиску (редукційних клапанів) або водонапірних баків, які виконують функцію буферів, стабілізуючи тиск і зменшуючи гідроударні навантаження. Водонапірні баки можуть також використовуватись для короткочасного акумулювання води в години зниженого споживання, що сприяє стабілізації роботи насосного обладнання.

Натомість у верхній зоні, яка охоплює райони з підвищеним рельєфом або забудовою багатоповерхового типу, виникає потреба у штучному підвищенні тиску. Це досягається за допомогою насосних станцій другого підйому, які встановлюються у стратегічно важливих точках, найчастіше – в місцях переходу трубопроводів з нижньої до верхньої зони. Насосні агрегати підбираються відповідно до витрати води, необхідного напору та тривалості роботи в пікові години, що визначається шляхом гідравлічного моделювання системи.

Розміщення таких об’єктів безпосередньо впливає на трасування мережі. При проєктуванні необхідно забезпечити:

- мінімальні втрати напору на терті у ділянках підводу до насосних станцій; зручність обслуговування та доступ до регулювальної арматури;

- оптимізацію довжини трубопроводів, що знижує витрати на будівництво та експлуатацію;
- технічну безпеку в умовах перепадів висот і гідродинамічних навантажень.

Крім того, особливе значення має узгодженість трасування з іншими інженерними комунікаціями, дорожньо-транспортною інфраструктурою та забудовою міського середовища. З огляду на це, на етапі планування проєкту часто застосовуються інформаційно-географічні системи (GIS) [14] та гідравлічні симуляційні платформи (наприклад, EPANET) [15], які дозволяють віртуально протестувати функціонування мережі за різних сценаріїв навантаження.

Таким чином, гідравлічний розрахунок тиску і грамотне розміщення ключових елементів системи (насосних станцій, редукторів тиску, резервуарів) [16] є базовими чинниками, що визначають ефективність і довговічність роботи двозонної системи водопостачання. Їх правильне впровадження знижує ризики аварійності, забезпечує стабільну подачу води та оптимізує енерговитрати в усьому циклі експлуатації.

Важливо дотримуватися оптимальної довжини водогонів у кожній зоні, з урахуванням допустимих втрат напору. Наприклад, при проєктуванні системи з баком-акумулятором у верхній зоні його розміщення повинне враховувати не тільки гідравлічні, а й топографічні особливості місцевості, щоби забезпечити самоплив води у разі відключення насосного обладнання [17].

Місця з’єднання між нижньою та верхньою зонами мають бути обладнані запірною арматурою, вузлами регулювання тиску та вузлами обліку води. Такі з’єднання дозволяють гнучко реагувати на зміну водоспоживання в обох зонах та здійснювати профілактичне обслуговування без зупинки всієї системи [18].

На практиці двозонні системи застосовуються у містах зі складним рельєфом, як-от Львів, Івано-Франківськ або Ужгород, де між частинами міста спостерігається значна різниця у висотах. Наприклад, у Львові верхня зона охоплює райони Сихова і Високого замку, а нижня — центральну частину міста.

Це дозволяє раціонально розподіляти ресурси та уникати пошкодження трубопроводів через надлишковий тиск [19].

На практиці двозонні системи водопостачання знаходять широке застосування у містах з вираженим перепадом рельєфу, де різниця у висотах між найнижчою та найвищою точками може сягати десятків метрів. До таких населених пунктів належать, зокрема, Львів, Івано-Франківськ, Ужгород, де геоморфологічна будова території ускладнює реалізацію класичних однозонних рішень. У подібних умовах використання єдиної зони водопостачання призводить до значного перевищення нормативного тиску в низькорозташованих районах і, як наслідок, — до гідравлічних перевантажень, підвищеного зносу трубопроводів і зростання частоти аварійних ситуацій. На рис. 1.7 показана двозонна система водопостачання м. Львів.

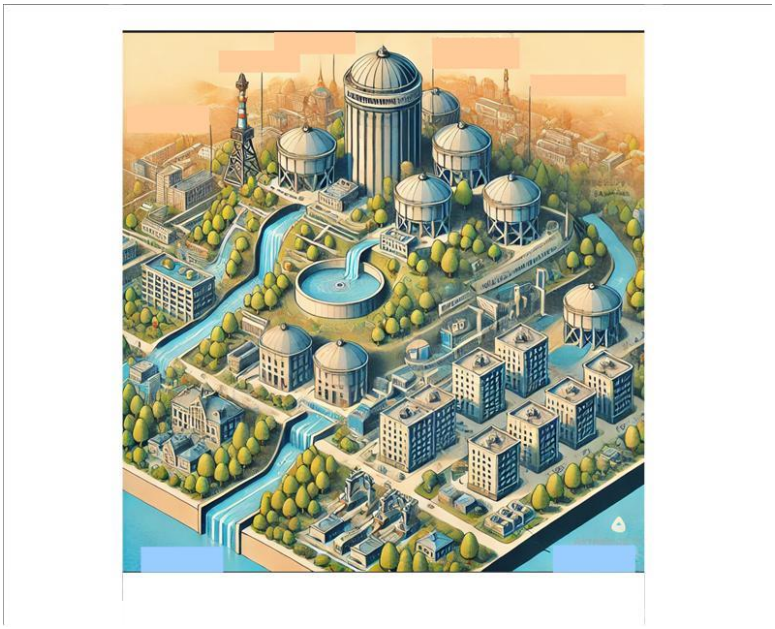


Рисунок 1.7 – Система водопостачання м. Львів

Так, у місті Львові рельєф змінюється від 270 м до понад 410 м над рівнем моря. Ця особливість чітко поділяє місто на гідравлічно неоднорідні райони. Верхня зона охоплює райони, розташовані на височинах, зокрема Сихівський масив, Високий замок, частково вул. Пасічну та інші підвищені території, де природний тиск у мережі виявляється недостатнім для забезпечення

водопостачання на верхні поверхи будівель. Для цього у верхній зоні застосовуються насосні станції другого підйому, а також локальні водонапірні резервуари, які стабілізують тиск у системі.

Нижня зона включає такі райони, як центр міста (Галицький район), Залізничний та Франківський райони, де відмітки рельєфу є значно нижчими. У випадку відсутності зонального поділу тиск в мережі цих районів може перевищувати допустимі значення (наприклад, понад 6 атм), що спричиняє аварійність мереж, особливо в зношених сталевих трубах. В межах нижньої зони встановлюються редукційні клапани (регулятори тиску), що дозволяє підтримувати тиск в межах нормативних показників (0,3–0,6 МПа) згідно з ДБН В.2.5-74:2013 [4].

Таким чином, зонування системи водопостачання дозволяє:

- забезпечити надійність і безперебійність подачі води споживачам у всіх районах міста незалежно від їхньої висотної характеристики;
- знизити експлуатаційне навантаження на інженерну інфраструктуру;
- оптимізувати витрати електроенергії на підйом води;
- запобігати гідроударним явищам і аварійним проривам труб.

Отже, поділ на гідравлічні зони є технічно обґрунтованим рішенням, що враховує специфіку рельєфу, забудови та динаміку водоспоживання, а також сприяє підвищенню ефективності управління міською системою водопостачання.

РОЗДІЛ 2. ВИЗНАЧЕННЯ ПАРАМЕТРІВ ДЛЯ ГІДРАВЛІЧНИХ РОЗРАХУНКІВ МЕРЕЖ

2.1 Аналіз містобудування та визначення розрахункової кількості населення

Генплан населеного пункту представлений на листі №1 графічної частини. Територія має загальну площу 417,04га, з урахуванням щільності населення та особливстей забудови поділяється на три райони:

перший район має п’ятиповерхову забудову загальною площею 182 га; та обладнаний внутрішнім водопроводом та каналізацією, ваннами з місцевими водонагрівачами; щільність населення 150 чол/га;

другий район має дев’ятиповерхову забудову загальною площею 107,2 га; ступінь благоустрою з централізованим гарячим водопостачанням; щільність населення 390 чол/га;

третій район має трьохповерхову забудову загальною площею 87 га; обладнаний внутрішнім водопроводом та каналізацією, ваннами з місцевими водонагрівачами; щільність населення 220 чол/га;

На території розташовані два промислових підприємства, які використовують воду з міського водопроводу.

Таблиця 2.1 – Характеристика промислових підприємств

№ підпр	Кількість працюючих по змінах	Кількість працюючих в гар. цехах, %	Характер-ристика технол. процесу	Витрати води на промислові потреби, $м^3$/доб	Об’єм найбільшої будівлі, тис.$м^3$	Ступінь вогнестій-кості конструкції
п/п 1	500 300	10	Іа, II в	5600	25000	II кат Д
п/п 2	700 600	40	Іа, Іб	7475	15000	I кат Г

Кількість населення в кожному районі визначається за формулою:

$$N_i = P_i \times F_i, \qquad (2.1)$$

де P_i – щільність населення, чол/га;

F_i – площа району міста, га.

$$N_I = 150 \times 182 = 27279 \text{ чол.}$$

$$N_{II} = 390 \times 107{,}2 = 41792 \text{ чол.}$$

$$N_{III} = 220 \times 87 = 19109 \text{ чол.}$$

Загальна кількість населення : 88180 чол.

2.2 Визначення розрахункових витрат води

Визначаються наступні витрати води для міста і промислового підприємства:

- витрата на господарсько-питні потреби міста та пожежогасіння;
- витрата на полив вулиць и зелених насаджень;
- витрата на господарсько-питні потреби, технологічні потреби і на прийняття душу на двох промислових підприємствах;

Витрата води на господарсько-питні потреби, полив вулиць і зелених насаджень визначають окремо для кожного району.

Середньодобова витрата води для кожного району, $м^3$/доб.:

$$Q_{доб.i} = N_i \times q_i / 1000, \qquad (2.2)$$

де q_i – питоме водоспоживання на 1-го мешканця, л/доб ,приймається за [4, п.6.1.1, табл.1] з урахуванням благоустрою району.

$q_1 = 210$ л/доб; $q_2 = 350$ л/доб; $q_3 = 230$ л/доб;

N_i – розрахункова кількість мешканців і-го району, чол.

Оскільки витрата господарського – питної води не є постійною та змінюється протягом року, при проектуванні необхідно визначити розрахункові витрати води для окремих районів в добу найбільшого і найменшого водоспоживання:

$$Q_{доб.максі} = K_{доб.максі} \times Q_{доби}, \quad (2.3)$$

$$Q_{доб.мініі} = K_{доб.мініі} \times Q_{доб}, \quad (2.4)$$

де $K_{доб.максі}$ $K_{доб.мініі}$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання і-го району [1, п. 6.1.2].

Приймається для всіх районів ($K_{доб.макс.}$ =1,2. $K_{доб..мін.}$ = 0,9)

Розрахунок по визначенню добових витрат зведений у табл.2.2.

Таблиця 2.2 – Добові витрати води на господарсько –питні потреби міста

Район міста	Розрахункова кількість, чол.	Питома водопотреба	Коеффіцієнт добової нерівномірності		Добові витрати води м^3/доб		
			Кдоб max	Кдоб mix	Qi	Qiдоб max	Qiдоб mix
I	27279	210	1,2	0,9	5728,6	6874,31	5155,73
II	41792	350	1,2	0,9	14627	17552,6	13164,5
III	19109	230	1,2	0,9	4395,1	5274,08	3955,56
Всього					24750,9	29701,03	22275,77

Витрати на поливку вулиць і зелених насаджень протягом доби визначається за [4, табл. А2], за витратою води з розрахунку на 1-ого мешканця, яка приймається 80 л/доб.люд. Із загальної витрати води на поливку 40% використовують двірники, 60% – поливальні машини. Розрахунок водоспоживання на поливку вулиць і зелених насаджень зводиться в табл. 2.3.

Таблиця 2.3 – Добові витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень

Район міста	Розрахункова кількість населення, чол	Питома витрата на поливку л/доб чол	Добова витрата води на поливку, м3 / доб		
			Всього по району	Двірниками	Поливальними машинами
1	27279	80	2182,32	872,928	1309,392
2	41792	80	3343,36	1337,344	2006,016
3	19109	80	1528,72	611,488	917,232
Всього	88180		7054,4	2821,76	4232,64

Витрата води на промислових підприємствах складається з витрат на господарсько-питні потреби робітників, прийняття душу й виробничі потреби підприємства. На першому підприємстві в гарячих цехах працює 10% робітників, а 90% у холодних. На другому підприємстві в гарячих цехах працює 40%, а в холодних – 60% робітників. Розрахунки по визначенню витрат на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на підприємстві, представлені в таблиці 2.4.

Таблиця 2.4 – Добові витрати на господарсько-питні потреби робітників

Зм	Кількість робочих люд.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Загальна витрата води м3
		кількість робітників люд.	Норма витрати води л/люд.	Витрати води м3	кількість робітників люд.	Норма витрати води л/люд.	Витрати води м3	
ПІДПРИЄМСТВО № 1								
1	500	50	45	2,25	450	25	11,25	13,5
2	300	30	45	1,35	270	25	6,75	8,1
Всього	4400	2200		3,6	2200		18	21,6
ПІДПРИЄМСТВО № 2								
1	700	280	45	12,6	420	25	10,5	23,1
2	600	240	45	10,8	360	25	9	19,8
Всього	1300	520		23,4	960		19,5	42,9

Витрата води на користування душем на промисловому підприємстві визначається за формулою:

$$Q=0,5\times\Sigma N_i/n_i, \qquad (2.5)$$

де 0,5 – годинна витрата води на 1-ну душову сітку, м^3 [20];

N_i – кількість робітників в цехах з і-тою санітарною характеристикою виробничого процесу;

n_i – розрахункова кількість людей на 1-ну душову сітку для і-той санітарною характеристикою виробничого процесу;

Розрахунки по визначенню витрат води на використання душу на промпідприємствах представлені в табл.2.5.

Таблиця 2.5 – Витрата води на користування душем на промислових підприємствах

Цех	Кількість робітників по змінах, чол		Категорія виробництва	Кіл. чол. на	Кількість робочих душових сіток, шт		Питома витрата на 1 д.с	Витрата води по змінах	
	I	II		1 д.с.	I	II	$м^3$	I	II
ПІДПРИЄМСТВО №1									
Гор.цеха	50	30	1А	5	10	6	0,5	5	3
Хол.цеха	450	270	1В	5	90	54	0,5	45	27
Всього	500	300						50	30
ПІДПРИЄМСТВО №2									
Гор.цеха	280	240	1А	5	56	48	0,5	28	24
Хол.цеха	420	360	1Б	5	84	72	0,5	42	36
Всього	700	600						70	60

Витрати води на виробничі потреби на першому підприємстві $Q_{I} = 5600$ $м^3$/доб на другому підприємстві $Q_{II} = 7475$ $м^3$/доб. Розрахункова витрата на пожежогасіння і кількість одночасних пожеж для житлової забудови прийнято за [4, табл.5]: 35 л/с на одну зовнішню пожежу і 5 л/с на одну внутрішню пожежу при 2-х одночасних пожежах в місті. Розрахункова витрата на пожежогасіння промислових підприємств прийнята: 20 л/с – на першому підприємстві що відповідає I, II ступені вогнестійкості споруди промислового підприємства при пожежній небезпечності виробництва на ньому відповідаючих категорії А,Б,В; 10л/с – на другому підприємстві, I, II ступені вогнестійкості, категорії Г,Д,Е.

Розрахункова витрата води на пожежогасіння в місті :

$$Q_{пож.} = 2\times(35+5)+0,5\times(20+10) = 95 \text{ л/с}.$$

При розрахунковій тривалості гасіння пожежі, яка дорівнює 3 години, об’єм води на потреби пожежогасіння :

$$W_{п} = 3\times3600\times Q_{пож.}/1000, \quad (2.6)$$

$$W_{п} = 3\times3600\times95/1000 = 1026 \text{ } м^3.$$

Загальні витрати води зведені в таблицю А.1 в додатку А.

РОЗДІЛ 3. ГІДРАВЛІЧНІ РОЗРАХУНКИ МЕРЕЖ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ

Варіанти для розробки мереж транспортування води відрізняються особливостями рельєфу місцевості за варіантом А) найвищі геодезичні позначки розташовані поблизу місці приєднання водоводів до мережі, за варіантом Б-найвищі позначки спостерігаються у протилежному боці-в кінці мережі. Тому прийняті схеми відрізняються розташуванням водонапірної башти, кількістю розрахункових гідравлічних режимів та особливістю експлуатації насосного обладнання**.**

3.1 Трасування водопровідної мережі та її конструктивні особливості

3.1.1 Особливості мережі транспортування води за варіантом А

На схемі водопровідної мережі водонапірна башта підключена у найвищій точці системи на відмітці 80 м – у місці з'єднання водоводів із мережею (вузол №3), як показано на рис. 3.1.

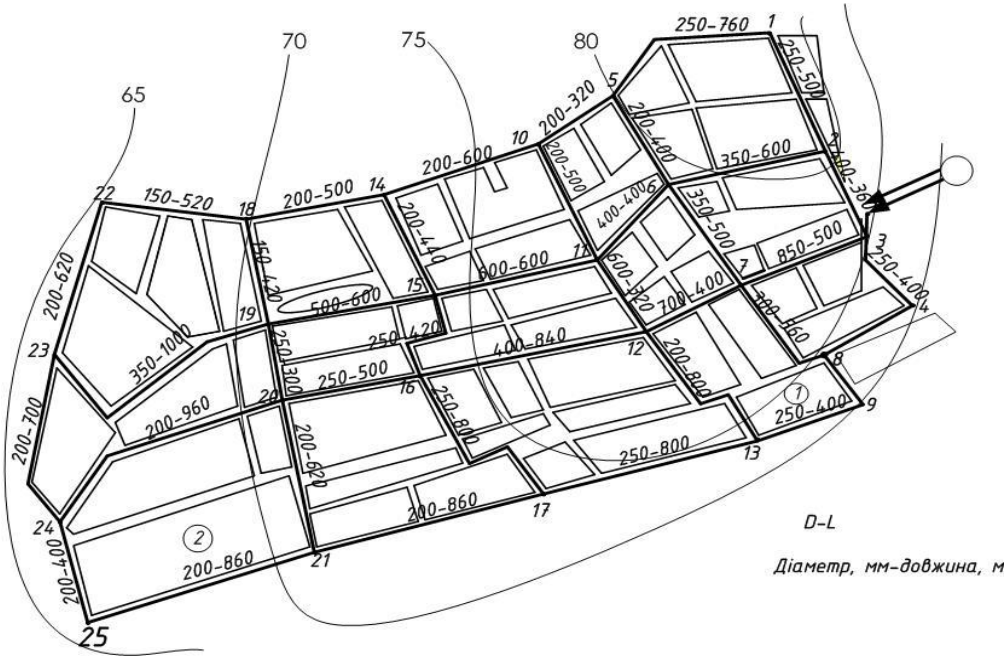


Рисунок 3.1 – Трасування мережі (варіант А)

Для розрахунків приймається варіант, де башта розташована на початку мережі. Схема водопровідної мережі складається з 15 контурів, 25 вузлів та 39 ділянок, що відповідає теоремі Ейлера [20]:

$$n + m = p + 1, \qquad (3.1)$$

де n – кількість контурів; m – кількість вузлів; p – кількість ділянок.

3.1.2 Особливості мережі транспортування води за варіантом Б

Для мережі транспртування вди за варіантом Б обирається однозонна система водопостачання з баштою в кінці мережі, як показано на рис. 3.2.



Рисунок 3.2 – Трасування мережі (варіант Б)

Вода від насосної станції другого підйому подається до водопровідної мережі двома водоводами довжиною 2500 м. До магістральної мережі водоводи примикають в точці 16. Територія населенного пункту трасується у вигляді 13 кілець, 25 вузлів та 37 ділянок.

Водопостачання жилих кварталів населенного пункту здійснюється за допомогою кільцевої водопровідної мережі, що складається з ліній та перемичок які прокладено по всіх вулицях і проїздах. При такому трасуванні сумарна довжина магістральної мережі міста 16730 м. На території міста знаходяться два промислових підприємства , які забезпечуються водою від вузлових точок мережі : ПП № 1 від вузла 2, ПП № 2 від вузла 4.

3.2 Особливості характерних режимів роботи мережі

3.2.1 Обгрунтування гідравлічних режимів роботи для водопровідної мережі за варіантом А

Враховуючи розташування башти на початку мережі, водопровідна система розраховується для двох режимів роботи:

- режиму максимального споживання води;
- режиму пожежогасіння в період максимального водоспоживання.

В годину максимального водорозбору (8-9) з баку витрачається 1,03 % $Q_{доб}$ або 169,7 л/с (табл. 2.6), швидкість руху води при Д=300 мм становить 1,17 м/с, 1000i=6,90, втрати напору у водоводах від башти до мережі 1,15×100×0,00690=0,80 м.

Розрахунок об'єму води для пожежогасіння виконується відповідно до [4, п. 6.2] і становить 150 л/с.

3.2.2 Обгрунтування гідравлічних режимів роботи для водопровідної мережі за варіантом Б

Водопровідна башта влаштована на найвищих геодезичних позначках, які знаходяться в протилежному місці відносно приєднання водоводів до мережі, тому до розробки приймається схема водопровідної мережі з контррезервуаром. Для схеми з контррезервуаром прийняті наступні розрахункові режими:

-година максимального водоспоживання;

-година максимального водоспоживання при пожежогасінні;

-година максимального транзиту в башту (21 – 22 год)

Максимальний годинний відбір води спостерігається в період з 8:00 до 9:00 і становить 3246,69 м³. Максимальний транзит води відбувається з 21:00 до 22:00, коли з мережі споживається 1825,78 м³. У цей час насоси подають 2690,6 м³/год, з яких 861,8 м³/год надходить у водонапірну башту. В системах з контррезервуаром рух води по ділянках мережі визначається співвідношенням напорів і витрат води, які забезпечуються спільною роботою насосів та башти.

3.3 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат

3.3.1 Розрахунки для схеми транспортування води за варіантом А

Питома витрата для і-го району при максимальному водоспоживанні визначається за формулою:

$$q_{пит.i} = (Q_i - \Sigma Q_{ci}) / \Sigma l_i \ , \qquad (3.2)$$

де Q_i – повна витрата води для і-го району, що відбирається з мережі при максимальному водоспоживанні, л/с;

ΣQ_{ci} – сумарна зосереджена витрата в і-му районі, л/с;

Σl_i – загальна розрахункова довжина магістральної лінії і-го району, м.

Для 1-го району $q_{пит.1} = \frac{(313.34 + 59.6 + 57.5) / 3{,}6}{4180} = 0{,}0286 л/с \cdot м$;

для 2-го району $q_{пит2} = \frac{(1424.9 + 228.8 + 220.7) / 3.6}{7060} = 0.07374 л/с \cdot м$;

для 3-го району $q_{пит2} = \frac{(356.7 + 70 + 67.5) / 3.6}{6250} = 0.02196 л/с \cdot м$;

Шляхові витрати ділянок визначені за формулою:

$$Q_{шл} = q_{пит.і} \times l_{діл}, \qquad (3.3)$$

де $l_{діл}$ – розрахункова довжина ділянки, що розглядається, м.

Розрахунок шляхових витрат ділянок для випадку максимального водоспоживання представлено в табл. 3.1.

Таблиця 3.1 – Шляхові витрати для режиму максимального водоспоживання

№	Нумер ділянки	Розрахункова довжина, м	Питома витрата, $q_{пит.і}$,л/с*м	Шляхова витрата, $Q_{шл}$,л/с
1	1-2	500	0,02196	10,98
2	2-3	360	0,02196	7,91
3	3-4	400/2	0,02196	4,39
4	5-6	400	0,02196	8,78
5	6-7	500	0,02196	10,98
6	7-8	560	0,02196	12,30
7	8-9	260/2	0,02196	2,85
8*	10-11	500	**0,0478**	23,90
9*	11-12	320	**0,0478**	15,30
10*	12-13	800	**0,0478**	38,24
11	14-15	440	0,07374	32,45
12	15-16	420	0,07374	30,97
13	16-17	800	0,07374	59,00
14*	18-19	420	**0,05117**	21,50
15*	19-20	300	**0,05117**	15,45
16*	20-21	620	**0,05117**	31,73
17	22-23	620/2	0,0286	8,87
18	23-24	700/2	0,0286	10,01
19	24-25	400/2	0,0286	5,80
20	1-5	760/2	0,02196	8,34
21	2-6	600	0,02196	13,18
22	3-7	500	0,02196	10,98
23	4-8	300/2	0,02196	3,29
24	5-10	320/2	0,02196	3,51
25	6-11	400	0,02196	8,78
26	7-12	400	0,02196	8,78
27	9-13	400/2	0,02196	4,39
28	10-14	600/2	0,07374	22,12
29	11-15	600	0,07374	44,24
30	12-16	840	0,07374	61,94
31	13-17	800/2	0,07374	29,50
32	14-18	500/2	0,07374	18,44
33	15-19	600	0,07374	44,24

34	16-20	500	0,07374	36,87
35	17-21	860/2	0,07374	31,71
36	18-22	520/2	0,0286	7,44
37	19-23	1000	0,0286	28,60
38	20-24	960	0,0286	27,46
39	21-25	860/2	0,0286	12,30
		17490		777,52

Розрахунок вузлових витрат для режиму максимального водоспоживання представлено в табл. 3.2.

Таблиця 3.2 – Вузлові витрати для режиму максимального водоспоживання

	Ділянки, що примикають до вузла	$(\Sigma Q_{шл})_{вузл}$,	$Q_{вузл\ j} = 0,5 \times (\Sigma Q_{шл})_{вузл}$ (л/с)
1	1-5	8,34	
	1-2	10,98	9,66
2	1-2	10,98	
	2-3	7,91	16,03
	2-6	13,18	
3	2-3	7,91	
	3-4	4,39	11,64
	3-7	10,98	
4	3-4	4,39	
	4-8	3,29	3,84
5	1-5	8,34	
	5-6	8,78	10,32
	5-10	3,51	
6	6-5	8,78	
	6-2	13,18	20,86
	6-7	10,98	
	6-11	8,78	
7	3-7	10,98	
	6-7	10,98	21,52
	7-8	12,3	
	7-12	8,78	
8	4-8	3,29	
	7-8	12,3	9,22
	8-9	2,85	
9	8-9	2,85	
	9-13	4,39	3,62
10	10-11	23,9	
	10-14	22,12	24,8

	6-11	8,78	
11	10-11	23,9	
	11-12	15,3	46,11
	11-15	44,24	
	7-12	8,78	
12	11-12	15,3	
	12-13	38,24	62,1
	12-16	61,94	
	9-13	4,39	
13	12-13	38,24	
	13-17	29,5	36,1
	10-14	22,12	
14	14-15	32,45	
	14-18	18,44	36,5
	11-15	44,24	
15	14-15	32,45	
	15-19	44,24	75,95
	15-16	30,97	
	15-16	30,97	
16	12-16	61,94	
	16-17	59	94,39
	13-17	29,5	
	17-21	31,71	
17	14-18	18,44	60,1
	18-19	21,5	
	18-22	7,44	
18	18-19	21,5	23,68
	15-19	44,24	
	19-20	15,45	
19	19-23	28,6	54,9
	19-20	15,45	
	16-20	36,87	
	20-21	31,73	
20	20-24	27,46	55,8
	20-21	31,73	
	17-21	31,71	
	21-25	12,3	37,87
21	18-22	7,44	
	22-23	8,87	8,16
	22-23	8,87	
22	19-23	28,6	
	23-24	10,01	23,7

23	20-24	27,46	
	23-24	10,01	
	24-25	5,8	21,6
24	24-25	5,8	
	21-25	12,3	9.05
		1555,04	772.52

3.3.2 Розрахунки для схеми транспортування води за варіантом Б

Питомі витрати для режиму максимального водоспоживання:

$$q_{пит1} = 158,4 / 8540 = 0,0185 \text{ л/с} \times \text{м};$$

$$q_{пит2} = 390,96 / 4420 = 0,0885 \text{ л/с} \times \text{м};$$

$$q_{пит3} = 124,4 / 3770 = 0,033 \text{ л/с} \times \text{м}.$$

Питомі витрати для режиму транзиту:

$$q_{пит1} = 80,2 / 8540 = 0,0094 \text{ л/с} \times \text{м};$$

$$q_{пит2} = 146,27 / 4420 = 0,033 \text{ л/с} \times \text{м};$$

$$q_{пит3} = 52,74 / 3770 = 0,01 \text{ л/с} \times \text{м}.$$

Результати розрахунків представлені в таблицях: 3.3, 3.4, 3.5, 3.6, 3.7.

Таблиця 3.3 – Шляхові витрати для режиму максимального водоспоживання

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Питома витрата		Шляхова витрата
1	470	0,0185		8,7
2	320	0,0185		5,92
3	310	0,0185		5,74
4	250	0,0185		4,63
5	500	0,0185		9,25
6	360	0,0185		6,67
7	600	0,0185		11,1
8	270	0,0185		5
9	460	0,0185		8,52
10	220	0,0185		4,1
11	900	0,0185		16,65
12	640	0,0185		11,85
13	640	0,0185		11,85
14	210	0,0185		3,89
15	480	0,0185		8,88
16	460	0,0185		8,51
17	230	0,0185		4,26
18	220	0,0185		4,1
19	370	0,0185	0,0885	39,6
20	320	0,0185	0,0885	34,24
21	180	0,0185	0,0885	19,26
22	130	0,0185		2,41
23	430	0,0885		38,1
24	860	0,0885		76,11
25	860	0,0885		76,11
26	350	0,0885		30,97
27	210	0,0885		18,58
28	200	0,0885	0,033	24,3
29	320	0,0885	0,033	38,88
30	320	0,0885	0,033	38,88
31	350	0,033		11,55
32	700	0,033		23,1
33	700	0,033		23,1
34	320	0,033		10,56
35	210	0,033		6,93
36	320	0,033		10,56
37	330	0,033		10,9
Всього				673,76

Таблиця 3.4 – Вузлові витрати для режиму максимального водоспоживання (варіант Б)

№ вузла	ділянки	(∑Qшл)вузл	Qвузл
1	1,4	13,33	6,67
2	1,2,5	23,87	11,94
3	2,3,6	18,33	9,17
4	3,8	10,76	5,38
5	4,11,14	25,17	12,58
6	5,11,12,15	46,63	23,32
7	6,7,9	26,3	13,15
8	7,8,10	20,2	10,1
9	9,12,13,16	40,73	20,36
10	10,13,17	20,22	10,11
11	14,18	8	4
12	18,19,23	81,8	40,9
13	15,19,20,24	158,83	79,42
14	16,20,21,25	138,12	69,06
15	21,22,26	52,64	26,32
16	17,22	6,67	3,34
17	23,28,31	73,96	36,98
18	24,28,29,32	163,4	81,2
19	25,29,30,33	176,78	88,49
20	26,27	49,56	24,78
21	27,30,34	68,02	34,01
22	31,35	18,48	9,24
23	32,35,36	40,6	20,3
24	33,36,37	44,56	22,28
25	34,37	21,46	10,73
			673,76

Таблиця 3.5 – Вузлові при пожежогасінні (варіант Б)

№ вузла	ділянки	(∑Qшл)вузл	Qвузл
1	1,4	13,33	6,67
2	1,2,5	23,87	26,94
3	2,3,6	18,33	9,17
4	3,8	10,76	5,38
5	4,11,14	25,17	12,58
6	5,11,12,15	46,63	23,32
7	6,7,9	26,3	13,15
8	7,8,10	20,2	10,1
9	9,12,13,16	40,73	20,36
10	10,13,17	20,22	10,11
11	14,18	8	4
12	18,19,23	81,8	80,9
13	15,19,20,24	158,83	79,42
14	16,20,21,25	138,12	69,06
15	21,22,26	52,64	26,32
16	17,22	6,67	3,34
17	23,28,31	73,96	36,98
18	24,28,29,32	163,4	121,2
19	25,29,30,33	176,78	88,49
20	26,27	49,56	24,78
21	27,30,34	68,02	34,01
22	31,35	18,48	9,24
23	32,35,36	40,6	20,3
24	33,36,37	44,56	22,28
25	34,37	21,46	10,73
			768,76

Таблиця 3.6 – Шляхові витрати для режиму транзиту (варіант Б)

№ ділянки	Довжина ділянки, м	Питома витрата		Шляхова витрата
1	470	0,0094		4,4
2	320	0,0094		3
3	310	0,0094		2,9
4	250	0,0094		2,3
5	500	0,0094		4,7
6	360	0,0094		3,3
7	600	0,0094		5,6
8	270	0,0094		2,5
9	460	0,0094		4,3
10	220	0,0094		2
11	900	0,0094		8,4
12	640	0,0094		6
13	640	0,0094		6
14	210	0,0094		1,9
15	480	0,0094		4,5
16	460	0,0094		4,3
17	230	0,0094		2,1
18	220	0,0094		2
19	370	0,0094	0,033	15,6
20	320	0,0094	0,033	13,5
21	180	0,0094	0,033	7,6
22	130	0,033		4,2
23	430	0,033		14,1
24	860	0,033		28,3
25	860	0,033		28,3
26	350	0,033		11,5
27	210	0,033		6,9
28	200	0,033	0,014	9,4
29	320	0,033	0,014	15
30	320	0,033	0,014	15
31	350	0,014		4,9
32	700	0,014		9,8
33	700	0,014		9,8
34	320	0,014		4,4
35	210	0,014		2,9
36	320	0,014		4,4
37	330	0,014		4,6
				279, 5

Таблиця 3.7 – Вузлові витрати для режиму транзиту (варіант Б)

№вузл	ділянки	(∑Qшл)вузл	Qвузл
1	1,4	6,7	3,35
2	1,2,5	12,1	6,05
3	2,3,6	9,2	4,6
4	3,8	6,4	3,2
5	4,11,14	12,6	6,3
6	5,11,12,15	23,6	11,8
7	6,7,9	13,2	6,6
8	7,8,10	10,1	5,05
9	9,12,13,16	20,6	10,3
10	10,13,17	10,1	5,05
11	14,18	3,9	1,95
12	18,19,23	31,7	15,85
13	15,19,20,24	61,9	30,95
14	16,20,21,25	53,7	26,85
15	21,22,26	23,3	11,65
16	17,22	6,3	3,15
17	23,28,31	28.4	14,2
18	24,28,29,32	62,5	31,25
19	25,29,30,33	68,1	34,05
20	26,27	18,4	9,2
21	27,30,34	26,3	13,15
22	31,35	7,8	3,9
23	32,35,36	17,1	8,55
24	33,36,37	18,8	9,4
25	34,37	9	4,5
			279,5

3.4 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі

3.4.1 Вихідні розрахункові схеми мережі за варіантом А

Для розрахункових режимів виконано початковий потокорозподіл: результати для випадку максимального водоспоживання показано на рис. 3.3, для випадку пожежі при максимальному водоспоживанні – на рис. 3.4.

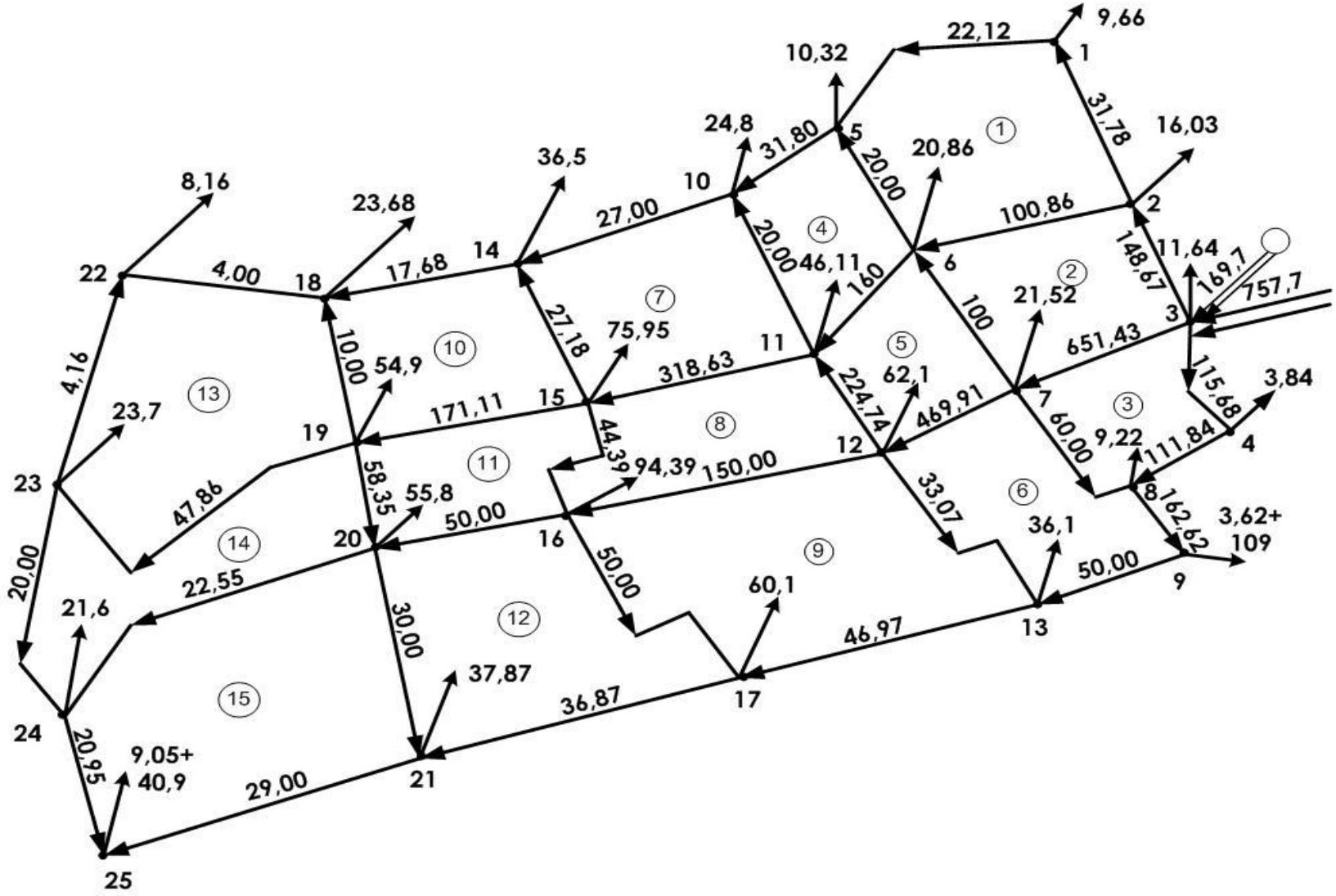


Рисунок 3.3 – Схема початкового потокорозподілу при максимальному водоспоживанні (варіант А)

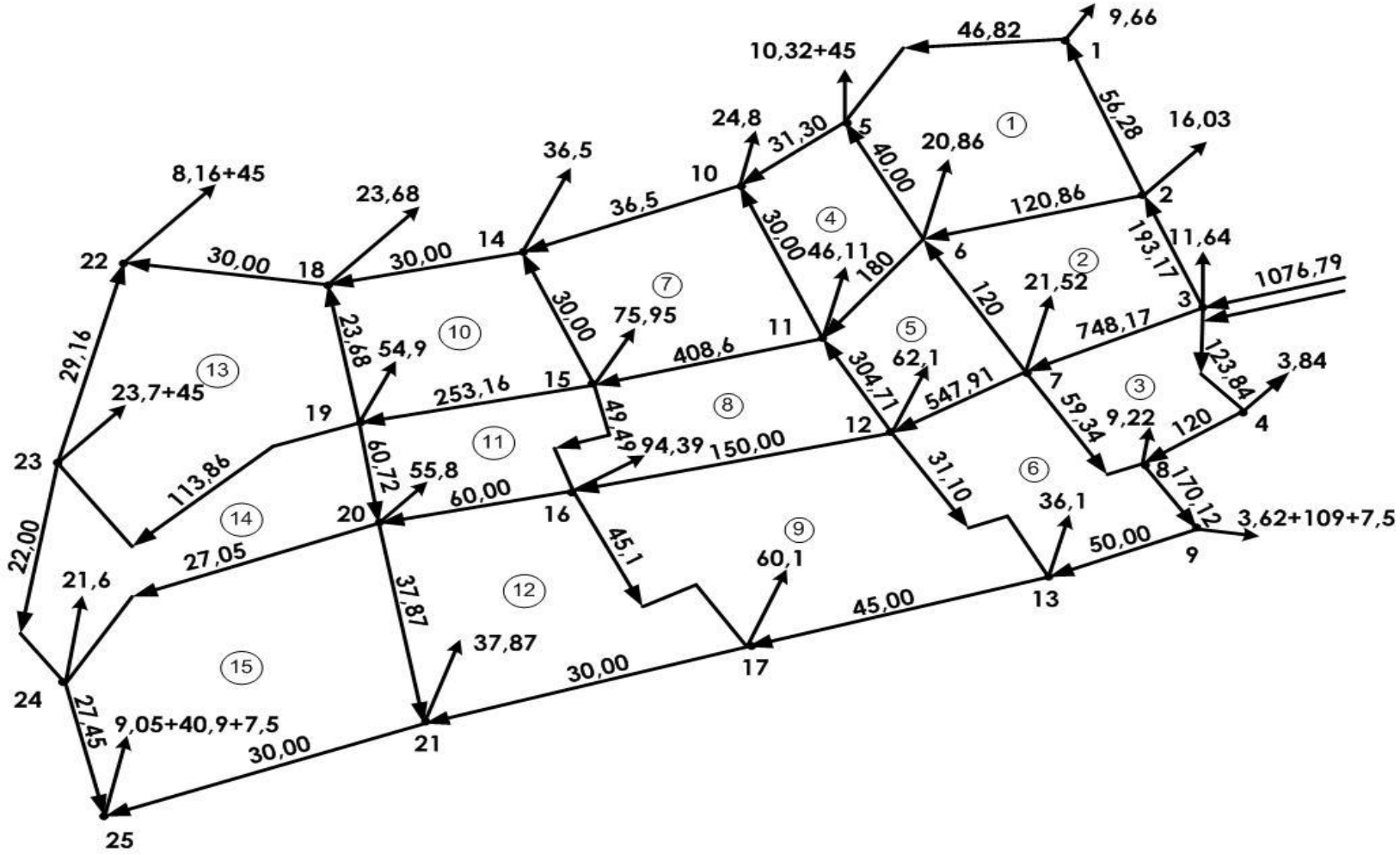


Рисунок 3.3 – Схема початкового потокорозподілу при пожежогасінні (варіант А)

Для визначення діаметру ділянок водопровідної мережі значення економічного фактору визначається за формулою:

$$E_{ф} = 3730\,\sigma \times \gamma / b, \qquad (3.4)$$

де σ – вартість 1 квт×рік електроенергії, грн.;

b – коефіцієнт для визначення вартості прокладки 1 метру водпровідної мережі, по табл. 15 [2];

γ – коефіцієнт нерівномірності витрати електроенергії:

$$\gamma = 0{,}56 / k^{3}_{н}, \qquad (3.5)$$

$k_н$ – коефіцієнт годинної нерівномірності.

Для $k = 1.4$ $\gamma = 0.56 / 1.4^{3} = 0.204$,

$$E_{б} = 3730 \times 0{,}12 \times 0{,}204 / 130 = 0{,}702.$$

Для отриманого значення $E_{ф}$ підбирається найближче значення $E_{табл}$=0,75.

Діаметр ділянки визначається за наведеною витратою, яка визначається по формулі :

$$q_{нав.i-k} = q_{i-k} \sqrt[3]{E_{ф} / E_{табл}}, \qquad (3.6)$$

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

Значення наведених витрат та визначених діаметрів ділянок зводяться в табл. 3.8.

Таблиця 3.8 – Визначення діаметрів ділянок (варіант А)

№	Ділянка	Код	Витрата в годину максимального водоспоживання, л/с	Витрата при пожежегасінні, л/с	Приведена витрата, л/с	Діаметр, мм
1		2	3	4	5	6
1	1-2	1-0	31,78	56,28	55,15	250
2	2-3	2-0	148,67	193,17	189,3	450
3	3-4	0-3	115,68	123,84	121,4	200
4	5-6	4-1	20	40	39,2	200
5	6-7	5-2	100	120	117,6	350
6	7-8	3-6	60	59,34	58,8	250
7	8-9	0-6	162,62	170,12	166,7	450
8	10-11	7-4	20	30	29,4	200
9	11-12	8-5	224,74	304,71	299	600
10	12-13	6-9	33,07	33,1	32,4	200
11	14-15	10-7	27,18	30,00	29,4	200
12	15-16	8-11	44,39	49,49	48,5	250
13	16-17	9-12	50	45,1	49	250
14	18-19	13,10	10,00	23,68	23,2	150
15	19-20	11-14	58,35	60,72	59,5	250
16	20-21	12-15	30	37,87	37,1	200
17	22-23	0-13	4,16	29,16	28,6	200
18	23-24	14-0	20,00	22,00	21,6	150
19	24-25	15-0	20,95	27,45	26,9	200
20	1-5	1-0	22,12	46,62	45,7	250
21	2-6	2-1	100,86	120,86	118,4	350
22	3-7	3-2	651,43	478,17	638,4	800
23	4-8	0-3	111,84	120	117,6	350
24	5-10	4-0	31,8	31,3	31,2	200
25	6-11	5-4	160	180	176,4	450
26	7-12	6-5	469,91	547,91	537	800
27	9-13	0-6	50	50	49	250
28	10-14	7-0	27	36,5	36,5	200
29	11-15	8-7	318,63	408,6	400,4	600
30	12-16	9-8	150	150	147	400
31	13-17	0-9	45	46,97	46	250

32	14-18	10-0	30	17,68	29,4	200
33	15-19	11-10	171,11	253,16	248	500
34	16-20	12-11	50	60	58,8	250
35	17-21	0-12	36,87	30	36,1	200
36	18-22	13-0	4	30	29,4	200
37	19-23	14-13	47,86	113,86	111,4	350
38	20-24	15-14	22,55	27,05	26,5	150

3.4.2 Вихідні розрахункові схеми мережі за варіантом Б

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

$$\sum q_{i-k} - Q_{вуз.} = 0, \qquad (3.7)$$

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

$Q_{вуз.}$ - відбір води із відповідного вузла.

За розрахункові витрати, згідно з якими визначаємо діаметр окремих ділянок, в системі з водонапірною баштою в початковій точці приймаємо розрахункові витрати цих ділянок для випадку максимального водорозбору.

Попередній потокорозподіл виконується на схемі мережі на рис. 3.5 для режиму максимального водорозбору, на рис. 3.6 для режиму пожежі в годину максимального водо розбору та на рис. 3.7 для режиму максимального транзиту води в башту.

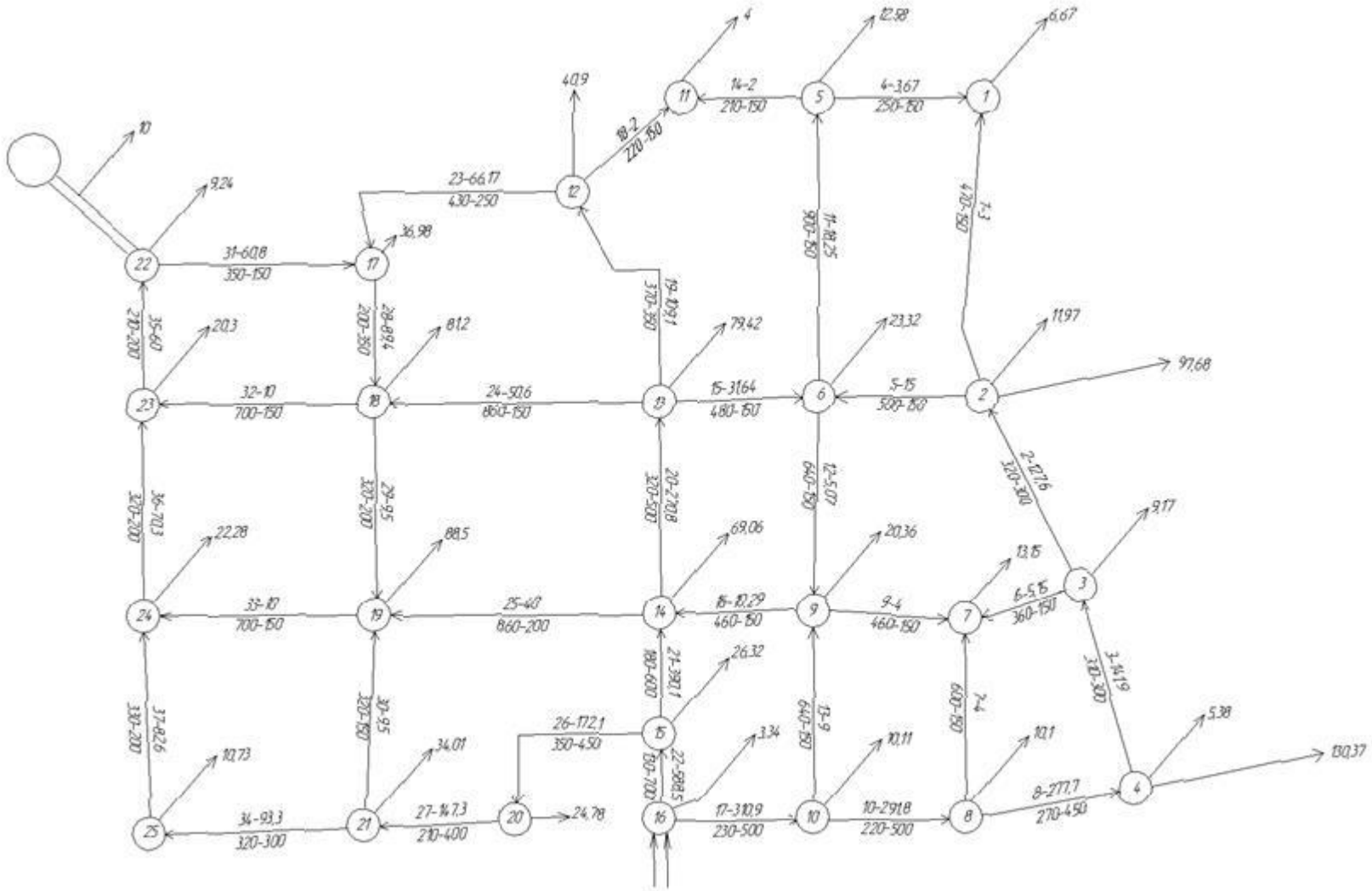


Рисунок 3.5 – Схема початкового потокорозподілу при максимальному водоспоживанні (варіант Б)

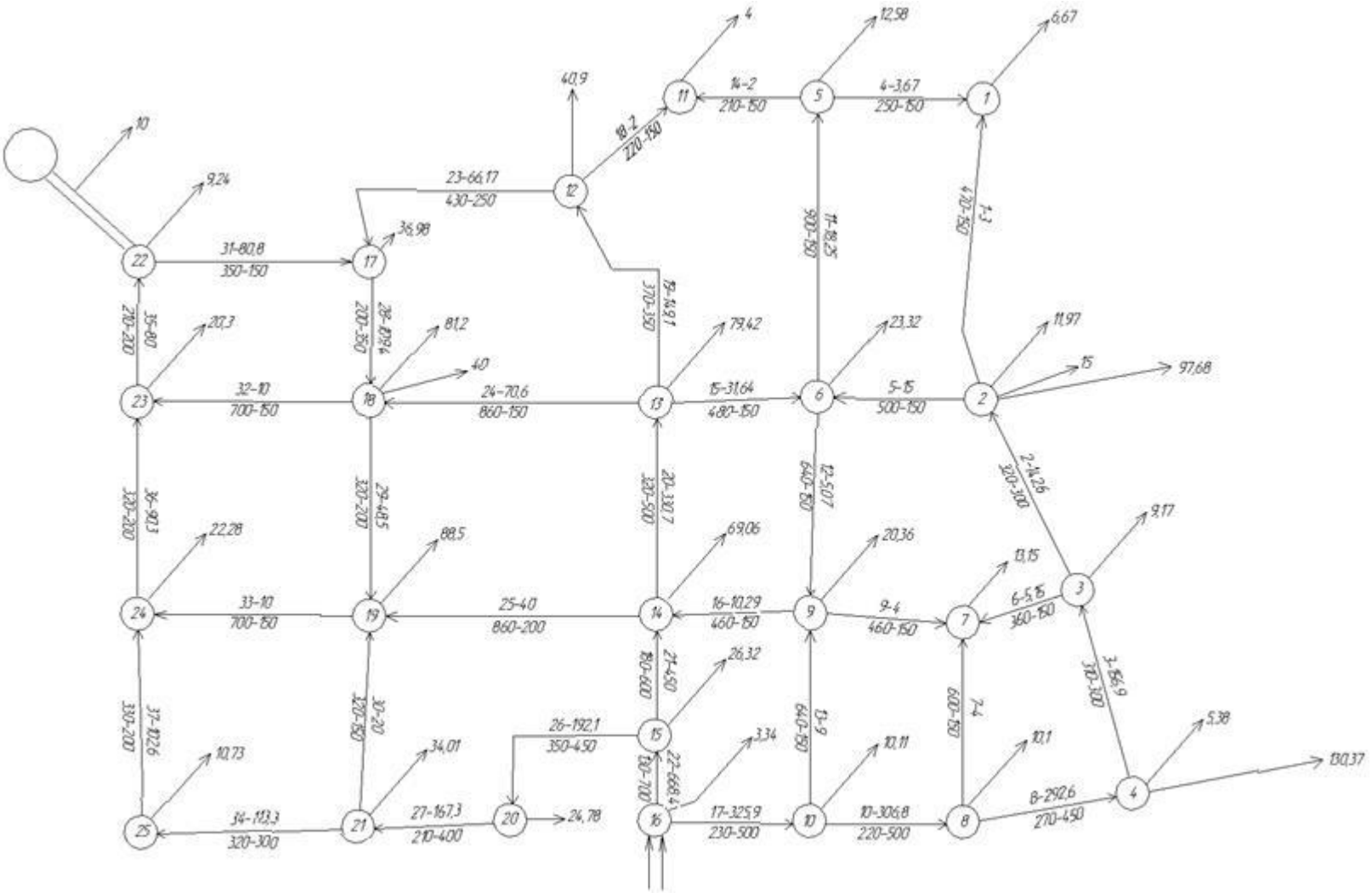


Рисунок 3.6 – Схема початкового потокорозподілу при максимальному водоспоживанні та пожежогасінні (варіант Б)

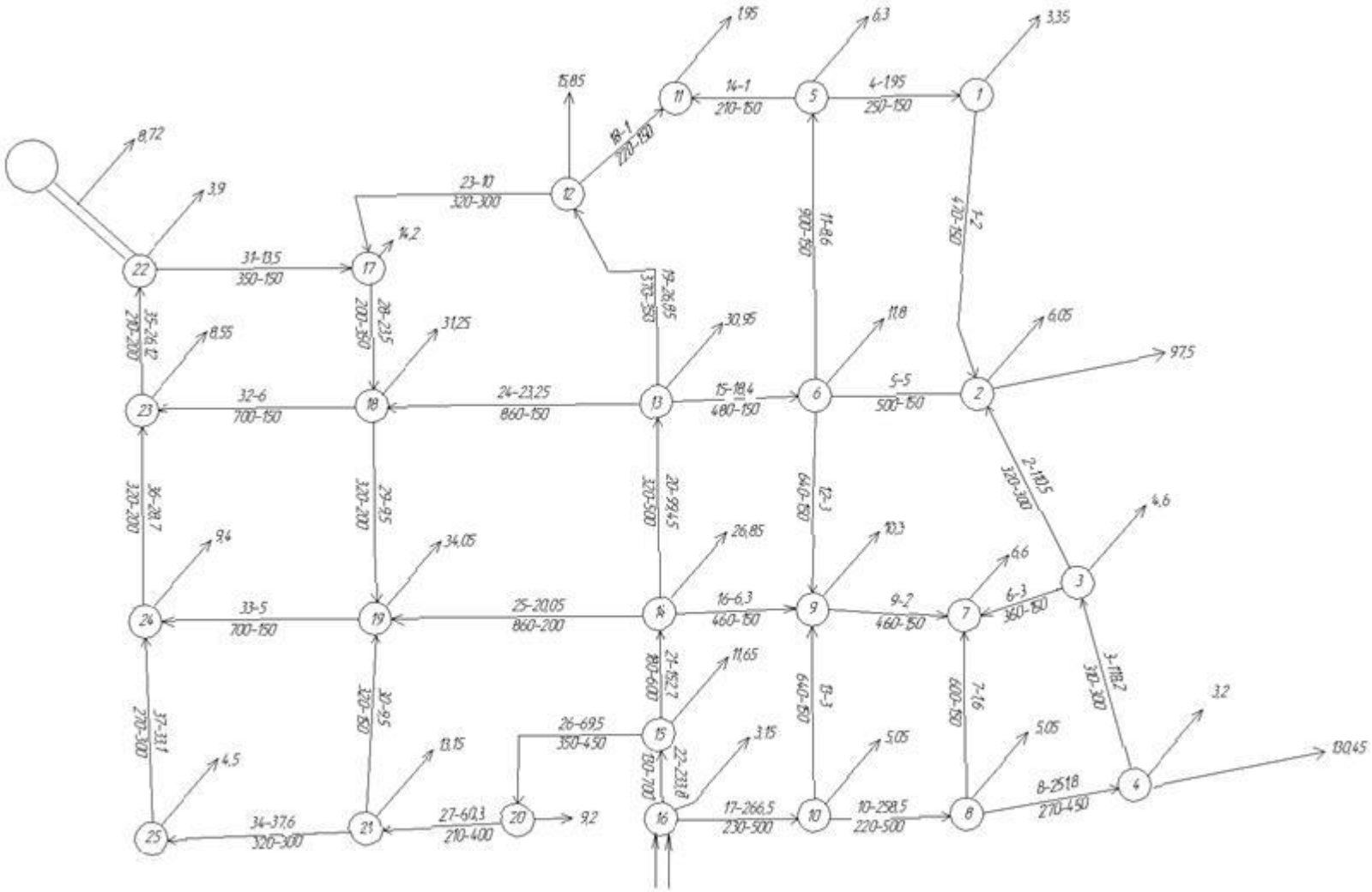


Рисунок 3.7 – Схема початкового потокорозподілу при максимальному транзиті води в башту (варіант Б)

Таблиця 3.9 – Визначення діаметрів ділянок (варіант Б)

№	№ діл.	$q_{мв}$, л/с	$q_{пож}$, л/с	$q_{тр, л/с}$	$q_{пр}$, л/с	D, мм
1	1-2	1,81	1,24	7,09	7,37	150
2	2-3	91,62	106,14	80,05	95,3	300
3	3-4	89,01	102,18	73,05	92,6	300
4	5-1	8,48	7,91	10,44	10,86	150
5	6-2	16,17	17,22	16,47	17,1	150
6	7-3	11,76	13,11	11,59	12,2	150
7	7-8	8,28	9,42	0,96	8,6	150
8	8-4	224,81	237,88	206,65	233,8	450
9	9-7	8,62	8,84	8,59	8,96	150
10	10-8	243,19	257,5	217,36	252,9	500
11	5-6	12,88	13,76	7,42	13,4	150
12	6-9	5,65	7,82	1,98	5,88	150
13	9-10	6,18	7,58	1,38	6,4	150
14	11-5	12,18	10,72	11,22	12,7	150
15	13-6	6,42	6,65	2,91	6,9	150
16	14-9	5,74	6,72	4,89	6,98	150
17	16-10	259,47	275,17	223,74	269,84	500
18	12-11	12,18	10,72	11,27	12,67	150
19	12-13	127,36	155,99	31,07	132,5	350
20	13-14	357,22	423,78	145,65	371,5	500
21	14-15	436,72	496,49	186,38	454,2	600
22	15-16	639,93	719.13	276,66	665,5	700
23	12-17	58,08	68,01	16,05	60,4	250
24	13-18	7,67	9,39	2,57	7,98	150
25	14-19	15,83	23,61	3,66	16,5	200
26	15-20	231,85	265,57	83,22	241,2	450
27	20-21	142,49	163,06	51,21	148,2	400
28	17-18	115,08	156,27	40,63	119,4	350
29	18-19	29,56	41,97	9,27	30,74	200
30	19-21	13,51	14,15	10,97	14,05	150
31	17-22	3,75	3,10	9,3	9,7	150
32	18-23	1,69	1,7	2,69	2,8	150
33	19-24	1,17	4,78	4,2	4,4	150
34	21-25	88,49	109,06	28,51	92,1	300
35	22-23	26,23	35,46	15,04	27,3	200
36	23-24	28,22	37.46	14,31	29,4	200
37	24-25	29,35	34,98	17,91	30,5	200

3.5 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі

3.5.1 Гідравлічний розрахунок мережі (варіант А)

Гідравлічний розрахунок мережі в роботі виконано із застосуванням програми gidrast 1, для якої вихідними даними є код ділянок, кількість вузлів і контурів, довжина і діаметр ділянок**,** витрати при початковому потокорозподілу, а також припустиме нев'язання. Результати розрахунку представлені в таблицях 3.10 – 3.11. Значення втрат напору в ділянках мережі задовольняють другому закону Кірхгофа [20,21].

3.5.2 Гідравлічний розрахунок мережі (варіант Б)

З урахуванням розміщення водонапірної башти в кінці мережі транспортування води, гілравлічний розрахунок мережі виконано для трьох режимів:

- максимального водоспоживання;
- пожежогасіння в годину максимального водоспоживання;
- режиму максимального транзиту води в башту.

Результати розрахунку представлені в таблицях 3.12 – 3.14.

Таблиця 3.10 – Результати ув’язки для режиму максимального водоспоживання(варіант А)

e= .01000 nk= 15 ny= 39

Вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	500.00	31.78	250.00	c	2	360.00	148.67	400.00	c	3	400.00	115.68	250.00	c
4	400.00	20.00	200.00	c	5	500.00	100.00	350.00	c	6	560.00	60.00	300.00	c
7	260.00	162.62	400.00	c	8	500.00	20.00	200.00	c	9	320.00	224.74	600.00	c
10	800.00	33.07	200.00	c	11	440.00	27.18	200.00	c	12	420.00	44.39	250.00	c
13	800.00	50.00	250.00	c	14	420.00	10.00	150.00	c	15	300.00	58.35	250.00	c
16	620.00	30.00	200.00	c	17	620.00	4.16	200.00	c	18	700.00	20.00	200.00	c
19	400.00	20.95	200.00	c	20	760.00	22.12	250.00	c	21	600.00	100.86	350.00	c
22	500.00	651.43	850.00	c	23	300.00	111.84	300.00	c	24	320.00	31.80	200.00	c
25	400.00	160.00	400.00	c	26	400.00	469.91	700.00	c	27	400.00	50.00	250.00	c
28	600.00	27.00	200.00	c	29	600.00	318.63	600.00	c	30	840.00	150.00	400.00	c
31	800.00	46.97	250.00	c	32	500.00	17.68	200.00	c	33	600.00	171.11	500.00	c
34	500.00	50.00	250.00	c	35	860.00	36.87	200.00	c	36	520.00	4.00	150.00	c
37	1000.00	47.86	350.00	c	38	960.00	22.55	200.00	c	39	860.00	29.00	200.00	c

Таблиця 3.10 - Результати розрахунку при максимальному водоспоживанні

№	Код	D,мм	L , м	Q, л/с	V, м/с	H, м
1	1- 0	250.00	500.00	29.77	.61	1.33
2	2- 0	400.00	360.00	111.56	.89	1.05
3	0- 3	250.00	400.00	68.48	1.40	5.05
4	4- 1	200.00	400.00	16.06	.51	1.04
5	5- 2	350.00	500.00	70.59	.73	1.22
6	3- 6	300.00	560.00	95.90	1.36	5.28
7	0- 6	400.00	260.00	151.33	1.20	1.33
8	7- 4	200.00	500.00	20.83	.66	2.09
9	8- 5	600.00	320.00	302.66	1.07	.78
10	6- 9	200.00	800.00	30.94	.98	6.94
11	10- 7	200.00	440.00	27.53	.88	3.07
12	8-11	250.00	420.00	38.50	.78	1.79
13	9-12	250.00	800.00	48.62	.99	5.24
14	13-10	150.00	420.00	11.26	.64	2.37
15	11-14	250.00	300.00	64.37	1.31	3.35
16	12-15	200.00	620.00	33.09	1.05	6.09
17	0-13	200.00	620.00	7.68	.24	.43
18	14- 0	200.00	700.00	31.28	1.00	6.20
19	15- 0	200.00	400.00	32.67	1.04	3.84
20	1- 0	250.00	760.00	20.11	.41	.99
21	2- 1	350.00	600.00	65.76	.68	1.28
22	3- 2	850.00	500.00	735.74	1.30	1.11
23	0- 3	300.00	300.00	64.64	.91	1.34
24	4- 0	200.00	320.00	25.85	.82	1.99
25	5- 4	400.00	400.00	99.44	.79	.94
26	6- 5	700.00	400.00	547.72	1.42	1.38
27	0- 6	250.00	400.00	38.71	.79	1.72
28	7- 0	200.00	600.00	21.88	.70	2.74
29	8- 7	600.00	600.00	335.16	1.19	1.76
30	9- 8	400.00	840.00	152.02	1.21	4.33
31	0- 9	250.00	800.00	33.55	.68	2.64
32	10- 0	200.00	500.00	12.90	.41	.88
33	11-10	500.00	600.00	193.18	.98	1.58
34	12-11	250.00	500.00	47.51	.97	3.14
35	0-12	200.00	860.00	22.07	.70	3.99
36	13- 0	150.00	520.00	.48	.03	.01
37	14-13	350.00	1000.00	62.66	.65	1.95
38	15-14	200.00	960.00	22.99	.73	4.81
39	0-15	200.00	860.00	17.28	.55	2.56

Таблиця 3.11 – Результати ув’язки для режиму максимального водоспоживання при пожежогасінні (варіант А)

e= .01000 nk= 15 ny= 39

Вхідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	500.00	56.28	250.00	c	2	360.00	193.17	400.00	c	3	400.00	123.84	250.00	c
4	400.00	40.00	200.00	c	5	500.00	120.00	350.00	c	6	560.00	59.34	300.00	c
7	260.00	170.12	400.00	c	8	500.00	30.00	200.00	c	9	320.00	304.71	600.00	c
10	800.00	31.10	200.00	c	11	440.00	30.00	200.00	c	12	420.00	49.49	250.00	c
13	800.00	45.10	250.00	c	14	420.00	23.68	150.00	c	15	300.00	60.72	250.00	c
16	620.00	37.87	200.00	c	17	620.00	29.16	200.00	c	18	700.00	22.00	200.00	c
19	400.00	27.45	200.00	c	20	760.00	46.62	250.00	c	21	600.00	120.86	350.00	c
22	500.00	748.17	850.00	c	23	300.00	120.00	300.00	c	24	320.00	31.30	200.00	c
25	400.00	180.00	400.00	c	26	400.00	547.91	700.00	c	27	400.00	50.00	250.00	c
28	600.00	36.50	200.00	c	29	600.00	408.60	600.00	c	30	840.00	150.00	400.00	c
31	800.00	45.00	250.00	c	32	500.00	40.00	200.00	c	33	600.00	253.16	500.00	c
34	500.00	60.00	250.00	c	35	860.00	30.00	200.00	c	36	520.00	30.00	150.00	c
37	1000.00	113.86	350.00	c	38	960.00	27.05	200.00	c	39	860.00	30.00	200.00	c

Таблиця 3.11 - Результати розрахунку при пожежогасінні

№	Код	D,мм	L , м	Q, л/с	V, м/с	H, м
1	1- 0	250.00	500.00	47.39	.97	3.13
2	2- 0	400.00	360.00	141.42	1.13	1.63
3	0- 3	250.00	400.00	73.54	1.50	5.83
4	4- 1	200.00	400.00	35.52	1.13	4.49
5	5- 2	350.00	500.00	89.74	.93	1.89
6	3- 6	300.00	560.00	101.23	1.43	5.88
7	0- 6	400.00	260.00	161.71	1.29	1.52
8	7- 4	200.00	500.00	30.96	.99	4.34
9	8- 5	600.00	320.00	376.21	1.33	1.18
10	6- 9	200.00	800.00	32.22	1.03	7.48
11	10- 7	200.00	440.00	35.71	1.14	4.98
12	8-11	250.00	420.00	34.57	.70	1.47
13	9-12	250.00	800.00	49.77	1.01	5.48
14	13-10	150.00	420.00	20.36	1.15	7.09
15	11-14	250.00	300.00	62.84	1.28	3.19
16	12-15	200.00	620.00	35.19	1.12	6.83
17	0-13	200.00	620.00	39.18	1.25	8.36
18	14- 0	200.00	700.00	24.28	.77	3.88
19	15- 0	200.00	400.00	32.75	1.04	3.86
20	1- 0	250.00	760.00	37.73	.77	3.12
21	2- 1	350.00	600.00	77.99	.81	1.75
22	3- 2	850.00	500.00	850.22	1.50	1.48
23	0- 3	300.00	300.00	69.70	.99	1.54
24	4- 0	200.00	320.00	17.93	.57	1.02
25	5- 4	400.00	400.00	111.35	.89	1.16
26	6- 5	700.00	400.00	638.33	1.66	1.87
27	0- 6	250.00	400.00	41.59	.85	1.96
28	7- 0	200.00	600.00	24.10	.77	3.28
29	8- 7	600.00	600.00	410.48	1.45	2.63
30	9- 8	400.00	840.00	167.80	1.34	5.28
31	0- 9	250.00	800.00	37.71	.77	3.28
32	10- 0	200.00	500.00	33.31	1.06	4.97
33	11-10	500.00	600.00	264.26	1.35	2.86
34	12-11	250.00	500.00	58.21	1.19	4.59
35	0-12	200.00	860.00	27.39	.87	5.95
36	13- 0	150.00	520.00	19.98	1.13	8.48
37	14-13	350.00	1000.00	126.16	1.31	7.20
38	15-14	200.00	960.00	30.07	.96	7.89
39	0-15	200.00	860.00	24.70	.79	4.92

Таблиця 3.12 – Результати ув’язки для режиму максимального водоспоживання (варіант Б)

e= .01000 nk= 13 n

Вхідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	470.00	3.00	150.00	c	2	320.00	127.60	300.00	c	3	310.00	141.90	300.00	c
4	250.00	3.67	150.00	c	5	500.00	15.00	150.00	c	6	360.00	5.15	150.00	c
7	600.00	4.00	150.00	c	8	270.00	277.70	450.00	c	9	460.00	4.00	150.00	c
10	220.00	291.80	500.00	c	11	900.00	18.25	150.00	c	12	640.00	5.07	150.00	c
13	640.00	9.00	150.00	c	14	210.00	2.00	150.00	c	15	480.00	31.64	150.00	c
16	460.00	10.29	150.00	c	17	230.00	310.90	500.00	c	18	220.00	2.00	150.00	c
19	370.00	109.10	350.00	c	20	320.00	270.80	500.00	c	21	180.00	390.10	600.00	c
22	130.00	588.50	700.00	c	23	430.00	66.17	250.00	c	24	860.00	50.60	150.00	c
25	860.00	40.00	200.00	c	26	350.00	172.10	450.00	c	27	210.00	147.30	400.00	c
28	200.00	89.40	350.00	c	29	320.00	38.50	200.00	c	30	320.00	20.00	150.00	c
31	350.00	60.80	150.00	c	32	700.00	10.00	150.00	c	33	700.00	10.00	150.00	c
34	320.00	93.30	300.00	c	35	210.00	60.00	200.00	c	36	320.00	70.30	200.00	c
37	330.00	82.60	200.00	c	38	.00	.00	.00		39	.00	.00	.00	

Результати розрахунку

: №	Код	D,мм	L , м	Q, л/с	V, м/с	H, м:
1	1- 0	150.00	470.00	-1.81	.10	.10
2	2- 0	300.00	320.00	91.62	1.30	2.75
3	3- 0	300.00	310.00	89.01	1.26	2.52
4	0- 1	150.00	250.00	8.48	.48	.84
5	2- 1	150.00	500.00	-16.17	.92	5.50
6	3- 2	150.00	360.00	-11.76	.67	2.20
7	4- 3	150.00	600.00	8.28	.47	1.94
8	3- 0	450.00	270.00	224.81	1.41	1.63
9	4- 2	150.00	460.00	-8.62	.49	1.60
10	4- 0	500.00	220.00	243.19	1.24	.89
11	5- 1	150.00	900.00	12.88	.73	6.51
12	6- 2	150.00	640.00	5.65	.32	1.04
13	7- 4	150.00	640.00	6.18	.35	1.22
14	0- 5	150.00	210.00	12.18	.69	1.37
15	6- 5	150.00	480.00	6.42	.36	.98
16	7- 6	150.00	460.00	-5.74	.32	.77
17	7- 0	500.00	230.00	259.47	1.32	1.06
18	0- 5	150.00	220.00	12.18	.69	1.43
19	8- 5	350.00	370.00	127.36	1.32	2.72
20	9- 6	500.00	320.00	357.22	1.82	2.79
21	1- 7	600.00	180.00	436.72	1.54	.89
22	0- 7	700.00	130.00	639.93	1.66	.61
23	0- 8	250.00	430.00	58.08	1.18	3.93
24	8- 9	150.00	860.00	7.67	.43	2.42
25	1- 9	200.00	860.00	-15.83	.50	2.18
26	10- 0	450.00	350.00	231.85	1.46	2.25
27	1- 0	400.00	210.00	142.49	1.13	.96
28	11- 8	350.00	200.00	115.08	1.20	1.20
29	12- 9	200.00	320.00	29.56	.94	2.55
30	13-10	150.00	320.00	13.51	.76	2.52
31	1-10	150.00	350.00	-3.75	.21	.28
32	11-12	150.00	700.00	1.69	.10	.14
33	12-13	150.00	700.00	-1.17	.07	.07
34	13-0	300.00	320.00	88.49	1.25	2.57
35	0-11	200.00	210.00	26.23	.83	1.34
36	0-12	200.00	320.00	28.22	.90	2.34
37	0-13	200.00	330.00	29.35	.93	2.59

Таблиця 3.13 – Результати ув’язки при пожежогасінні (варіант Б)

e= .01000 nk= 13 ny= 37

Вхxідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	470.00	3.00	150.00	c	2	320.00	142.60	300.00	c	3	310.00	156.90	300.00	c
4	250.00	3.67	150.00	c	5	500.00	15.00	150.00	c	6	360.00	5.15	150.00	c
7	600.00	4.00	150.00	c	8	270.00	292.60	450.00	c	9	460.00	4.00	150.00	c
10	220.00	306.80	500.00	c	11	900.00	18.25	150.00	c	12	640.00	5.07	150.00	c
13	640.00	9.00	150.00	c	14	210.00	2.00	150.00	c	15	480.00	31.64	150.00	c
16	460.00	10.29	150.00	c	17	230.00	325.90	500.00	c	18	220.00	2.00	150.00	c
19	370.00	149.10	350.00	c	20	320.00	330.70	500.00	c	21	180.00	450.00	600.00	c
22	130.00	668.40	700.00	c	23	430.00	66.17	250.00	c	24	860.00	70.60	150.00	c
25	860.00	40.00	200.00	c	26	350.00	192.10	450.00	c	27	210.00	167.30	400.00	c
28	200.00	109.90	350.00	c	29	320.00	48.50	200.00	c	30	320.00	20.00	150.00	c
31	350.00	80.80	150.00	c	32	700.00	10.00	150.00	c	33	700.00	10.00	150.00	c
34	320.00	113.30	300.00	c	35	210.00	80.00	200.00	c	36	320.00	90.30	200.00	c
37	330.00	102.60	200.00	c	38	.00	.00	.00		39	.00	.00	.00	

Результати розрахунку

№	Код	D,мм	L , м	Q, л/с	V, м/с	H, м:
1	1- 0	150.00	470.00	-1.24	.07	.05
2	2- 0	300.00	320.00	106.14	1.50	3.69
3	3- 0	300.00	310.00	102.18	1.45	3.32
4	0- 1	150.00	250.00	7.91	.45	.74
5	2- 1	150.00	500.00	-17.22	.97	6.18
6	3- 2	150.00	360.00	-13.11	.74	2.69
7	4- 3	150.00	600.00	9.42	.53	2.45
8	3- 0	450.00	270.00	237.88	1.50	1.83
9	4- 2	150.00	460.00	-8.84	.50	1.67
10	4- 0	500.00	220.00	257.50	1.31	1.00
11	5- 1	150.00	900.00	13.76	.78	7.35
12	6- 2	150.00	640.00	7.82	.44	1.87
13	7- 4	150.00	640.00	7.58	.43	1.76
14	0- 5	150.00	210.00	10.72	.61	1.09
15	6- 5	150.00	480.00	6.65	.38	1.05
16	7- 6	150.00	460.00	-6.72	.38	1.02
17	7- 0	500.00	230.00	275.17	1.40	1.19
18	0- 5	150.00	220.00	10.72	.61	1.14
19	8- 5	350.00	370.00	155.99	1.62	4.07
20	9- 6	500.00	320.00	423.78	2.16	3.93
21	1- 7	600.00	180.00	496.49	1.76	1.15
22	0- 7	700.00	130.00	719.13	1.87	.77
23	0- 8	250.00	430.00	68.01	1.39	5.36
24	8- 9	150.00	860.00	9.39	.53	3.49
25	1- 9	200.00	860.00	-23.61	.75	4.52
26	10- 0	450.00	350.00	265.57	1.67	2.95
27	1- 0	400.00	210.00	163.06	1.30	1.25
28	11- 8	350.00	200.00	156.27	1.62	2.21
29	12- 9	200.00	320.00	41.97	1.34	4.95
30	13-10	150.00	320.00	14.15	.80	2.75
31	1-10	150.00	350.00	3.10	.18	.20
32	11-12	150.00	700.00	1.70	.10	.14
33	12-13	150.00	700.00	-4.78	.27	.85
34	13-0	300.00	320.00	109.06	1.54	3.90
35	0-11	200.00	210.00	35.46	1.13	2.35
36	0-12	200.00	320.00	37.46	1.19	3.97
37	0-13	200.00	330.00	34.98	1.11	3.60

Таблиця 3.14 – Результати ув’язки для режиму транзиту (варіант Б)

e= .01000 nk= 13 ny= 37

Вхідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	470.00	2.00	150.00	c	2	320.00	110.60	300.00	c	3	310.00	118.20	300.00	c
4	250.00	1.35	150.00	c	5	500.00	5.00	150.00	c	6	360.00	3.00	150.00	c
7	600.00	1.60	150.00	c	8	270.00	251.80	450.00	c	9	460.00	2.00	150.00	c
10	220.00	258.50	500.00	c	11	900.00	8.60	150.00	c	12	640.00	3.00	150.00	c
13	640.00	3.00	150.00	c	14	210.00	.95	150.00	c	15	480.00	18.40	150.00	c
16	460.00	6.30	150.00	c	17	230.00	266.50	500.00	c	18	220.00	1.00	150.00	c
19	370.00	26.85	350.00	c	20	320.00	99.45	500.00	c	21	180.00	152.70	600.00	c
22	130.00	233.90	700.00	c	23	430.00	10.00	250.00	c	24	860.00	23.25	150.00	c
25	860.00	20.05	200.00	c	26	350.00	69.50	450.00	c	27	210.00	60.30	400.00	c
28	200.00	23.50	350.00	c	29	320.00	9.50	200.00	c	30	320.00	9.50	150.00	c
31	350.00	13.50	150.00	c	32	700.00	6.00	150.00	c	33	700.00	5.00	150.00	c
34	320.00	37.60	300.00	c	35	210.00	26.12	200.00	c	36	320.00	28.70	200.00	c
37	330.00	33.10	200.00	c	38	.00	.00	.00		39	.00	.00	.00	

Результати розрахунку

№	Код	D,мм	L , м	Q, л/с	V, м/с	H, м:
1	1- 0	150.00	470.00	-7.09	.40	1.15
2	2- 0	300.00	320.00	80.05	1.13	2.13
3	3- 0	300.00	310.00	73.05	1.03	1.74
4	0- 1	150.00	250.00	10.44	.59	1.23
5	2- 1	150.00	500.00	-16.47	.93	5.69
6	3- 2	150.00	360.00	-11.59	.66	2.15
7	4- 3	150.00	600.00	5.60	.32	.96
8	3- 0	450.00	270.00	206.65	1.30	1.38
9	4- 2	150.00	460.00	-8.59	.49	1.59
10	4- 0	500.00	220.00	217.36	1.11	.72
11	5- 1	150.00	900.00	7.42	.42	2.39
12	6- 2	150.00	640.00	1.98	.11	.17
13	7- 4	150.00	640.00	1.38	.08	.09
14	0- 5	150.00	210.00	11.22	.63	1.18
15	6- 5	150.00	480.00	-2.91	.16	.24
16	7- 6	150.00	460.00	-4.89	.28	.58
17	7- 0	500.00	230.00	223.74	1.14	.80
18	0- 5	150.00	220.00	11.27	.64	1.24
19	8- 5	350.00	370.00	31.07	.32	.20
20	9- 6	500.00	320.00	145.65	.74	.50
21	1- 7	600.00	180.00	186.38	.66	.18
22	0- 7	700.00	130.00	276.66	.72	.12
23	0- 8	250.00	430.00	16.05	.33	.38
24	8- 9	150.00	860.00	2.57	.15	.35
25	1- 9	200.00	860.00	-3.66	.12	.16
26	10- 0	450.00	350.00	83.22	.52	.33
27	1- 0	400.00	210.00	51.21	.41	.15
28	11- 8	350.00	200.00	40.63	.42	.18
29	12- 9	200.00	320.00	9.27	.29	.31
30	13-10	150.00	320.00	10.97	.62	1.72
31	1-10	150.00	350.00	-9.30	.53	1.40
32	11-12	150.00	700.00	2.69	.15	.31
33	12-13	150.00	700.00	4.20	.24	.68
34	13-0	300.00	320.00	28.51	.40	.32
35	0-11	200.00	210.00	15.04	.48	.49
36	0-12	200.00	320.00	14.31	.46	.68
37	0-13	200.00	330.00	17.91	.57	1.05

3.6 Визначення п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі

3.6.1 Розрахунок п’єзометричних карт для мережі транспортування води (варіант А)

За результатами гідравлічного розрахунку визначені втрати напору в ділянках та розраховані п’єзометричні позначки та фактичні вільні напори у всіх вузлах мережі. Розрахункові п’єзометричні позначки визначені після знаходження невигідної точки, що вимагає найбільшої п’єзометричної позначки в точці підключення водоводів до мережі. Для режиму максимального водоспоживання – це вузол №21, при пожежогасінні в годину максимального водоспоживання- це вузол №25.

Отримані фактичні вільні напори у вузлах відповідають наступній умові:

$$H_{віл.i} \geq H_{віл.потр.i}, \tag{3.8}$$

де $H_{віл.потр.i}$ – необхідний вільний напір в і-му вузлі:

$$H_{віл.потр.i} = 6 + 4n, \tag{3.9}$$

n – кількість поверхів будинків в районі, що розглядається.

Для житлових кварталів першого районів при $n = 5$ $H_{віл.потр.i}$=26 м, для житлових кварталів другого району при $n = 9$ $H_{віл.потр.i}$=42м.

При пожежі необхідний напір у невигідній точці $H_{віл.потр.i}$ = 10 м.

П’єзометричні позначки та вільні напори у вузлах для всіх режимів наведені на п’єзометричних картах (лист №2 графічної частини кваліфікаційної роботи.

За п’єзометричними позначками побудовані п’єзометричні лінії (лист№ 4 графічної частини кваліфікаційної роботи).

3.6.2 Розрахунок п’єзометричних карт для мережі транспортування води (варіант Б)

Визначення розрахункових позначок починаємо з визначення місця знаходження невигідної точки мережі, тобто точки, яка в місці підключення водоводів до мережі вимагає найбільшої п’єзометричної позначки.

П’єзометричні позначки в вузлах мережі визначені за формулою:

$$П_i = H_{віл.потр.\ i} + z_i, \qquad (3.10)$$

де $H_{с\ тр\ i}$ – потрібний вільний напір в вузлі, м, визначається за формулою (3.9);

z_i – абсолютна позначка і-го вузлу, м.

Для режиму максимального водоспоживання критичним є вузол 12, для режиму пожежі в годину максимального водоспоживання – вузол 22, для випадку максимального транзиту невигідною точкою є водонапірна башта.

Результати розрахунку представлені на листі 3 графічної частини роботи.

РОЗДІЛ 4.РОЗРАХУНОК НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ II ПІДЙОМУ

4.1 Визначення розрахункової подачі насосів насосної станції

За даними таблиці А.1 побудовано сумісний графік водоспоживання міста та надходження води від насосної станції другого підйому, який представлено на рис. 4.1.

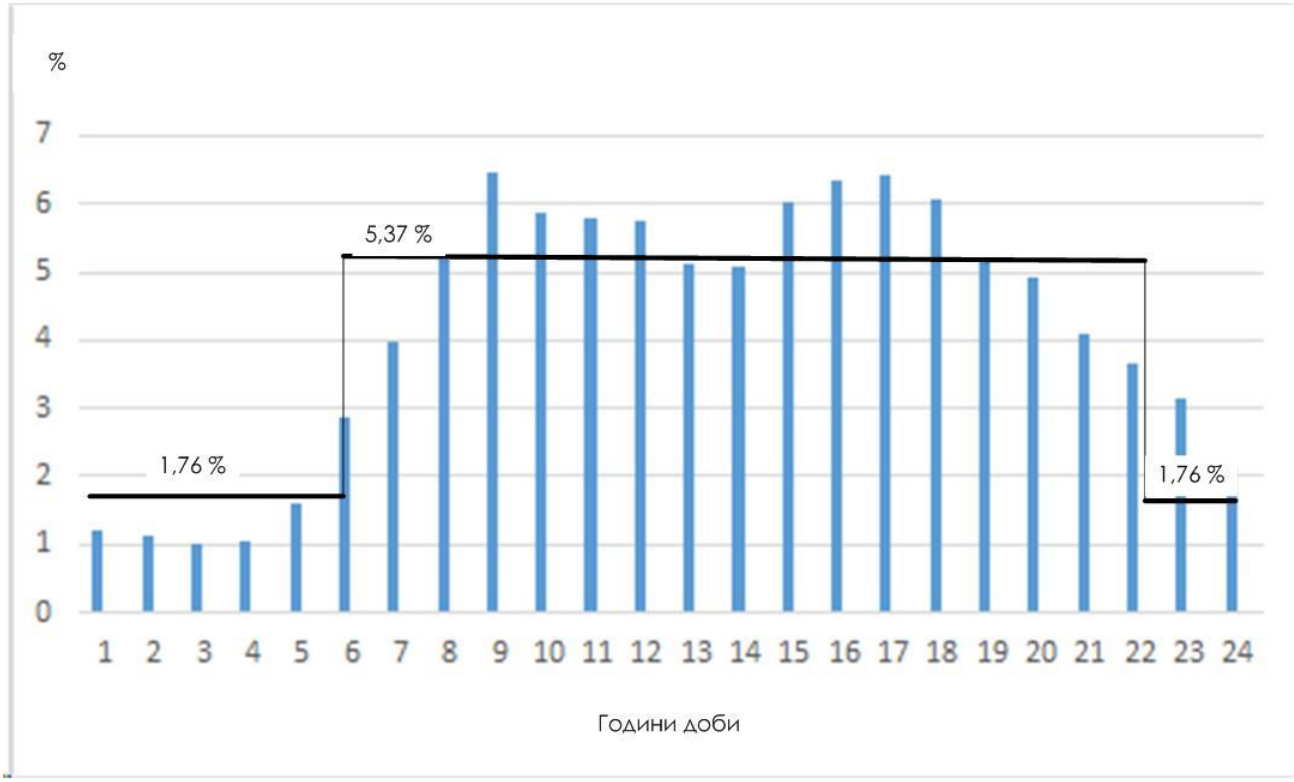


Рисунок 4.1 – Сумарний графік водоспоживання та роботи насосів

Розрахункова подача насосів насосної станції II підйому визначається на основі сумісного графіка водоспоживання міста і подачі води насосами.

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня, визначається За формулою:

$$Q_{i.н.ст} = Q_{доб} \times P_i /100, \quad (4.1)$$

де P_i, $Q_{i.н.ст}$ – подача і-ого ступеня насосної станіт у відсотках від $Q_{доб}$ і м^3/год відповідно.

Перший ступінь:

$$Q_{1.н.ст} = 50104{,}83 \times 1{,}76 / 100 = 881{,}8 \text{ м}^3/\text{ч} = 245 \text{ л/с}$$

Другий ступінь:

$$Q_{2.н.ст} = 50104{,}83 \times 5{,}37 / 100 = 2690{,}6 \text{ м}^3/\text{ч} = 747{,}4 \text{ л/с}$$

При визначенні кількості насосів насосних станцій враховується те, що в більшості практичних випадків для групи з трьох однакових насосів з відключенням одного насосу подача кожного з тих, що продовжують працювати, збільшується на 6÷10 %, а при відключенні двох насосів подача останнього збільшується на 13÷16 %.

До установки приймаються: на першому ступені – 2 насоси, на другому ступені – 4 паралельно працюючих насоси. Продуктивність одного агрегату складає 1,35 %.

$$Q_{нас.} = 50104{,}83 \times 1{,}35 / 100 = 676{,}4 \text{ м}^3/\text{ч} = 187{,}9 \text{ л/с}.$$

4.2 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних водоводів

Кількість всмоктувальних ліній на водопровідних насосних станціях I і II категорії [4, п. 11.3, табл.33] незалежно від кількості груп насосів, включаючи пожежні, повинна бути не менш двох. При виключенні однієї лінії решта повинна бути розрахована на пропуск повної розрахункової витрати для насосних станцій 1 і II категорії.

Водоводи виконуються із сталевих електрозварних труб. Розрахункова витрата кожного з всмоктувальних водоводів визначається по формулі:

$$Q_{вс.в} = Q_{н.ст} / n - 1, \qquad (4.2)$$

де $Q_{н.ст}$ – максимальна розрахункова секундна подача насосної станції, л/с:
n – кількість всмоктувальних водоводів.

$$Q_{вс.в} = 747,4 / (2-1) = 747,4 \text{ л/с}.$$

Діаметри всмоктувальних водоводів визначаються з урахуванням витрати води та швидкостей, що рекомендуються [4, п.11.3, табл. 33]: Д = 800 мм, v = 1,48, і = 0,0031.

Кількість напірних водоводів приймається не менше двох. Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів визначається, по формулі:

$$Q_{н.в} = Q_{макс.н.ст.} / n_{н.в}, \quad (4.3)$$

де $n_{н.в}$ – кількість напірних водоводів, шт.
$Q_{н.в}$ = 747,4 / 2 = 373,7 л/с. Діаметри напірних водоводів приймаються за таблицями гідравлічного розрахунку, тип труб – сталеві електрозварні: Д = 500 мм; v = 1,79 м/с, і = 0,0081.

4.3 Визначення розрахункового напору насосів

Розрахунковий напір насосів визначається за формулою:

$$H'_P = H_г + h_к + h_в + h_З, \quad (4.4)$$

де $H_г$ – геометрична висота підйому, м;
$h_к$ – сумарні втрати напору у всмоктувальних і напірних комунікаціях насосної станції, які приймаються для попередніх розрахунків

$h_к$ =2÷3 м;

h_3 – запас на вилив з напірного трубопроводу, $h_З$= 1 м;

$h_в$ – втрати напору у водоводах при максимальній подачі насосної станції.

Геометрична висота підйому:

$$H_г = Z_2 - Z_1, \quad (4.5)$$

де Z_2 – абсолютна максимальна позначка підйому води, м;

Z_1 – пожежний рівень води в РЧВ, м.

$$H_г = 114 - 62{,}74 = 51{,}26 \text{ м.}$$

Втрати напору у водоводах при максимальному водоспоживанні:

$$h_в = 1{,}1 \times i \times l = 1{,}1 \times \delta \times S_0 \times l \times Q^2_р, \quad (4.6)$$

де l - довжина водоводу, 2500 м;

δ – коефіцієнт, який враховує залежність втрат напору у трубопроводах від витрати;

S_0 – питомий опір труб;

$Q_р$ – розрахункова витрата в трубопроводі.

$$h''_в = 1{,}1 \times 0{,}96 \times 0{,}05784 \times 2500 \times 0{,}3737^2 = 21{,}3 \text{ м},$$

$$H'_Р = 51{,}26 + 2 + 21{,}3 + 1 = 75{,}56 \text{ м.}$$

Для 1 ступеня:

$$h'_в = 1{,}1 \times 1{,}07 \times 0{,}05784 \times 2500 \times 0{,}1225^2 = 2{,}56 \text{ м},$$

$$H'_Р = 51{,}26 + 2 + 2{,}56 + 1 = 56{,}82 \text{ м.}$$

4.4 Підбор насосів та електродвигунів

Для водопровідних станцій насоси необхідно підбирати для всіх ступенів подачі. Підбирають їх на підставі напорів і витрат, встановлених вище.

Подачу Q_1 Q_2 і напори H_p^1 і H_p^2 можна забезпечити роботою на I ступені двох а на II ступені чотирьох паралельно працюючих насосів марки Д630 – 90 (n = 1450 об/хв).

Крім основних насосів (у кількості 4-х штук) на насосній станції 1 категорії надійності, відповідно до вимог [4, п.11.3, табл.33], передбачена установка двох резервних агрегатів.

Потужність насосу визначається за формулою:

$$P_í = \frac{\rho \cdot g \cdot Q_í \cdot H}{1000 \cdot \eta í}, \qquad (4.7)$$

де ρ – щільність рідини, що перекачується, кг/м ;

$Q_н$ – максимально можлива подача насоса, м^3 /с;

$H_н$ – напір насосу, що відповідає Qн, м;

$\eta_н$ – ККД насосу, що відповідає $Q_н$.

$$P_í = \frac{1000 \cdot 9,81 \cdot 0,1879 \cdot 75,56}{1000 \cdot 0,78} = 178,6 \text{ кВт}$$

Потужність приводного двигуна:

$$P = kP_н / \eta_n , \qquad (4.8)$$

κ – коефіцієнт запасу, який враховує можливі перевантаження,

рівний 1,1;

η_n – ККД передачі, $\eta_n = 1$.

$$P = 1{,}1 \times 178{,}6 / 1 = 196{,}5 \text{ кВт}.$$

Обираємо електродвигун марки 4АН315S потужністю 200 кВт.

4.5 Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції

Корпуси насосів насосної станції II підйому слід розташовувати під заливом від верхнього розрахункового рівня пожежного запасу води в резервуарі. Позначка верху насосу:

$$Z_{верх.н} = Z_{пр.} - h_{вс}, \quad (4.9)$$

де $Z_{пр.}$ – позначка пожежного рівня води в РЧВ, м;

$h_{вс} = 0{,}3 ... 0{,}5$м,

$$Z_{верх.н} = 62{,}74 – 0{,}5 = 62{,}24 \text{ м}$$

Позначка вісі насоса:

$$Z_{о.н} = Z_{верх.н.} – A, \quad (4.10)$$

де A – висота насосу від верха до осі, м [22].

$$Z_{о.н} = 62{,}24 – 0{,}45 = 61{,}79 \text{ м}$$

Позначка верха фундаменту:

$$Z_ф = Z_{о.н} -- A_н \,, \qquad (4.11)$$

де $A_н$ – висота насоса від вісі до лап, м;

$$Z_ф = 61{,}79 – 0{,}585 = 61{,}2 \text{ м.}$$

Висота фундаменту над рівнем чистої підлоги приймається рівною 0,5 метра.

Тоді позначка підлоги насосної станції складе:

$$Z_п = Z_ф – 0{,}5, \qquad (4.12)$$

$$Z_п = 61{,}2 – 0{,}5 = 60{,}7 \text{ м}$$

При позначці місця розташування насосної станції 65 м її заглиблення складе:

$$H_{загл.} = Z_{н.ст} - Z_{п,} \qquad (4.13)$$

де $Z_{н.ст}$ – позначка землі біля насосної станції, м.

$$H_{загл} = 65 – 60{,}7 = 4{,}3 \text{ м}$$

Глибина закладення фундаменту приймається рівною 0,5м.

4.6 Складання плану машинного залу насосної станції

Насосні агрегати розміщені в один ряд вздовж подовжньої осі машинного залу насосної станції. Відстань між насосними агрегатами – 1.6 м, що забезпечує вільний доступ і безпеку обслуговування. В якості транспорту на насосній станції передбачений вантажний автомобіль: розмір машини: L= 8675 мм, B = 250 0мм, H = 2400 мм. Розмір монтажної

площадки: L = 4452 мм, B = 3726 мм. З врахуванням проходів приймається монтажна площадка розміром 5400×4000мм.

4.7 Визначення висоти машинного залу і підбор вантажопідйомного обладнання

Висота машинного залу визначається виходячи з можливості транспортування в ньому обладнання найбільших габаритів, з урахуванням конструкції обраних підйомно-транспортних пристроїв.

При масі переміщуваного вантажу до 5т. включно і довжині машинного залу більш 18 метрів приймається кран-балка підвісна електрична вантажопідйомністю Q = 1,5т і довжиною L = 9 метрів.

Мінімальна висота машинного залу визначається по формулі, м:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + 0{,}5, \qquad (4.14)$$

де h_1 – висота монорейки кран-балки, з урахуванням запасу, м;

h_2 – мінімальна висота від гака до низу монорейки, м;

h_3 – висота стропування вантажу, h_3 = 0,5-1 м;

h_4 – висота вантажу, м;

h_5 – максимальна висота встановленого обладнання, м.

$$H = 1{,}0 + 0{,}8 + 0{,}5 + 1{,}035 + 1{,}535 + 0{,}5 = 5{,}37 \text{ м}$$

Так як вантаж: доставляється на монтажний майданчик, розташований на позначці 61,5 м (0.00), то, з огляду на стандартну висоту колон, висота машинного залу буде дорівнює $H_{м.з.}$ = 8 м.

4.8 Аналіз режиму роботи насосів та уточнення їх робочих характеристик

Характеристика водоводів розраховується для трьох розрахункових випадків і для всіх режимів роботи і наведена у табл. 4.1. Розрахункові режими забезпечуються: на першому ступеню: двома насосами марки Д 630-90; на другому ступеню: групою із чотирьох паралельно працюючих насосів тієї ж марки

Опір комунікацій насосної станції:

$$S_к = h_к / Q_2. \qquad (4.15)$$

де $h_к$ – сумарні втрати напору в комунікаціях насосної станції, приймаемо 2,5 м

$$S_к = 2,5 / 0,3734^2 = 17,98 \text{ м}$$

За даними таблиці будується сумарна характеристика роботи водоводів та насосів рис. 4.2 та 4.3.

Так як витрата та напір чотирьох насосів Д630 – 90 перевищують потрібні значення, необхідно виконати обточку робочого колеса.

$$D_{об} = D(Q_т / Q_ф), \qquad (4.16)$$

де D – стандартний діаметр робочого колеса;

$Q_т$ – теоретична подача, яку розвивають насоси;

$Q_ф$ – фактична подача насосів.

$D_{об} = 470 (747,4 / 800) = 439,1$ мм

Величина обточування $D_{об} = (470 – 439,1) / 470 \times 100 = 6,6\%$.

Таблиця 4.1 – Розрахунок характеристик водоводів Д = 500 мм, l = 2500 мм, S_0 = 0,05784

Режим максимального водопостачання						
показник	значення показника для qnk					
	0	0,25 Qв	0,5 Qв	0,75 Qв	1Qв	1,25 Qв
Q л/с	0	0,09335	0,1867	0,280	0,3734	0,46675
V м/с	0	0,45	0,87	1,34	1,79	2,23
δ	0	1,175	1,05	0,99	0,96	0,94
$1,1S_0l$	159,06					
$1,1\delta S_0l$	0	186,89	167,013	157,47	152,7	149,5
$S_к$	17,98					
$S_к + 1,1\delta S_0l$	17,98	204,87	185	175,45	170,68	167,48
Q^2	0	0,0087	0,035	0,0784	0,1394	0,218
$(S_к + 1,1\delta S_0l) Q^2$	0	1,78	6,47	13,75	23,79	36,5
$H_{г.макс.}$	51,26					
$H_{і. макс}$	51,26	53,04	57,73	65,01	75,05	87,76
$H_{г.пож.}$	22,26					
$H_{і.пож.}$	22,26	24,04	28,73	36,01	46,05	58,76
$H_{г.тр.}$	55,85					
$H_{і.тр.}$	55,85	57,63	62,32	69,6	79,64	92,35

Значення витрати та напору пожежних насосів відповідають потрібним показникам, тому обточку робочого колеса виконувати не потрібно.

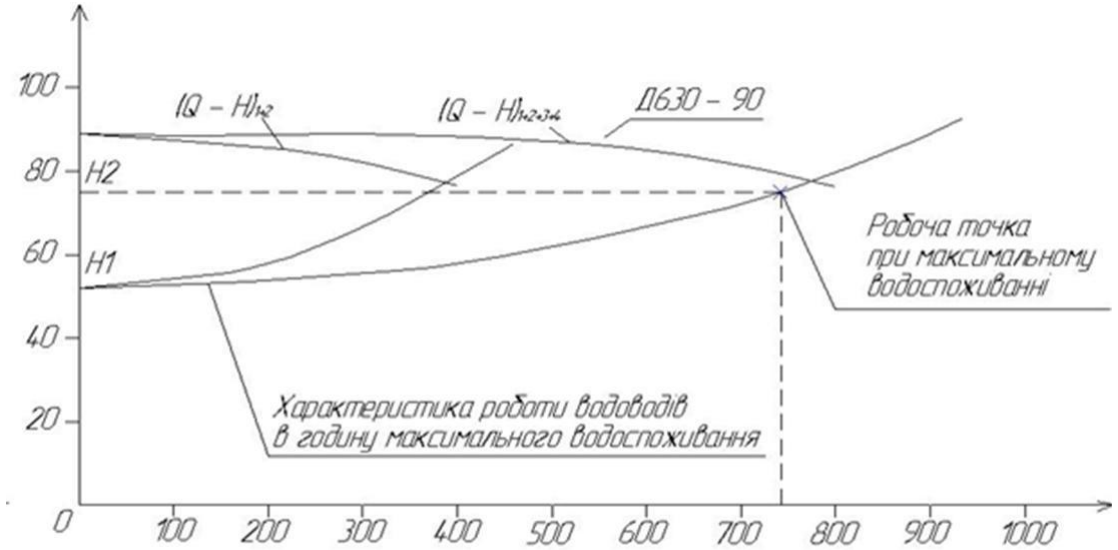


Рисунок 4.2 – Характеристики роботи насосів та водоводів при максимальному водоспоживанні

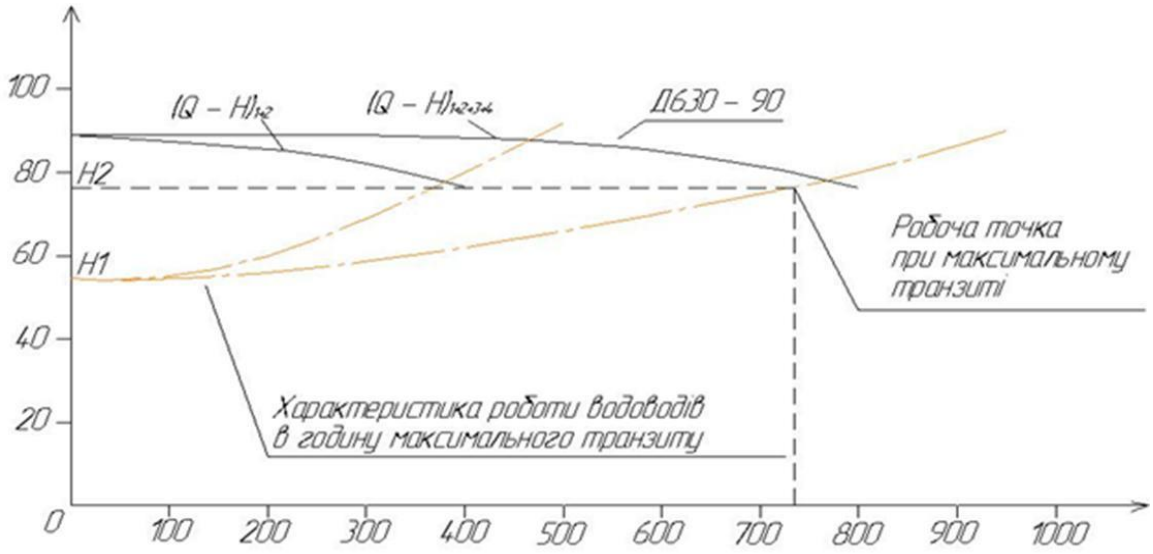


Рисунок 4.3 – Характеристики роботи насосів та водоводів при максимальному транзиті води в башту

4.9 Розрахунок потужності трансформаторних підстанцій і компоновка розподільчих пристроїв

Потужність трансформатора насосної станції визначається за формулою:

$$N = K_c \sum P_i / (\eta_i \cos \varphi_i) + P_{осв}, \quad (4.17)$$

де K_c – коефіцієнт попиту по потужності, який залежить від числа працюючих електродвигунів, при чотирьох $К_с = 0,8$;

P_i, η_i, $\cos \varphi_i$ – відповідно потужність, ККД та коефіцієнт потужності і-го елект–-потужність освітлювальноїнавантаженості, $Р_{осв}$=30 кВ×А.

$$N = 0,8 \times (4 \times 200) / (0,8 \times 0,9) + 30 = 919 \text{ кВт×А}.$$

Розміри камери для встановлення трансформаторів приймаються рівними (при розміщенні вузькою стороною): глибина камери – 3,7 м, ширина камери – 2,9 м, висота камери – 4.2 м.

Для прийому і розподілу електроенергії на насосній станції влаштовуються щитові та розподільні пристрої (РП). РП збираються з окремих блоків, кількість яких:

$$n = n_a + 4, \quad (4.18)$$

де n_a – загальна кількість робочих та резервних агрегатів.

$$n = 8 + 4 = 12 \text{ шт.}$$

Блоки РП виконують у виді шаф КРУ (комплексний розподільний пристрій): за довжиною обслуговування – 900 мм, висота – 2380 мм, вглибину – 1660 мм.

ВИСНОВКИ

1. Аналіз містобудівної ситуації дозволив визначити межі обслуговування системи та розрахункову кількість населення, що дало змогу точно встановити необхідні об'єми водоспоживання на добу, годину та секунду відповідно до діючих нормативів.
2. З урахуванням рельєфу місцевості розроблено схему трасування водопровідної мережі, яка забезпечує оптимальне використання природних ухилів та мінімізацію витрат енергії на транспортування. Проведено вибір основних конструктивних елементів — діаметрів трубопроводів, місць розташування вузлів, арматури та регулювальних пристроїв.
3. Встановлено характерні режими роботи мережі впродовж доби, що дозволило забезпечити її гідравлічну стійкість та ефективне функціонування в умовах змінного споживання води.
4. Розраховано п’єзометричні позначки та вільні напори у вузлах мережі, що підтвердило відповідність проєктних рішень вимогам стабільного тиску у споживачів навіть у найменш сприятливих точках системи.
5. Здійснено гідравлічну ув’язку мережі з урахуванням змін висот у межах рельєфу, що дозволило оптимізувати витрати на насосне обладнання та уникнути перевищення допустимих тисків у трубопроводах.
6. Проведено гідравлічний розрахунок насосної станції II підйому, в результаті якого визначено її основні параметри (напір, подача, кількість насосних агрегатів), що гарантує забезпечення необхідного тиску в умовах реального рельєфу місцевості.
7. Порівняльний аналіз двох схем водопостачання: з розташуванням водонапірної башти на початку та в кінці мережі показав переваги першої схеми в умовах даного рельєфу: зменшення необхідного напору для насосної станції, стабільніший тиск у споживачів, зменшення ризику гідравлічних ударів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Кудрявцев П. О. Основи проектування інженерних мереж. Київ: Ліра-К, 2014. 256 с.

2. Сіренко В. М. Інженерні системи міста: водопровід та каналізація. Харків: УкрДАЗТ, 2020. 312 с.

3. Грабовський І. Б. Моніторинг та безпека водопровідних мереж. Вісник будівництва та архітектури. 2017. №3(89). С. 55–60.

4. ДБН В.2.5 – 74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. [Чинний від 2014-01-01]. Вид. офіц. Київ : Міністерство регіонального розвитку будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 172 с. (Інформація та документація). URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2018/08/1084_DBN_V.2.5-74_2013-DREAMDIM.pdf

5. Бєляєв Ю. М. Санітарно-гігієнічні аспекти проектування водопровідних систем. Дніпро: Наукова думка, 2016. 198 с.

6. Чернишов С. Г. Елементи керування водопровідними мережами. Комунальне господарство міст. 2018. №132. С. 112–118.

7. Литвиненко Ю. С. Економічна ефективність трасування водогонів. Інженерна інфраструктура міст. 2015. №2. С. 45–51.

8. Ткачук О. А, Шадура В. О. Водопровідні мережі : навч.посіб. Рівне : НУВПГ, 2010. 148 с.

9. Ткачук О. А. Системи подачі та розподілення населених пунктів : навч. посіб. Рівне : НУВПГ, 2011. 273 с.

10. Ткачук О. А. Міські інженерні мережі : навч. посіб. Рівне : НУВГП, 2015. 412 с.

11. Котляренко О.М. *Водопостачання і водовідведення*. К.: Ліра-К, 2019.

12. Снитко В.В. *Гідравліка та гідравлічні розрахунки в системах водопостачання*. Харків: УЦЕНП, 2021.

13. Савоcько А.І. *Проєктування систем зовнішнього водопостачання*. Львів: Видавництво Львівської політехніки, 2020.

14. Зацерковний В.І., Бурачек В.Г., Железняк О.О, Терещенко А.О. Геоінформаційні системи і бази даних : монографія . Ніжин : НДУ ім. М. Гоголя, 2014. 492 с. URL: https://core.ac.uk/download/pdf/286619051.pdf

15. EPANET 2 USERS MANUAL.. URL: https://www.microimages.com/documentation/tutorials/epanet2usermanual.pdf

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

17. Лещенко О.П. *Гідротехнічні системи міст*. Київ: УкрДНТЦ, 2018.

18. Фролов Г.М. *Технічна експлуатація систем водопостачання*. Київ: Академія, 2022.

19. Сайт ЛМКП «Львівводоканал». URL: https://lvivvodokanal.com.ua/

20. Добровольська О.Г., Водопровідні мережі : навчально-методичний посібник для здобувачів ступеня вищої освіти бакалавра спеціальності 192 «Будівництво та цивільна інженерія» освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі». Запоріжжя : ЗНУ, 2022. 237 с.

21. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник. Київ : Знання, 2008. 735 с.URL: https://pdf.lib.vntu.edu.ua/books/2016/Tugaj_2009_735.pdf

22. Технічні характеристики насоса Д 630-90. URL: https://konsolnik.com.ua/uk/nasosy-dvostoronnogo-vuhodu-d-1d/nasos_d630-90/

ДОДАТОК А

Таблиця А.1 Сумарне водоспоживання

	Господарсько-питні витрати						Витрата на полив					
	1 район		2 район		3 район		1 район		2 район		3 район	
	%	м³	%	м³	%	м³	Двірники	Механ.	Двірники	Механ.	Двірники	Механ.
0-1	2,5	172	1,5	263	2	106						
1-2	2,65	182	1,5	263	2,1	111						
2-3	2,2	152	1,5	263	1,85	98						
3-4	2,25	155	1,5	263	1,9	100						
4-5	3,2	220	2,5	439	2,85	150						
5-6	3,9	268	3,5	615	3,7	195	109		168		77	
6-7	4,5	309	4,5	790	4,5	238	109	94	167	144	77	66
7-8	5,1	351	5,5	966	5,3	280	109	93	167	143	77	66
8-9	5,35	368	6,25	1097	5,8	306	109	94	167	143	76	66
9-10	5,75	395	6,25	1097	6,05	319		93		144		66
10-11	5,35	368	6,25	1097	5,8	306		94		143		66
11-12	5,25	361	6,25	1097	5,7	301		93		143		66
12-13	4,6	316	5	878	4,8	253		94		144		66
13-14	4,4	303	5	878	4,7	248		93		143		65
14-15	4,6	316	5,5	965	5,05	266	109	94	167	143	76	65
15-16	4,6	316	6	1053	5,3	280	109	93	167	144	76	65
16-17	4,9	337	6	1053	5,45	287	109	94	167	143	76	65
17-18	4,8	330	5,5	965	5,05	265	110	93	167	143	76	65
18-19	4,7	323	5	878	4,85	256		94		143		65
19-20	4,5	309	4,5	790	4,5	237		93		143		65
20-21	4,4	302	4	702	4,2	222						
21-22	4,2	289	3	527	3,6	189						
22-23	3,6	247	2	351	2,85	150						
23-24	2,7	186	1,5	263	2,1	111						
Всього	**100**	**6875**	**100**	**17553**	**100**	**5274**	**873**	**1309**	**1337**	**2006**	**611**	**917**

продовження таблиці А.1

Вир.	Господарсько-питні потреби				Душ	Виробн	Господарсько-питні потреби				Душ	Загальна витрата	
	Гар.цеха		Хол.цеха				Гар.цеха		Хол.цеха				
м3	%	м3	%	м3	м3	м3	%	м3	%	м3	м3	%	м3
											60	1,198	600,61
												1,11	556,21
												1,02	512,08
												1,032	518,15
												1,61	809,09
												2,85	1430,27
												3,973	1991,58
350	12,05	0,27	6,25	0,70								5,19	2601,43
350	12,05	0,27	12,5	1,40		467,19	12,05	1,51	6,25	0,65		6,48	3246,69
350	12,05	0,27	12,5	1,40		467,19	12,05	1,51	12,50	1,31		5,86	2935,34
350	12,05	0,27	18,75	2,10		467,19	12,05	1,51	12,50	1,31		5,78	2895,35
350	12,05	0,27	6,25	0,70		467,19	12,05	1,51	18,75	1,97		5,75	2882,47
350	12,05	0,27	12,5	1,40		467,19	12,05	1,51	6,25	0,65		5,13	2570,29
350	12,05	0,27	12,5	1,40		467,19	12,05	1,51	12,50	1,31		5,09	2551,97
350	15,65	0,35	18,75	2,10		467,19	12,05	1,51	12,50	1,31		6,04	3025,37
350	12,05	0,16	6,25	0,42	50	467,19	15,65	1,97	18,75	1,97		6,34	3175,54
350	12,05	0,16	12,5	0,84		467,19	12,05	1,3	6,25	0,56	70	6,43	3222,41
350	12,05	0,16	12,5	0,84		467,19	12,05	1,3	12,50	1,13		6,06	3037,29
350	12,05	0,16	18,75	1,27		467,19	12,05	1,3	12,50	1,13		5,15	2579,93
350	12,05	0,16	6,25	0,42		467,19	12,05	1,3	18,75	1,70		4,91	2459,65
350	12,05	0,16	12,5	0,84		467,19	12,05	1,3	6,25	0,56		4,08	2046,25
350	12,05	0,16	12,5	0,84		467,19	12,05	1,3	12,50	1,13		3,65	1825,78
350	15,65	0,21	18,75	1,27		467,19	12,05	1,3	12,50	1,13		3,15	1569,94
					30	467,19	15,65	1,69	18,75	1,70		2,12	1060,21
5600	**200**	**3,60**	**200**	**18,00**	**80**	**7475**	**200**	**23,40**	**200,00**	**19,50**	**130**	**100,00**	**50104,83**