МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

НАВЧАЛЬНО-НАУКОВИЙ ІНСТИТУТ БУДІВНИЦТВА, ЗЕМЛЕУСТРОЮ ТА ЦИВІЛЬНОЇ ІНЖЕНЕРІЇ

КАФЕДРА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ВОДОВІДВЕДЕННЯ І ОЧИЩЕННЯ ВОД

Пояснювальна записка
до кваліфікаційної роботи
першого (бакалаврського) рівня освіти

на тему **«ПРОЄКТУВАННЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ ТА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ДРУГОГО ПІДЙОМУ ДЛЯ МІСТА З КІЛЬКІСТЮ МЕШКАНЦІВ 125 000 ЧОЛОВІК»**

Виконав: здобувач освіти 4-го курсу,
групи ГБтаВТ 2022-1
спеціальності
194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології
освітня програма «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»
Кононенко Я.І.
Керівник доц. Шевченко Т.О.
Рецензент проф. Карагяур А.С.

Харків – 2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО ГОСПОДАРСТВА імені О.М. БЕКЕТОВА

Факультет **Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії**
Кафедра **Водопостачання, водовідведення і очищення вод**
Освітній рівень **перший (бакалаврський)**
Спеціальність **194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології**
Освітня програма **«Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»**

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри ВВ і ОВ
_____ **проф. Карагяур А.С.**
«____»_____ 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ

Кононенку Ярославу Івановичу

1. Тема роботи: *«Проєктування водопровідної мережі та насосної станції другого підйому для міста з кількістю мешканців 125 000 чоловік»*

керівник роботи *Шевченко Тамара Олександрівна, канд. техн. наук, доцент,* затверджені наказом вищого навчального закладу від *22.05.2026* року № *441-03*

2. Строк подання здобувачем роботи *18.06.2026 р.*
3. Вихідні дані до роботи: *генплан міста; Район 1 – 9-типоверхова забудова площею 70,5 га, щільність населення 440 чол/г, норма водоспоживання – 230 л/добу на 1 ос.; Район II – 8-миповерхова забудова площею 95га, щільність населення 420 чол/га, норма водоспоживання – 160 л/добу на 1 ос.; Район III – 6-типоверхова забудова площею 146 га; щільність населення 370 чол/га, норма водоспоживання – 350 л/добу на 1 ос.; два промислових підприємства.*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) *4.1 Загальні відомості. 4.2 Технологічна частина. 4.3 Експлуатація водопровідних мереж та насосної станції II підйому. 4.4 Охорона праці.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)
5.1 Технологічна частина – 6 креслень

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
1. Загальні відомості	доц. Шевченко Т.О.		
2. Технологічна частина	доц. Шевченко Т.О.		
3. Експлуатація водопровідних мереж та насосної станції II підйому	доц. Шевченко Т.О.		
4. Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		
Показник оригінальності кваліфікаційної роботи	доц. Сорокіна К.Б.		

7. Дата видачі завдання *11.05.2026 року*

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальні відомості	15.05–27.05.2026	
2	Технологічна частина	15.05–10.06.2026	
3	Експлуатація водопровідних мереж та насосної станції II підйому	28.05–10.06.2026	
4	Охорона праці	10.06–17.06.2026	
5	Графічна частина	25.05–15.06.2026	
6	Оформлення та захист	18.06–24.06.2026	

Здобувач освіти _____ **Кононенко Я.І.**

Керівник роботи _____ **Шевченко Т.О.**

ЗМІСТ

ВСТУП…….. 7
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ…….. 8
1.1 Характеристика об’єкту проєктування…… 8
1.2 Гідрологічна характеристика поверхневих джерел регіону…… 10
1.3 Характеристика забудови міста та визначення розрахункової кількості населення……. 11
1.4 Загальна характеристика системи розподілу води та її основних елементів…….. 13
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА…… 15
2.1 Визначення розрахункового добового водоспоживання міста… 15
2.2 Режим водоспоживання міста…….. 18
2.3 Трасування водопровідної мережі та її конструктивні особливості…….. 20
2.4 Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі населеного пункту за Варіантом 1……. 23
2.4.1 Особливості характерних режимів роботи мережі…….. 23
2.4.2 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат…….. 23
2.4.3 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі……. 24
2.4.4 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері.. 25
2.4.5 Визначення п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі……. 34
2.5 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат (Варіант 2)…. 34
2.5.1 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі……. 35
2.5.2 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері.. 43
2.5.3 Визначення п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі……. 43
2.6 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат (Варіант 3)…. 44

2.6.1 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі…….. 44
2.6.2 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері… 45
2.6.3 Визначення п’єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі…….. 53
2.7 Визначення параметрів насосної станції другого підйому…….. 53
2.7.1 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів для Варіанту 1…… 54
2.7.2 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 1…… 57
2.7.3 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 2…… 61
2.7.4 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 3…….. 62
2.8 Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції…. 64
2.9 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів. 64
2.9.1 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів для Варіантів 1 та 3…….. 66
2.9.2 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів для Варіанту 2…….. 68
Висновок до Розділу 2…… 64
3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ТА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІІ ПІДЙОМУ…… 69
3.1 Загальні положення та організація експлуатації…… 69
3.2 Обов'язки експлуатаційного та технічного персоналу……. 69
3.3 Приймання споруд та обладнання в експлуатацію…… 70
3.4 Технічна експлуатація зовнішніх водопровідних мереж…….70
3.5 Експлуатація насосних станцій другого підйому (НС-ІІ)…… 73
3.5.1 Технологічна схема та режими роботи НС-ІІ…… 73
3.5.2 Пуск, зупинка та обслуговування насосних агрегатів……. 73

3.5.3 Технічне обслуговування та поточний ремонт (ППР)…… 74
3.5.4 Автоматизація та диспетчеризація (SCADA)…… 75
3.6 Санітарно-гігієнічні вимоги до мікроклімату…… 76
3.7 Протипожежне устаткування та безпека приміщень…….. 77
3.8 Охорона праці, безпека життєдіяльності та дії в аварійних ситуаціях…… 79
3.9 Технічна документація та звітність…… 81
Висновки до Розділу 3…… 82
4 ОХОРОНА ПРАЦІ…… 83
4.1 Аналіз небезпечних та шкідливих виробничих факторів на водопровідній насосній станції…… 83
4.2 Розташування ВНС…… 84
4.3 Забезпечення освітленості виробничих приміщень і робочих місць…… 86
4.4 Вентиляція й опалення…… 87
4.5 Шум та вібрація…… 88
4.6 Індивідуальний захист…… 89
4.7 Індивідуальні завдання…… 90
Висновки до Розділу 4…… 95
ВИСНОВКИ…… 96
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…… 98
ДОДАТОК 1…… 100
ДОДАТОК 2…… 101

ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра складається з чотирьох розділів, загальних висновків, списку джерел і графічної частини. Загальний обсяг кваліфікаційної роботи складає 101 сторінку, 34 таблиці, 5 рисунків, список використаних джерел містить 16 позицій.

КІЛЬЦЕВА ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, НАСОСНА СТАНЦІЯ ІІ ПІДЙОМУ, ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК, РЕЖИМИ РОБОТИ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ, НАСОСИ

Мета роботи – на основі порівняння різних схем трасування водопровідної мережі обрати найбільш раціональну схему трасування та запроєктувати насосну станцію ІІ підйому.

Під водопостачанням слід розуміти цілісну сукупність інженерних об'єктів та споруд, що призначені для видобутку водних ресурсів із джерела, їхнього подальшого очищення до нормативної якості, акумулювання в резервуарах, забезпечення необхідного тиску, а також транспортування і безпосереднього розподілу між кінцевими споживачами. Постійне забезпечення жителів чистою питною водою є критично важливим завданням, оскільки воно виконує бар'єрну функцію, захищаючи населення від спалахів різноманітних інфекційних та епідемічних захворювань, що поширюються водним шляхом.

Стабільне та надійне подання води водоспоживачам реалізується через централізовані системи водопроводу, невіддільним елементом яких виступають розгалужені водопровідні мережі. Подача нормативних обсягів води в межі населеного пункту є ключовим фактором, який дозволяє суттєво підвищити загальний рівень його комунального благоустрою та санітарної культури.

Кваліфікаційна робота бакалавра присвячена проєктуванню водопровідної мережі та насосної станції ІІ підйому на основі порівняння трьох варіантів результатів гідравлічного розрахунку мережі.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Характеристика об’єкту проєктування

Метою кваліфікаційної роботи бакалавра є проєктування міської системи централізованого водопостачання. Базові розрахункові параметри та характеристики об'єкта наведено нижче.

Регіон проєктування: Полтавська область.

Перший район має дев’ятиповерхову забудову загальною площею 70,5 га та санітарно-технічне забезпечення будівель передбачає наявність внутрішніх мереж холодного водопостачання і каналізації, а також ванн, підключених до індивідуальних водонагрівальних установок. Розрахункова щільність проживання населення на даній території становить 440 чол/га.

Другий район має восьмипоферхову забудову загальною площею 95 га. Ступінь внутрішнього благоустрою будівель: господарсько-питне водопостачання та водовідведення (без централізованого гарячого водопостачання). Розрахункова щільність розподілу населення складає 420 чол/га.

Третій район має шестиповерхову забудову загальною площею 146га; ступінь благоустрою – з централізованим гарячим водопостачанням, щільність населення – 370 чол/га.

Характеристика ґрунтів: суглинки, чорноземи.

Глибина промерзання товщі ґрунту: 1,1 м.

Рівень залягання підземних вод: 5,0 м.

Виробниче водоспоживання підприємства: 90 м³/год.

Джерело водопостачання – річка, мінімальна витрата у меженний період: 12 м³/с. Швидкість течії водотоку: від 0,35 м/с (мінімальна) до 0,80 м/с (максимальна).

Гідродинамічна амплітуда коливання рівня: 4,5 м.

Глибина річки у створі водозабору: 2,8 м.

Розрахункова товщина льодового покриву: 0,4 м.

Протяжність самопливних водоводів: 90 м.

Категорія експлуатаційних умов водотоку: С (середня складність).

Фізико-хімічні показники якості вихідної води:

Вміст завислих речовин (каламутність): 220 мг/л.

Забарвленість: 35 градусів.

Загальна жорсткість: 5,4 мг-екв/л.

Карбонатна (тимчасова) жорсткість: 3,8 мг-екв/л.

Аналіз кліматичних умов Полтавського регіону є базою для розрахунку добового графіка водоспоживання, оптимізації режимів роботи водопровідних мереж, визначення глибини закладання трубопроводів для запобігання їх промерзанню, а також для вибору технологічної схеми очищення води (в даній кваліфікаційній роботі проєктування очисних споруд водопостачання не передбачено).

Кліматичний профіль району будівництва:

Тип кліматичної зони: помірно континентальний;

Температурні показники атмосферного повітря:

- середня температура січня: -5...-6,5 °С;
- середня температура липня: +21...+22,5 °С;
- абсолютний мінімум: -32 °С;
- абсолютний максимум: +39 °С.

Нижче наведено зведені дані, що безпосередньо впливають на інженерні рішення при розробці системи водопостачання (табл. 1.1).

Таблиця 1.1 – Кліматичні параметри району проєктування

Параметр	Вплив на проєкт
Глибина промерзання	Водопровідні труби слід прокладати на глибину не менше 1,3 м для надійного захисту від замерзання.
Температура взимку	Потребує меншої товщини теплоізоляції надземних ділянок і колодязів, ніж у північних областях, але захист є обов'язковим.
Наявність снігу	Покрив нестабільний і менш потужний. Не варто закладати значну економію на утепленні через ризик безсніжних морозів.
Опади	Помірні, зі схильністю до літніх посух. Збір дощової води є менш ефективним через нерівномірність

Параметр	Вплив на проєкт
	опадів.
Рівень водоспоживання	Значні сезонні коливання: влітку витрати суттєво зростають через тривалі посушливі періоди та полив.

1.2 Гідрологічна характеристика поверхневих джерел регіону

Полтавська область володіє розвиненою гідрографічною сіткою басейну Дніпра. Для організації централізованого водопостачання найбільше стратегічне значення мають такі водотоки:

Річка Псел – ліва притока Дніпра, що є однією з головних водних артерій регіону. Протяжність у межах області становить близько 350 км. Русло має ширину 30-80 м (у нижній течії – до 100 м) при середній глибині 1,5-3,0 м (максимальні глибини в плесах сягають 5-6 м). Середній багаторічний розхід води в районі с. Запсілля становить 48,7 м³/с.

Річка Псел має високий дебіт, достатній для покриття потреб великих споживачів; стабільність стоку завдяки регулюванню гідровузлами та малими водосховищами. Проте, р. Псел характеризується інтенсивним зростанням каламутності під час весняного паводка; підвищеним рівнем природної мінералізації. При проєктування очисних споруд водопостачання потребує обов’язкового застосування класичних схем реагентного очищення та знезараження.

Річка Ворскла – ліва притока Дніпра, яка перетинає центральну частину області та забезпечує водою обласний центр. Довжина водотоку в межах регіону – 226 км. Ширина русла варіюється в межах 35-50 м (окремі розширення – до 100 м), середня глибина становить 1,5-2,5 м. Вода має задовільні вихідні органолептичні показники, проте спостерігається антропогенний та техногенний вплив у створах нижче великих урбанізованих зон. Водотік придатний для господарсько-питного та промислового водозабору за умови належного очищення.

Інші поверхневі водотоки (Сула, Хорол, Оржиця, Оріль) – малі та середні річки місцевого значення. Здебільшого вони використовуються у

якості джерел технічного водопостачання, для локальних сільських мереж або в системах меліорації. Якісний склад води, зокрема твердість та вміст біогенних елементів, суттєво залежить від сезонності та інтенсивності аграрного виробництва на водозбірній площі (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 – Якісні показники водних джерел

Показник	Псел (середнє значення)	Норма для господарсько-питного водопостачання
Каламутність	15–60 мг/дм³ (навесні – до 120)	≤1,5 мг/дм³ (після очищення)
Заг. жорсткість	5,2–6,8 ммоль/дм³	1,5–7
Залізо загальне	0,2–0,4 мг/дм³	≤0,3
Азот амонійний	до 0,6 мг/дм³	≤0,5
Окиснюваність ($БПК_5$)	3–6 мг/дм³	≤3 (після очищення)
Мікробіологія	нестабільна, потрібне хлорування	не допускаються патогени

1.3 Характеристика житлової забудови міста та визначення розрахункової чисельності населення

Відповідно до архітектурно-планувальних рішень, генерального плану та щільності розселення мешканців, територія проєктуємого населеного пункту загальною площею 581,5 га розділена на три автономні житлові райони. Кожен із них характеризується індивідуальними параметрами поверховості, просторового розташування та ступеня санітарно-технічного благоустрою:

- Житловий район № 1: охоплює територію площею 70,5 га і представлений багатоповерховою житловою забудовою висотністю в 9 поверхів. Будинки цього сектора оснащені внутрішніми мережами господарсько-питного водопроводу, централізованого водовідведення (каналізації) та обладнані ванними кімнатами з децентралізованими (місцевими) водонагрівальними приладами (газовими колонками або електричними бойлерами). Розрахункова щільність демографічного навантаження становить 440 чол./га.

- Житловий район № 2: Характеризується капітальною забудовою висотністю у 8 поверхів із загальною площею житлового масиву 95,0 га. Рівень внутрішнього інженерного благоустрою передбачає наявність систем холодного водопостачання та водовідведення господарсько-побутових стічних вод. Показник щільності заселення цієї містобудівної зони складає 420 чол./га.

- Житловий район № 3: Охоплює найбільшу площу селитебної території міста – 146,0 га, яка забудована будинками середньої поверховості (6 поверхів). Будівлі даного району мають найвищий ступінь комунального комфорту, що включає внутрішні мережі водопроводу, каналізації та закриту систему централізованого гарячого водопостачання (ГВС). Щільність проживання населення на цій території дорівнює 370 чол./га.

Окрім житлових масивів, на території населеного пункту розташовані два промислових підприємства, які забезпечуються водою нормативної якості безпосередньо з міської централізованої водопровідної мережі. Детальна інженерно-технологічна характеристика цих промпідприємств наведена нижче в таблиці 1.3.

Таблиця 1.3 – Характеристика промислових підприємств

№ П/П	Кількість працюючих за змінами	Кількість працюючих в гар. цехах, %	Характеристика технологічного процесу	Витрати води на промислові потреби, $м^3$/добу	Об'єм найбільшої будівлі, тис. $м^3$	Ступінь вогнестійкості конструкції
П/П 1	1800 1400 1200	50%	Іа, II в	8000	40	II кат Д
П/П 2	600 600 –	20%	Іа, Іб	4000	15	I кат Г

Кількість населення в кожному районі визначається за формулою:

$$N_i = P_i \cdot F_i, \tag{1.1}$$

де P_i – щільність населення, чол./га;

F_i – площа району міста, га.

$$N_{\text{I}} = 440 \cdot 70{,}5 = 31020 \text{ ос.},$$

$$N_{\text{II}} = 420 \cdot 95 = 39900 \text{ ос.},$$

$$N_{\text{III}} = 370 \cdot 146 = 54020 \text{ ос.}$$

Разом: 124 940 чол.

1.4 Загальна характеристика системи розподілу води та її основних елементів

Зважаючи на порівняно компактні територіальні розміри населеного пункту, відносно спокійний (пологий) рельєф місцевості, а також той факт, що необхідні вільні напори для забезпечення різних категорій водоспоживачів та окремих житлових районів відрізняються незначно, у проєкті обґрунтовано прийнято однозонну систему водопостачання.

Таке рішення дозволяє спростити загальну гідравлічну схему роботи споруд, знизити капіталовкладення на будівництво додаткових зонних насосних станцій та оптимізувати експлуатаційні витрати на подачу води. Для гарантування високого рівня безперебійності, надійності та сталого процесу розподілу води серед населення, а також запобігання гідроударам і застоюванню води в лініях, до реалізації прийнята кільцева водопровідна мережа (рис. 1.1).

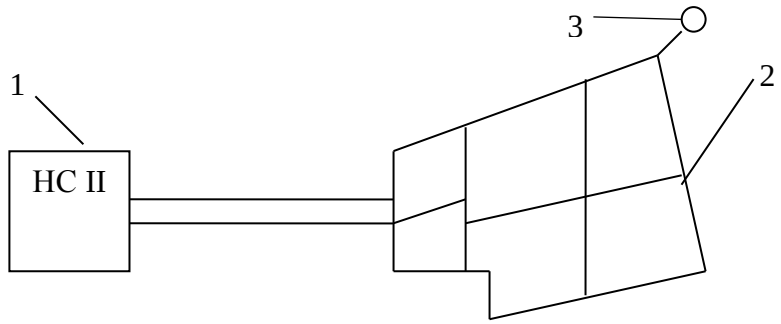
Кільцева структура, на відміну від тупикової, забезпечує безперервну циркуляцію води та дозволяє здійснювати ремонт окремих ділянок мережі без відключення великої кількості споживачів. Водонапірна башта (контррезервуар) територіально розташовується у найбільш віддаленій точці відносно насосної станції другого підйому (НС-II), що відповідно до генерального плану міста збігається з геодезично найвищою відміткою рельєфу місцевості.

З огляду на таке просторове розміщення споруд, базовою розрахунковою моделлю водопостачання обрано схему двобічного живлення

мережі з контррезервуаром (розташування башти в кінці мережі). Зазначена інженерна схема функціонує у двох основних режимах:

1. В години мінімального водоспоживання: насосна станція другого підйому подає воду в мережу з надлишком. Цей надлишок проходить транзитом крізь місто і акумулюється у водонапірній башті в кінці мережі.

2. В години максимального водоспоживання: Коли витрати міста перевищують подачу насосів, вода надходить до споживачів одночасно з двох сторін – від НС-II (на початку мережі) та з водонапірної башти (з кінця мережі). Це дозволяє стабілізувати тиск у системі та суттєво зменшити необхідні діаметри магістральних трубопроводів.



1 – насосна станція другого підйому; 2 – водопровідна мережа міста; 3 – водонапірна башта

Рисунок 1.1 – Принципова схема водопостачання міста:

Загальне водоспоживання міста становить 61 516,09 м³. Проєктом передбачено будівництво насосної станції другого підйому (НС-II), яка працюватиме за ступеневим графіком, максимально адаптованим до погодинного споживання води. Відповідно до схеми з контррезервуаром, у періоди надлишкової подачі вода накопичується у водонапірній башті. Під час пікових навантажень, коли споживання перевищує можливості насосів, дефіцит води покривається внаслідок її відбору з башти.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок добового водоспоживання населеного пункту

На цьому етапі обчислюються об'єми водоспоживання для селитебної зони міста та потреб промислового сектору, а саме:

- господарсько-питні потреби населення та загальний протипожежний запас води;
- санітарне очищення (полив) проїжджих частин вулиць і зелених масивів;
- виробничі потреби двох промислових підприємств (включаючи господарсько-питні витрати, технологічні процеси та роботу душових сіток).

Обсяги води для побутових потреб і благоустрою територій розраховуються індивідуально для кожної адміністративно-територіальної одиниці (району) міста.

Середньодобова витрата води для кожного району, м^3/добу:

$$Q_{\text{доб}.i} = \frac{N_i \cdot q_i}{1000}, \tag{2.1}$$

де q_i – питоме водоспоживання на 1-го мешканця, л/добу на 1 особу, приймається за [1] залежно від благоустрою району;

N_i – розрахункова чисельність населення І-го житлового району, чол.

У зв'язку з нерівномірністю господарсько-питного водоспоживання протягом року, під час проєктування обов'язково обчислюються розрахункові добові витрати води для кожного району в періоди максимального та мінімального навантаження на систему:

$$Q_{доб.\max} = K_{доб.\max} Q_{доб}, \tag{2.2}$$

$$Q_{доб\min} = K_{доб.\min} Q_{доб}, \tag{2.3}$$

де $К_{доб.max}$, $К_{доб.min}$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання відповідного району міста згідно [1]. Приймаємо для всіх районів $К_{доб.max}$ = 1,2, $К_{доб.min}$ = 0,9.

Розрахунок по визначенню добових витрат зведений у таблицю 2.1.

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

Район міста	Розрахункова кількість, чол.	Питома водопотреба, л/добу на 1 особу	Коефіцієнт добової нерівномірності		Добові витрати води, $м^3$/добу		
			$К_{доб\ max}$	$К_{доб\ min}$	Q_i	$Q_{ідоб\ max}$	$Q_{ідоб\ min}$
I	31020	230	1,2	0,9	7134,6	8561,52	6421,14
II	39900	160	1,2	0,9	6384	7660,8	5745,6
III	54020	350	1,2	0,9	18907	22688,4	17016,3
Всього					**32425,6**	**38910,72**	**29183,04**

Добова витрата на поливку вулиць і зелених насаджень визначається за [1]. Із загальної витрати води на поливку 40% використовують двірники, 60% – поливальні машини. Розрахунок водоспоживання на поливку вулиць і зелених насаджень зводиться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Добові витрати води на поливку вулиць та зелених насаджень

Район міста	Розрахункова кількість населення, чол.	Питома витрата на поливку л/доб ос.	Добова витрата води на поливку, $м^3$/добу		
			Всього по району	Двірниками	Поливальними машинами
1	31020	80	2481,6	992,64	1488,96
2	39900	80	3192	1276,8	1915,2
3	54020	80	4321,6	1728,64	2592,96
Всього	124940		9995,2	3998,08	5997,12

Витрата води на промислових підприємствах складається з витрат на господарсько-питні потреби робітників, прийняття душу й виробничі потреби підприємства.

Обсяги води на господарсько-питні потреби робітників підприємств розраховуються для кожної зміни окремо. Розрахунок базується на чисельності персоналу та питомій нормі водоспоживання на одного працівника. На першому підприємстві кількість робітників у гарячих та холодних цехах розподілена порівну (по 50%), тоді як на другому

підприємстві в гарячих цехах задіяно 20% персоналу, а в холодних – 80%. Результати обчислень господарсько-питних витрат для обох промислових об'єктів зведено в таблицю 2.3.

Таблиця 2.3 – Добові витрати на господарсько-питні потреби робітників промислових підприємств

Зміна	Кількість робочих, люд.	Гарячі цехи			Холодні цехи			Загальна витрата води, $м^3$
		Кількість робітників в гарячих цехах, чол.	Норма витрати води, л/чол	Витрати води, $м^3$	Кількість робітників в холодних цехах, чол.	Норма витрати води, л/чол	Витрати води, $м^3$	
ПІДПРИЄМСТВО № 1								
1	1800	900	45	40,5	900	25	22,5	63
2	1400	700	45	31,5	700	25	17,5	49
3	1200	600	45	27	600	25	15	42
Всього	**4400**	**2200**		**99**	**2200**		**55**	**154**
ПІДПРИЄМСТВО № 2								
1	600	120	45	5,4	480	25	12	17,4
2	600	120	45	5,4	480	25	12	17,4
Всього	**1200**	**240**		**10,8**	**960**		**24**	**34,8**

Витрата води на санітарно-гігієнічні потреби (користування душем) на промислових підприємствах обчислюється за формулою:

$$Q = \frac{0{,}5 \sum N_i}{n_i}, \qquad (2.4)$$

де 0,5 – годинна витрата води на 1-ну душову сітку, $м^3$ згідно [2];

N_i – чисельність робітників у цехах з і-ою санітарно-гігієнічною характеристикою виробничих процесів, чол;

n_i – розрахункова чисельність персоналу на одну душову сітку в цехах з і-ою групою санітарної характеристики виробничого процесу;

Результати обчислень витрат води на санітарно-гігієнічні потреби (приймання душу) на промислових об'єктах представлено в таблиці 2.4.

Витрати води на виробничі потреби на першому підприємстві Q_I = 8 000 $м^3$/доб на другому підприємстві Q_{II}= 4 000 $м^3$/доб.

Таблиця 2.4 – Витрата води на користування душем на промислових підприємствах

Цех	Кількість робітників за змінами, чол			Гр. вир.	Кіл. чол. на 1 д.с.	Кількість робочих душових сіток, шт.			Питома витрата на 1 д.с., м^3	Витрата води за змінами, м^3		
	I	II	III			I	II	III		I	II	III
ПІДПРИЄМСТВО №1												
Гарячі цеха	900	700	600	I А	15	60	46	40	0,5	80	23	20
Холодні цеха	900	700	600	II В	15	180	140	120	0,5	90	70	60
Всього	**1800**	**1400**	**1200**						0,5	170	93	80
ПІДПРИЄМСТВО №2												
Гарячі цеха	120	120		I А	15	8	8		0,5	4	4	
Холодні цеха	480	480		I Б	15	32	32		0,5	16	16	
Всього	600	600								20	20	

Розрахункова витрата на пожежогасіння і кількість одночасних пожеж для житлової забудови прийнято за [1]: 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 15 л/с, що відповідає I, II ступені вогнестійкості споруди промислового підприємства при пожежній небезпечності виробництва на ньому, яка відповідає категорії А, Б.

Розрахункова витрата води на пожежогасіння в місті :

$$Q_{пож} = 2 \cdot (40 + 5) + 0{,}5 \cdot 15 = 97{,}5 \text{ л/с}. \quad (2.5)$$

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

$$W_п = \frac{3 \cdot 3600 \cdot Q_{пож}}{1000} = \frac{3 \cdot 3600 \cdot 97{,}5}{1000} = 1053 \text{ м}^3. \quad (2.6)$$

2.2 Режим водоспоживання міста

Для визначення режиму водоспоживання води на господарсько-питні потреби кожного району міста визначаємо максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності:

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

де α_{max} – коефіцієнт, який враховує ступінь благоустрою будівель, режим роботи підприємств та інші місцеві умови, приймається за [1]: $\alpha_{max\ 1}$ = 1,2, $\alpha_{max\ 2}$ = 1,3, $\alpha_{max\ 3}$ =1,4;

β_{max} – коефіцієнт, який враховує чисельність населення в районі приймається за [1]: $\beta_{max\ 1}$ = 1,184, $\beta_{max\ 2}$ = 1,175, $\beta_{max\ 3}$ =1,151.

Розрахунки представлені в таблиці 2.5.

Таблиця 2.5 – Розрахунок коефіцієнтів нерівномірності

Район	α_{imax}	β_{imax}	$K_{imax.}$
I	1,2	1,184	1,65
II	1,3	1,175	1,4
III	1,4	1,151	1,5

Режим витрати води на полив – рівномірний протягом годин доби, при цьому полив силами двірників планується протягом 4 годин зранку і ввечері, а полив машинами – протягом двох змін – 16 годин. Годинна витрата води на полив визначається за формулою:

$$Q_{год.пол.} = Q_{доб.пол.}/T_{пол}\ , \quad (2.8)$$

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

$T_{пол}$ – тривалість поливу, год.

Для господарсько-питного водоспоживання на виробництві коефіцієнти годинної нерівномірності приймаються: для гарячих цехів – 2,5, для холодних – 3.

Вода на використання душу витрачається в необхідній кількості по закінченню відповідної зміни.

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

Всі розрахунки зводяться в таблицю 2.6.

2.3 Трасування водопровідної мережі та її конструктивні особливості

У цій кваліфікаційній роботі прийнято однозонну систему водопостачання з контррезервуаром (водонапірною баштою), розташованим у кінці мережі. Для виконання техніко-економічного аналізу системи подачі та розподілу води розроблено три оптимальні варіанти, які відрізняються трасуванням магістральних ліній та розподілом навантажень на ділянках (В1, В2, В3).

Подача води від насосної станції другого підйому (НС-II) до міської мережі здійснюється двома водоводами завдовжки 2800 м кожен, які підключаються до магістралей у вузлі 1. Загальна схема магістральної мережі населеного пункту налічує 13 кілець для першого та другого варіантів, і 14 кілець – для третього.

Безпосереднє водопостачання житлових кварталів забезпечується розподільчою мережею, лінії якої прокладено по всіх вулицях і проїздах. При такому трасуванні сумарна довжина магістральних трубопроводів становить 21 580 м для варіантів 1 і 2, та 21 940 м – для варіанта 3.

На території міста розташовані два промислових підприємства, підключені до вузлових точок магістралей: ПП № 1 живиться від вузла 1, а ПП № 2 – від вузла 28.

Максимальне транзитне надходження води до водонапірної башти фіксується в інтервалі від 20:00 до 21:00. У цей піковий період насоси подають у мережу 897,11 л/с, з яких 313,59 л/с акумулюється в контррезервуарі. В інженерних схемах із кінцевим розташуванням башти напрямки та обсяги потоків води на ділянках визначаються співвідношенням напорів і подач, що забезпечуються насосною станцією та баштою під час їхньої спільної роботи.

Таблиця 2.6 – Сумарне водоспоживання міста

Години доби	Господарсько-питні витрати						Витрата на полив					
	1 район		2 район		3 район		1 район		2 район		3 район	
	$К_{год\ макс}$ = 1,65		$К_{год\ макс}$ = 1,4		$К_{год\ макс}$ = 1,5		Двірн	Мех	Двірн	Мех	Двірн	Мех
	%	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	$м^3$	$м^3$	$м^3$	$м^3$	$м^3$	$м^3$
0-1	1	214,04	2,5	114,91	1,5	340,32						
1-2	1	226,88	2,65	114,91	1,5	340,32						
2-3	1	188,35	2,2	114,91	1,5	340,32						
3-4	1	192,64	2,25	114,91	1,5	340,32						
4-5	2	273,97	3,2	191,52	2,5	567,20						
5-6	3	333,90	3,9	268,13	3,5	794,08	124,08		159,85		216,08	
6-7	5	385,27	4,5	344,74	4,5	1021,00	124,09	106,36	159,85	139,37	216,08	185,21
7-8	6,5	436,64	5,1	421,34	5,5	1248,00	124,08	106,36	159,85	139,38	216,08	185,22
8-9	6,5	458,04	5,35	478,80	6,25	1418,00	124,08	106,36	159,85	139,37	216,08	185,21
9-10	5,5	500,85	5,85	478,80	6,25	1418,00		106,35		139,37		185,21
10-11	4,5	458,04	5,35	478,80	6,25	1418,00		106,35		139,37		185,21
11-12	5,7	449,48	5,25	478,80	6,25	1418,00		106,35		139,37		185,21
12-13	6,88	393,83	4,6	383,04	5	1134,40		106,35		139,37		185,21
13-14	6,88	376,71	4,4	383,04	5	1134,40		106,35		139,37		185,21
14-15	5,54	393,83	4,6	421,34	5,5	1248,00	124,08	106,35	159,85	139,37	216,08	185,21
15-16	4,5	393,83	4,6	459,65	6	1361,28	124,09	106,35	159,85	139,37	216,08	185,21
16-17	5	419,51	4,9	459,65	6	1361,28	124,08	106,35	159,85	139,37	216,08	185,21
17-18	6,5	393,84	4,6	421,34	5,5	1247,84	124,08	106,36	159,85	139,37	216,08	185,21
18-19	6,5	402,39	4,7	383,04	5	1134,40		106,36		139,38		185,22
19-20	5	385,27	4,5	344,74	4,5	1021,00		106,36		139,37		185,21
20-21	4,5	376,71	4,4	306,43	4	907,52						
21-22	3	359,58	4,2	229,82	3	680,64						
22-23	2	316,78	3,7	153,22	2	453,76						
23-24	1	231,16	2,7	114,91	1,5	340,32						
Всього	**100**	**8561,517**	**100**	**7660,80**	**100**	**22688,40**	**992,66**	**1488,96**	**1278,8**	**1951,20**	**1728,64**	**2592,96**

Продовження таблиці 2.6.

Виробн.	Господарсько-питні потреби				Душ	Виробн.	Господарсько-питні потреби				Душ	Загальна витрата	
	Гарячі цеха		Холодні цеха				Гарячі цеха		Холодні цеха				
$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	$м^3$	$м^3$	%	$м^3$	%	$м^3$	$м^3$	%	$м^3$
333,34	15,65	4,90	18,75	3,30	93	166,6	15,65	0,85	18,75	2,25	20	2,10	1293,51
333,34	12,05	3,25	6,25	0,90		166,6						1,93	1186,20
333,34	12,05	3,25	12,5	1,90		166,6						1,90	1148,68
333,33	12,05	3,25	12,5	1,90		166,6						1,87	1152,952
333,33	12,05	3,25	18,75	2,80		166,7						2,30	1538,77
333,33	12,05	3,25	6,25	0,90		166,7						3,70	2400,30
333,33	12,05	3,25	12,5	1,90		166,7						5,18	3187,14
333,33	15,65	3,30	12,5	1,90		166,7						6,10	3542,18
333,33	12,05	4,20	18,75	2,80	80	166,7						6,30	3872,82
333,33	12,05	4,90	6,25	1,40		166,7	12,05	0,65	6,25	0,75		5,42	3336,31
333,33	12,05	4,90	12,5	2,80		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		4,70	3295,65
333,33	12,05	4,90	12,5	2,80		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		5,34	3287,09
333,33	12,05	4,80	18,75	4,20		166,7	12,05	0,65	18,75	2,25		5,30	2854,13
333,33	12,05	4,90	6,25	1,40		166,7	12,05	0,65	6,25	0,75		4,60	2832,81
333,33	12,05	4,90	12,5	2,80		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		5,70	3503,99
333,33	12,05	4,90	12,5	2,80		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		5,38	3655,59
333,33	15,65	6,30	18,75	4,30	170	166,7	15,65	0,85	18,75	2,25	20	6,30	3875,11
333,33	12,05	3,80	6,25	1,10		166,7	12,05	0,65	6,25	0,75		6,00	3500,30
333,33	12,05	3,80	12,5	2,20		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		4,65	2858,97
333,33	12,05	3,80	12,5	2,20		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		4,37	2690,12
333,33	12,05	3,80	18,75	3,30		166,7	12,05	0,65	18,75	2,25		3,41	2100,69
333,33	12,05	3,80	6,25	1,10		166,7	12,05	0,65	6,25	0,75		2,87	1776,38
333,33	12,05	3,80	12,5	2,10		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		2,30	1431,83
333,33	12,05	3,80	12,5	2,20		166,7	12,05	0,65	12,50	1,50		1,94	1194,57
7999,95	**300**	**99,00**	**300**	**55,00**	**343**	**4000,4**	**200**	**10,80**	**200,00**	**24,00**	**40**	**100**	**61516,09**

2.4 Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі населеного пункту за Варіантом 1

2.4.1 Особливості характерних режимів роботи мережі

Вибір місця розташування водонапірної башти в мережі зумовлений рельєфом місцевості та обраною конструктивною схемою. Для мінімізації висоти стовбура башти її доцільно розміщувати на найвищих геодезичних відмітках. Оскільки така точка знаходиться в кінці мережі, у проєкті прийнято схему з контррезервуаром.

Гідравлічний розрахунок системи виконується для таких характерних режимів роботи:

- Максимальне господарсько-питне водоспоживання – визначає максимальні робочі напори та витрати у звичайних умовах.
- Сумісна робота під час пожежогасіння – перевірочний розрахунок системи на випадок ліквідації пожеж у період максимального водорозбору.
- Транзитний режим (інтервал 20:00–21:00) – специфічний розрахунок для схем із контррезервуаром, який характеризується максимальним накопиченням надлишків води у башті.

2.4.2 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат

Гідравлічні параметри (питомі та шляхові витрати) визначено для режимів максимального водорозбору й максимального транзиту води до башти; результати обчислень наведено в таблицях 2.7–2.10. Вузлові навантаження сформовані для всіх характерних режимів функціонування системи. Згідно з графіком споживання, максимальний годинний відбір води складає 3875,11 м³ і припадає на проміжок 16:00–17:00. Режим максимального транзиту реалізується в години низького водозабору (20:00–21:00), коли поточне споживання міста знижується до 2100,69 м³, а надлишки води акумулюються в башті.

Питома витрата *i*-того району при максимальному водоспоживанні:

$$q_{пит} = (Q_i - \sum Q_{ci}) \cdot \sum l, \quad (2.9)$$

де Q_i – повна витрата води, що відбирається з мережі при максимальному водоспоживанні, л/с

$\sum Q_{ci}$ – сумарна зосереджена витрата в *i*-тому районі, л/с

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

Шляхові витрати ділянок:

$$Q_{шл} = q_{пит} \cdot l_n, \quad (2.10)$$

де l_n – розрахункова довжина розглянутої ділянки, м.

Вузлові витрати для випадку максимального водоспоживання:

$$Q_{вуз\ i} = 0{,}5 \cdot \sum Q_{шл}, \quad (2.11)$$

де $\sum Q_n$ – сума шляхових витрат ділянок, які примикають до *i*-того вузла.

2.4.3 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі

Розподіл витрат води у вузлі збігу потоків (вузлі підключення контррезервуара) між суміжними ділянками мережі виконується з дотриманням такої умови:

$$\sum q_{i-k} - Q_{вуз.} = 0, \quad (2.12)$$

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

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

Для систем із розташуванням водонапірної башти на кінці мережі підбір діаметрів окремих ділянок здійснюється за розрахунковими витратами води в режимі максимального господарсько-питного водорозбору.

Попередній розподіл потоків виконується на розрахункових схемах мережі для трьох характерних станів: режиму максимального водоспоживання, перевірочного режиму пожежогасіння у годину максимального водорозбору та режиму транзиту води.

2.4.4 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері

Метою гідравлічної ув'язки є встановлення істинного потокорозподілу на ділянках мережі із зафіксованими діаметрами трубопроводів. Математична модель ув'язки описується рівнянням закону Кірхгофа:

$$\sum h_{i-k} = 0, \tag{2.13}$$

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

Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі виконується автоматизовано за допомогою спеціалізованого програмного комплексу GIDRAST. Результати розрахунків для всіх трьох режимів фіксуються у таблицях 2.11–2.13. Фактичний (дійсний) розподіл потоків і витрат відображається на розрахункових схемах мережі для режиму максимального господарсько-питного водорозбору, перевірочного режиму пожежогасіння та режиму транзиту води у контррезервуар.

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

Гідравлічний розрахунок напорів розпочинається з пошуку диктуючої (найбільш невигідної) точки мережі. Вона являє собою вузол, який для забезпечення нормативного тиску вимагає максимальної п’єзометричної відмітки у місці підключення магістральних водоводів до мережі.

Необхідні п’єзометричні відмітки у вузлових точках системи визначаються за залежністю:

$$\text{П}_\text{і} = \text{Н}_{\text{вільн і}} + \text{z}_\text{і}, \tag{2.14}$$

де $\text{Н}_{\text{вільн і}}$ – потрібний вільний напір у вузлі, м;

$\text{z}_\text{і}$ – абсолютна позначка і-го вузлу, м.

$$\text{Н}_{\text{вільн і}} = 10 + 4(n-1), \tag{2.15}$$

де n – кількість поверхів житлових будинків району, що розглядається.

За результатами гідравлічного аналізу встановлено критичні (диктуючі) точки для кожного розрахункового стану системи:

- У режимі максимального водоспоживання диктуючим є вузол 28.
- У перевірочному режимі пожежогасіння під час пікового годинного навантаження диктуючим також залишається вузол 28.
- У режимі максимального транзиту води найнесприятливішою точкою є місце розташування водонапірної башти (контррезервуара).

Графічне відображення гідравлічних параметрів та напрямків потоків представлено на розрахункових схемах мережі.

Таблиця 2.7 – Визначення шляхових витрат для випадку максимального водоспоживання (Варіант 1)

Район 1				Район 2				Район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--2	640	0,1178	75,387	8--9	520	0,0492	12,79	19--18	650	0,0658	21,39
1--6	600	0,0391	11,73	9--10	160	0,0492	3,94	17--18	260	0,0658	8,55
2--5	610	0,0391	23,2	10--11	360	0,0492	8,86	17--16	230	0,0658	7,57
3--4	620	0,0391	11,8	11--12	410	0,0492	10,09	16--15	250	0,0658	8,23
7--8	400	0,0391	7,82	12--14	540	0,0492	13,28	15--14	350	0,0658	11,52
6--9	400	0,0391	15,64	10--16	840	0,0492	41,33	13--14	120	0,0658	3,95
5--11	400	0,0391	15,64	9--18	970	0,0492	47,72	13--24	940	0,0658	30,93
4--12	400	0,0391	7,82	8--19	1230	0,0492	30,26	15--23	940	0,0658	61,85
1--2	430	0,0391	8,41	19--18	650	0,0492	15,99	17--22	940	0,0658	61,85
2--3	370	0,0391	7,23	17--18	260	0,0492	6,4	18--21	1000	0,0658	65,8
7--6	500	0,0391	9,78	17--16	230	0,0492	5,66	19--20	1030	0,0658	33,9
6--5	470	0,0391	17,7	16--15	250	0,0492	6,15	21--28	380	0,0658	12,5
5--4	390	0,0391	14,8	15--14	350	0,0492	8,61	25--26	330	0,0658	10,86
8--9	520	0,0391	10,17					24--25	250	0,0658	8,25
9--10	160	0,0391	3,13					25--23	220	0,0658	14,48
10--11	360	0,0391	7,04					23--22	500	0,0658	32,9
11--12	410	0,0391	8,02					27--28	800	0,0658	26,32
								22-27	330	0,0658	21,71
								26--27	720	0,0658	23,69
								20--21	720	0,0658	23,69
								Всього по 3 раойнам			880,9

Таблиця 2.8 – Визначення вузлових витрат для випадку максимального водоспоживання (Варіант 1)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
2	2--3			15	15--16		
	2--5	38,84			15--14		
3	3--2				15--23	96,352	48,18
	3--4	19,034	9,52	16	16--15		
4	4--3				16--17		
	4--5				16--10	68,928	34,46
	4--12	34,42	17,21	17	17--16		
5	5--6				17--18		
	5--4				17--22	90,027	45,01
	5--11			18	18--17		
	5--2	71,34	35,67		18--9		
6	6--5				18--21		
	6--9				18--19	165,849	82,92
	6--1			19	19--8		
	6--7	54,845	27,42		19--18		
7	7--8				19--20	101,533	50,77
	7--6	17,595	8,8	20	20--19		
8	8--9				20--21	57,588	28,79
	8--7			21	21--18		
	8--19	61,036	30,52		21--20		
9	9--8				21--28	101,99	51
	9--6			22	22--17		
	9--10				22--23		
	9--18	93,386	46,69		22--27	116,466	58,23
10	10--9			23	23--15		
	10--16				23--22		
	10--11	64,286	32,14		23--25	109,228	54,61
11	11--5			24	24--13		
	11--10				24--25	39,176	19,59
	11--12	49,636	24,82	25	25--23		
12	12--11				25--24		
	12--4				25--26	33,583	16,79
	12--14	39,206	19,6	26	26--25		
13	13--14				26--27	34,545	17,27
	13--24	34,874	17,44	27	27--22		
14	14--15				27--26		
	14--12				27--28	71,722	35,86
	14--13	37,357	18,68	28	28--21		
					28--27	38,822	19,41
				Всього		**1761,799**	**880,9**

Таблиця 2.9 – Визначення шляхових витрат для випадку максимального транзиту у башту (Варіант 1)

Район 1				Район 2				Район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--6	600	300	0,024	8--9	520	260	0,021	19--18	650	325	0,032
2--5	610	610	0,024	9--10	160	80	0,021	17--18	260	130	0,032
3--4	620	310	0,024	10--11	360	180	0,021	17--16	230	115	0,032
7--8	400	200	0,024	11--12	410	205	0,021	16--15	250	125	0,032
6--9	400	400	0,024	12--14	540	270	0,021	15--14	350	175	0,032
5--11	400	400	0,024	10--16	840	840	0,021	13--14	120	60	0,032
4--12	400	200	0,024	9--18	970	970	0,021	13--24	940	470	0,032
1--2	430	215	0,024	8--19	1230	615	0,021	15--23	940	940	0,032
2--3	370	185	0,024	19--18	650	325	0,021	17--22	940	940	0,032
7--6	500	250	0,024	17--18	260	130	0,021	18--21	1000	1000	0,032
6--5	470	470	0,024	17--16	230	115	0,021	19--20	1030	515	0,032
5--4	390	390	0,024	16--15	250	125	0,021	21--28	380	190	0,032
8--9	520	260	0,024	15--14	350	175	0,021	25--26	330	165	0,032
9--10	160	80	0,024					24--25	250	125	0,032
10--11	360	180	0,024					25--23	220	220	0,032
11--12	410	205	0,024					23--22	500	500	0,032
								27--28	800	400	0,032
								22-27	330	330	0,032
								26--27	720	360	0,032
								20--21	720	360	0,032
								Всього по 3 районам			441,85

Таблиця 2.10 – Визначення вузлових витрат для випадку максимального транзиту в башту (Варіант 1)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
1	1-2 1-6	12,390	6,20	15	15-16 15-14 15-23	46,160	23,08
2	2-1 2-3 2-5	24,290	12,15	16	16-15 16-17 16-10	30,550	15,28
3	3-2 3-4	11,910	5,96	17	17-16 17-18 17-22	43,220	21,61
4	4-3 4-5 4-12	21,640	10,82	18	18-17 18-9 18-21 18-19	76,600	38,30
5	5-6 5-4 5-11 5-2	45,010	22,51	19	19-8 19-18 19-20	46,730	23,37
6	6-5 6-9 6-1 6-7	34,220	17,11	20	20-19 20-21	28,250	14,13
7	7-8 7-6	10,84	5,42	21	21-18 21-20 21-28	49,850	24,93
8	8-9 8-7 8-19	29,510	14,76	22	22-17 22-23 22-27	56,780	28,39
9	9-8 9-6 9-10 9-18	45,520	22,76	23	23-15 23-22 23-25	53,240	26,62
10	10-9 10-16 10-11	29,510	14,76	24	24-13 24-25	19,090	9,55
11	11-5 11-10 11-12	27,020	13,51	25	25-23 25-24 25-26	16,410	8,21
12	12-11 12-4 12-14	19,780	9,89	26	26-25 26-27	17,040	8,52
13	13-14 13-24	17,030	8,52	27	27-22 27-26 27-28	35,160	17,58
14	14-15 14-12 14-13	17,010	8,51	28	28-21 28-27	18,940	9,47
					Всього	**883,7**	**441,85**

Таблиця 2.11 – Результати ув’язки для режиму максимального водорозбору (Варіант 1)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	301.19	600.00	c	2	600.00	443.05	700.00	c	3	610.00	125.35	400.00	c
4	370.00	156.42	450.00	c	5	620.00	146.90	450.00	c	6	400.00	36.78	300.00	c
7	500.00	45.58	300.00	c	8	400.00	279.67	600.00	c	9	470.00	90.38	350.00	c
10	400.00	149.50	350.00	c	11	390.00	30.56	250.00	c	12	400.00	160.25	500.00	c
13	410.00	14.35	100.00	c	14	360.00	139.03	400.00	c	15	840.00	153.27	450.00	c
16	160.00	46.38	200.00	c	17	520.00	5.65	200.00	c	18	970.00	180.95	500.00	c
19	1230.00	11.91	300.00	c	20	540.00	126.30	400.00	c	21	650.00	8.90	200.00	c
22	1000.00	33.96	450.00	c	23	260.00	123.09	350.00	c	24	940.00	106.32	350.00	c
25	230.00	28.24	350.00	c	26	250.00	90.52	350.00	c	27	940.00	98.43	400.00	c
28	350.00	56.04	300.00	c	29	120.00	51.58	200.00	c	30	940.00	34.14	250.00	c
31	250.00	38.15	200.00	c	32	330.00	8.63	200.00	c	33	220.00	63.57	300.00	c
34	500.00	19.75	100.00	c	35	330.00	28.34	200.00	c	36	800.00	16.16	150.00	c
37	720.00	8.64	150.00	c	38	380.00	35.57	150.00	c	39	720.00	120.53	450.00	c
40	1030.00	30.00	350.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	291.09	1.03	.97
2	2- 0	700.00	600.00	453.15	1.18	1.42
3	1- 2	400.00	610.00	111.40	.89	1.77
4	0- 1	450.00	370.00	160.26	1.01	1.17
5	0- 1	450.00	620.00	150.74	.95	1.74
6	5- 0	300.00	400.00	39.13	.55	.71
7	5- 0	300.00	500.00	47.93	.68	1.29
8	4- 5	600.00	400.00	301.65	1.07	.97
9	2- 4	350.00	470.00	76.16	.79	1.31
10	3- 4	350.00	400.00	120.44	1.25	2.63
11	1- 3	250.00	390.00	31.45	.64	1.15
12	0- 3	500.00	400.00	164.98	.84	.79
13	6- 3	100.00	410.00	1.89	.24	.69
14	6- 4	400.00	360.00	97.52	.78	.82
15	6- 7	450.00	840.00	117.32	.74	1.49
16	4- 7	200.00	160.00	51.94	1.65	3.79
17	8- 5	200.00	520.00	13.80	.44	1.03
18	7- 8	500.00	970.00	189.22	.96	2.45
19	8- 0	300.00	1230.00	22.41	.32	.80
20	0- 6	400.00	540.00	143.49	1.14	2.51
21	9- 8	200.00	650.00	-9.21	.29	.62
22	9-10	450.00	1000.00	38.17	.24	.23
23	7-10	350.00	260.00	153.68	1.60	2.78
24	11-10	350.00	940.00	90.65	.94	3.63
25	11- 7	350.00	230.00	-18.01	.19	.05
26	6-11	350.00	250.00	100.82	1.05	1.18
27	12-11	400.00	940.00	119.29	.95	3.09
28	12- 6	300.00	350.00	66.60	.94	1.65
29	0-12	200.00	120.00	58.20	1.85	3.57
30	0-12	250.00	940.00	40.76	.83	4.45
31	12- 0	200.00	250.00	31.53	1.00	2.25
32	0-13	200.00	330.00	18.06	.58	1.06
33	12-13	300.00	220.00	66.38	.94	1.03
34	11-13	100.00	500.00	1.70	.22	.69
35	13-10	200.00	330.00	30.73	.98	2.83
36	10- 0	150.00	800.00	4.34	.25	.82
37	13- 0	150.00	720.00	-.79	.04	.04
38	10- 0	150.00	380.00	23.75	1.34	8.65
39	9- 0	450.00	720.00	112.92	.71	1.19
40	0- 9	350.00	1030.00	37.61	.39	.80

Таблиця 2.12 – Результати ув’язки для режиму пожежегасіння в годину максимального водорозбору (Варіант 1)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	405.60	600.00	c	2	600.00	615.45	700.00	c	3	610.00	156.42	400.00	c
4	370.00	229.76	450.00	c	5	620.00	220.24	450.00	c	6	400.00	53.53	300.00	c
7	500.00	62.33	300.00	c	8	400.00	415.63	600.00	c	9	470.00	110.07	350.00	c
10	400.00	153.61	350.00	c	11	390.00	77.21	250.00	c	12	400.00	280.24	500.00	c
13	410.00	84.75	100.00	c	14	360.00	213.54	400.00	c	15	840.00	236.74	450.00	c
16	160.00	55.34	200.00	c	17	520.00	10.85	200.00	c	18	970.00	302.75	500.00	c
19	1230.00	33.86	300.00	c	20	540.00	175.89	400.00	c	21	650.00	28.81	200.00	c
22	1000.00	155.55	450.00	c	23	260.00	35.47	350.00	c	24	940.00	76.61	350.00	c
25	230.00	86.16	350.00	c	26	250.00	116.12	350.00	c	27	940.00	167.79	400.00	c
28	350.00	99.86	300.00	c	29	120.00	57.35	200.00	c	30	940.00	39.91	250.00	c
31	250.00	39.88	200.00	c	32	330.00	31.14	200.00	c	33	220.00	87.81	300.00	c
34	500.00	25.37	100.00	c	35	330.00	43.75	200.00	c	36	800.00	23.24	150.00	c
37	720.00	31.13	150.00	c	38	380.00	42.65	150.00	c	39	720.00	61.90	450.00	c
40	1030.00	11.89	350.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	367.20	1.30	1.51
2	2- 0	700.00	600.00	653.85	1.70	2.95
3	1- 2	400.00	610.00	148.03	1.18	3.00
4	0- 1	450.00	370.00	199.74	1.26	1.76
5	0- 1	450.00	620.00	190.22	1.20	2.69
6	5- 0	300.00	400.00	70.42	1.00	2.09
7	5- 0	300.00	500.00	79.22	1.12	3.26
8	4- 5	600.00	400.00	463.60	1.64	2.24
9	2- 4	350.00	470.00	83.61	.87	1.56
10	3- 4	350.00	400.00	160.15	1.66	4.64
11	1- 3	250.00	390.00	35.83	.73	1.45
12	0- 3	500.00	400.00	208.84	1.06	1.22
13	6- 3	100.00	410.00	3.43	.44	1.98
14	6- 4	400.00	360.00	138.76	1.10	1.57
15	6- 7	450.00	840.00	169.38	1.06	2.94
16	4- 7	200.00	160.00	62.75	2.00	5.54
17	8- 5	200.00	520.00	25.33	.81	3.11
18	7- 8	500.00	970.00	328.83	1.67	7.17
19	8- 0	300.00	1230.00	65.22	.92	5.58
20	0- 6	400.00	540.00	185.81	1.48	4.16
21	9- 8	200.00	650.00	15.15	.48	1.52
22	10- 9	450.00	1000.00	119.23	.75	1.82
23	7-10	350.00	260.00	111.53	1.16	1.48
24	11-10	350.00	940.00	103.63	1.08	4.65
25	11- 7	350.00	230.00	37.12	.39	.17
26	6-11	350.00	250.00	97.80	1.02	1.11
27	12-11	400.00	940.00	147.69	1.18	4.60
28	12- 6	300.00	350.00	98.08	1.39	3.45
29	0-12	200.00	120.00	69.04	2.20	5.03
30	0-12	250.00	940.00	51.60	1.05	6.89
31	12- 0	200.00	250.00	28.19	.90	1.82
32	0-13	200.00	330.00	50.06	1.59	7.27
33	12-13	300.00	220.00	95.04	1.34	2.04
34	13-11	100.00	500.00	-1.96	.25	.89
35	13-10	200.00	330.00	43.44	1.38	5.47
36	10- 0	150.00	800.00	4.63	.26	.91
37	13- 0	150.00	720.00	12.21	.69	4.72
38	10- 0	150.00	380.00	24.04	1.36	8.86
39	0- 9	450.00	720.00	44.20	.28	.22
40	9- 0	350.00	1030.00	29.59	.31	.52

Таблиця 2.13 – Результати ув’язки для транзиту води у башту (Варіант 1)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	311.04	600.00	c	2	600.00	485.31	700.00	c	3	610.00	189.81	400.00	c
4	370.00	109.09	450.00	c	5	620.00	103.13	450.00	c	6	400.00	87.79	300.00	c
7	500.00	93.21	300.00	c	8	400.00	395.38	600.00	c	9	470.00	20.48	350.00	c
10	400.00	113.20	350.00	c	11	390.00	33.61	250.00	c	12	400.00	125.92	500.00	c
13	410.00	22.36	100.00	c	14	360.00	122.05	400.00	c	15	840.00	158.67	450.00	c
16	160.00	51.37	200.00	c	17	520.00	35.27	200.00	c	18	970.00	286.07	500.00	c
19	1230.00	108.31	300.00	c	20	540.00	93.67	400.00	c	21	650.00	35.36	200.00	c
22	1000.00	252.70	450.00	c	23	260.00	40.27	350.00	c	24	940.00	59.72	350.00	c
25	230.00	121.61	350.00	c	26	250.00	21.78	350.00	c	27	940.00	47.02	400.00	c
28	350.00	48.31	300.00	c	29	120.00	36.85	200.00	c	30	940.00	28.33	250.00	c
31	250.00	28.32	200.00	c	32	330.00	4.26	200.00	c	33	220.00	40.79	300.00	c
34	500.00	20.37	100.00	c	35	330.00	10.69	200.00	c	36	800.00	10.88	150.00	c
37	720.00	4.26	150.00	c	38	380.00	20.35	150.00	c	39	720.00	207.42	450.00	c
40	1030.00	120.30	350.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки:	код ділянки:	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	262.89	.93	.80
2	2- 0	700.00	600.00	533.46	1.39	1.96
3	1- 2	400.00	610.00	111.36	.89	1.77
4	0- 1	450.00	370.00	139.38	.88	.90
5	0- 1	450.00	620.00	133.42	.84	1.39
6	5- 0	300.00	400.00	72.66	1.03	2.22
7	5- 0	300.00	500.00	78.08	1.10	3.17
8	4- 5	600.00	400.00	388.21	1.37	1.57
9	4- 2	350.00	470.00	-49.97	.52	.61
10	3- 4	350.00	400.00	118.33	1.23	2.53
11	1- 3	250.00	390.00	20.48	.42	.53
12	0- 3	500.00	400.00	143.09	.73	.60
13	6- 3	100.00	410.00	2.82	.36	1.39
14	6- 4	400.00	360.00	107.64	.86	.98
15	6- 7	450.00	840.00	135.53	.85	1.94
16	4- 7	200.00	160.00	42.64	1.36	2.56
17	8- 5	200.00	520.00	28.29	.90	3.82
18	7- 8	500.00	970.00	294.62	1.50	5.75
19	8- 0	300.00	1230.00	86.20	1.22	9.37
20	0- 6	400.00	540.00	130.37	1.04	2.10
21	9- 8	200.00	650.00	35.88	1.14	7.43
22	10- 9	450.00	1000.00	251.79	1.58	7.57
23	10- 7	350.00	260.00	31.33	.33	.15
24	11-10	350.00	940.00	49.38	.51	1.19
25	11- 7	350.00	230.00	102.33	1.06	1.11
26	6-11	350.00	250.00	17.92	.19	.05
27	12-11	400.00	940.00	73.72	.59	1.28
28	12- 6	300.00	350.00	78.87	1.12	2.26
29	0-12	200.00	120.00	42.99	1.37	1.95
30	0-12	250.00	940.00	34.47	.70	3.27
31	12- 0	200.00	250.00	22.18	.71	1.17
32	0-13	200.00	330.00	14.67	.47	.73
33	12-13	300.00	220.00	45.06	.64	.51
34	11-13	100.00	500.00	-2.06	.26	.97
35	13-10	200.00	330.00	22.78	.73	1.63
36	10- 0	150.00	800.00	-11.62	.66	4.79
37	13- 0	150.00	720.00	-6.15	.35	1.36
38	10- 0	150.00	380.00	-2.15	.12	.11
39	0- 9	450.00	720.00	229.01	1.44	4.51
40	9- 0	350.00	1030.00	98.71	1.03	4.66

2.5 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат (Варіант 2)

Питомі та шляхові витрати обчислюються для двох розрахункових станів: максимального водоспоживання (табл. 2.14, 2.15) та максимального транзиту води у башту (табл. 2.16, 2.17). Вузлові навантаження визначаються індивідуально для кожного з намічених режимів роботи водопровідної мережі. Пікове годинне водоспоживання зафіксовано в інтервалі 16:00–17:00, коли відбір із мережі становить 3875,11 м³. Максимальний транзитний потік у контррезервуар відбувається в період з 20:00 до 21:00 при поточному споживанні міста на рівні 2100,69 м³.

Питома витрата води для кожної адміністративно-територіальної одиниці (і-го району) в період максимального водорозбору обчислюється за формулою (2.9). Шляхові витрати на ділянках мережі визначаються за залежністю (2.10), а розрахункові вузлові витрати для режиму максимального споживання – за формулою (2.11).

2.5.1 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі

Розподіл потоків води у вузлі збігу (вузлі підключення башти) між суміжними ділянками водопровідної мережі здійснюється з дотриманням балансової умови, що описується формулою (2.12).

Для систем із розташуванням водонапірної башти на кінці мережі підбір діаметрів окремих ділянок виконується за розрахунковими витратами води, визначеними для режиму максимального господарсько-питного водоспоживання.

Попередній розподіл потоків відображається на розрахункових схемах мережі для трьох базових станів: режиму максимального водоспоживання, перевірочного режиму пожежогасіння під час пікового годинного навантаження та режиму транзитного накопичення води.

2.5.2 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері

Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі виконується з метою визначення фактичного розподілу потоків по лініях системи за вже встановлених діаметрів труб.

Розрахунок проводиться автоматизовано за допомогою програмного комплексу GIDRAST, а отримані результати заносяться до таблиць 2.18–2.20.

Дійсний розподіл потоків і витрат відображається на розрахункових схемах мережі для трьох характерних станів: режиму максимального господарсько-питного водоспоживання, перевірочного режиму пожежогасіння у пікову годину та режиму транзитного накопичення води у башті.

Таблиця 2.14 – Визначення шляхових витрат для максимального водоспоживання (Варіант 2)

Район 1				Район 2				Район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--6	600	0,0391	11,73	8--9	520	0,0492	12,79	19--18	650	0,0658	21,39
2--5	610	0,0391	23,2	9--10	160	0,0492	3,94	17--18	260	0,0658	8,55
3--4	620	0,0391	11,8	10--11	360	0,0492	8,86	17--16	230	0,0658	7,57
7--8	400	0,0391	7,82	11--12	410	0,0492	10,09	16--15	250	0,0658	8,23
6--9	400	0,0391	15,64	12--14	540	0,0492	13,28	15--14	350	0,0658	11,52
5--11	400	0,0391	15,64	10--16	840	0,0492	41,33	13--14	120	0,0658	3,95
4--12	400	0,0391	7,82	9--18	970	0,0492	47,72	13--24	940	0,0658	30,93
1--2	430	0,0391	8,41	8--19	1230	0,0492	30,26	15--23	940	0,0658	61,85
2--3	370	0,0391	7,23	19--18	650	0,0492	15,99	17--22	940	0,0658	61,85
7--6	500	0,0391	9,78	17--18	260	0,0492	6,4	18--21	1000	0,0658	65,8
6--5	470	0,0391	17,7	17--16	230	0,0492	5,66	19--20	1030	0,0658	33,9
5--4	390	0,0391	14,8	16--15	250	0,0492	6,15	21--28	380	0,0658	12,5
8--9	520	0,0391	10,17	15--14	350	0,0492	8,61	25--26	330	0,0658	10,86
9--10	160	0,0391	3,13					24--25	250	0,0658	8,25
10--11	360	0,0391	7,04					25--23	220	0,0658	14,48
11--12	410	0,0391	8,02					23--22	500	0,0658	32,9
								27--28	800	0,0658	26,32
								22-27	330	0,0658	21,71
								26--27	720	0,0658	23,69
								20--21	720	0,0658	23,69
								19--18	650	0,0658	21,39
								Всього по 3 районам			880,9

Таблиця 2.15 – Визначення вузлових витрат для максимального водоспоживання (Варіант 2)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
1	1-2 1-6	20,137	10,07	15	15-16 15-14 15-23	96,352	48,18
2	2-1 2-3 2-5	38,840	19,42	16	16-15 16-17 16-10	68,928	34,46
3	3-2 3-4	19,034	9,52	17	17-16 17-18 17-22	90,027	45,01
4	4-3 4-5 4-12	34,420	17,21	18	18-17 18-9 18-21 18-19	165,849	82,92
5	5-6 5-4 5-11 5-2	71,340	35,67	19	19-8 19-18 19-20	101,533	50,77
6	6-5 6-9 6-1 6-7	54,845	27,42	20	20-19 20-21	57,588	28,79
7	7-8 7-6	17,595	8,80	21	21-18 21-20 21-28	101,990	51,00
8	8-9 8-7 8-19	61,036	30,52	22	22-17 22-23 22-27	116,466	58,23
9	9-8 9-6 9-10 9-18	93,368	46,69	23	23-15 23-22 23-25	109,228	54,61
10	10-9 10-16 10-11	64,286	32,14	24	24-13 24-25	39,176	19,59
11	11-5 11-10 11-12	49,636	24,82	25	25-23 25-24 25-26	33,583	16,79
12	12-11 12-4 12-14	39,206	19,60	26	26-25 26-27	34,545	17,27
13	13-14 13-24	34,874	17,44	27	27-22 27-26 27-28	71,722	35,86
14	14-15 14-12 14-13	37,357	18,68	28	28-21 28-27	38,822	19,41
					Всього	**1761,799**	**880,900**

Таблиця 2.16 – Визначення шляхових витрат для випадку транзиту у башту (Варіант 2)

Район 1				Район 2				район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--6	600	0,024	7,21	8--9	520	0,021	5,48	19--18	650	0,032	10,42
2--5	610	0,024	14,65	9--10	160	0,021	1,74	17--18	260	0,032	4,16
3--4	620	0,024	7,45	10--11	360	0,021	3,78	17--16	230	0,032	3,72
7--8	400	0,024	4,81	11--12	410	0,021	4,36	16--15	250	0,032	4,03
6--9	400	0,024	9,62	12--14	540	0,021	5,69	15--14	350	0,032	5,64
5--11	400	0,024	9,62	10--16	840	0,021	17,67	13--14	120	0,032	1,97
4--12	400	0,024	4,81	9--18	970	0,021	20,42	13--24	940	0,032	15,06
1--2	430	0,024	5,18	8--19	1230	0,021	12,94	15--23	940	0,032	30,12
2--3	370	0,024	4,46	19--18	650	0,021	6,85	17--22	940	0,032	30,12
7--6	500	0,024	6,03	17--18	260	0,021	2,75	18--21	1000	0,032	32
6--5	470	0,024	11,36	17--16	230	0,021	2,47	19--20	1030	0,032	16,52
5--4	390	0,024	9,38	16--15	250	0,021	2,66	21--28	380	0,032	6,12
8--9	520	0,024	6,28	15--14	350	0,021	3,71	25--26	330	0,032	5,31
9--10	160	0,024	1,98					24--25	250	0,032	4,03
10--11	360	0,024	4,34					25--23	220	0,032	7,07
11--12	410	0,024	4,92					23--22	500	0,032	16,05
								27--28	800	0,032	12,82
								22-27	330	0,032	10,61
								26--27	720	0,032	11,73
								20--21	720	0,032	11,73
								Всього по 3 районам			441,85

Таблиця 2.17 – Визначення вузлових витрат для випадку транзиту в башту (Варіант 2)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
1	1--2 1--6	12,390	6,20	15	15-16 15-14 15-23	46,160	23,08
2	2--1 2--3 2--5	24,290	12,15	16	16-15 16-17 16-10	30,550	15,28
3	3--2 3--4	11,910	5,96	17	17-16 17-18 17-22	43,220	21,61
4	4--3 4--5 4--12	21,640	10,82	18	18-17 18-9 18-21 18-19	76,600	38,30
5	5--6 5--4 5--11 5--2	45,010	22,51	19	19-8 19-18 19-20	46,730	23,37
6	6--5 6--9 6--1 6--7	34,220	17,11	20	20-19 20-21	28,250	14,13
7	7--8 7--6	10,840	5,42	21	21-18 21-20 21-28	49,850	24,93
8	8--9 8--7 8--19	29,510	14,76	22	22-17 22-23 22-27	56,780	28,39
9	9--8 9--6 9--10 9--18	45,520	22,76	23	23-15 23-22 23-25	53,240	26,62
10	10--9 10--16 10--11	29,510	14,76	24	24-13 24-25	19,090	9,55
11	11--5 11--10 11--12	27,020	13,51	25	25-23 25-24 25-26	16,410	8,21
12	12--11 12--4 12--14	19,780	9,89	26	26-25 26-27	17,040	8,52
13	13--14 13--24	17,030	8,52	27	27-22 27-26 27-28	35,160	17,58
14	14--15 14--12 14--13	17,010	8,51	28	28-21 28-27	18,940	9,47
					Всього	**883,7**	**441,85**

Таблиця 2.18 – Результати ув’язки для режиму максимального водорозбору (Варіант 2)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	150.17	400.00	c	2	600.00	594.07	900.00	c	3	610.00	70.28	300.00	c
4	370.00	60.47	300.00	c	5	620.00	50.95	300.00	c	6	400.00	71.45	350.00	c
7	500.00	80.25	350.00	c	8	400.00	336.01	600.00	c	9	470.00	150.39	450.00	c
10	400.00	194.62	400.00	c	11	390.00	9.62	400.00	c	12	400.00	24.11	450.00	c
13	410.00	25.37	300.00	c	14	360.00	144.42	450.00	c	15	840.00	212.53	500.00	c
16	160.00	100.25	350.00	c	17	520.00	15.65	150.00	c	18	970.00	173.42	500.00	c
19	1230.00	56.58	300.00	c	20	540.00	29.88	300.00	c	21	650.00	46.12	300.00	c
22	1000.00	17.54	450.00	c	23	260.00	154.16	350.00	c	24	940.00	138.67	400.00	c
25	230.00	29.52	450.00	c	26	250.00	148.55	400.00	c	27	940.00	58.23	250.00	c
28	350.00	42.15	350.00	c	29	120.00	53.33	200.00	c	30	940.00	35.98	200.00	c
31	250.00	36.40	200.00	c	32	330.00	8.63	150.00	c	33	220.00	61.82	300.00	c
34	500.00	58.21	250.00	c	35	330.00	22.23	200.00	c	36	800.00	22.27	200.00	c
37	720.00	8.64	200.00	c	38	380.00	41.68	200.00	c	39	720.00	110.22	400.00	c
40	1030.00	40.31	400.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	400.00	430.00	108.00	.86	1.18
2	2- 0	900.00	600.00	636.24	1.00	.76
3	1- 2	300.00	610.00	42.87	.61	1.28
4	0- 1	300.00	370.00	45.71	.65	.87
5	0- 1	300.00	620.00	36.19	.51	.96
6	5- 0	350.00	400.00	55.43	.58	.63
7	5- 0	350.00	500.00	64.23	.67	1.02
8	4- 5	600.00	400.00	372.16	1.32	1.44
9	2- 4	450.00	470.00	172.43	1.08	1.70
10	3- 4	400.00	400.00	104.31	.83	1.03
11	3- 1	400.00	390.00	-75.32	.60	.55
12	0- 3	450.00	400.00	94.29	.59	.47
13	3- 6	300.00	410.00	.03	.00	.00
14	6- 4	450.00	360.00	79.45	.50	.31
15	6- 7	500.00	840.00	195.90	1.00	2.27
16	4- 7	350.00	160.00	148.59	1.54	1.60
17	8- 5	150.00	520.00	2.49	.14	.20
18	7- 8	500.00	970.00	174.38	.89	2.11
19	8- 0	300.00	1230.00	27.40	.39	1.15
20	0- 6	300.00	540.00	74.72	1.06	3.15
21	8- 9	300.00	650.00	31.29	.44	.77
22	9-10	450.00	1000.00	3.91	.02	.00
23	7-10	350.00	260.00	126.67	1.32	1.89
24	11-10	400.00	940.00	144.07	1.15	4.40
25	11- 7	450.00	230.00	62.41	.39	.13
26	6-11	400.00	250.00	99.03	.79	.58
27	12-11	250.00	940.00	56.09	1.14	8.05
28	6-12	350.00	350.00	-5.23	.05	.01
29	0-12	200.00	120.00	50.80	1.62	2.72
30	0-12	200.00	940.00	33.45	1.06	9.42
31	12- 0	200.00	250.00	38.93	1.24	3.33
32	0-13	150.00	330.00	.59	.03	.01
33	12-13	300.00	220.00	56.32	.80	.76
34	11-13	250.00	500.00	54.85	1.12	4.11
35	13-10	200.00	330.00	30.99	.99	2.87
36	10- 0	200.00	800.00	21.55	.69	3.56
37	13- 0	200.00	720.00	16.68	.53	2.01
38	10- 0	200.00	380.00	40.96	1.30	5.60
39	9- 0	400.00	720.00	95.87	.76	1.58
40	0- 9	400.00	1030.00	54.66	.43	.81

Таблиця 2.19 – Результати ув’язки для режиму пожежегасіння в годину максимального водорозбору (Варіант 2)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	203.70	400.00	c	2	600.00	817.36	900.00	c	3	610.00	92.14	300.00	c
4	370.00	92.14	300.00	c	5	620.00	82.62	300.00	c	6	400.00	84.56	350.00	c
7	500.00	93.36	350.00	c	8	400.00	432.56	600.00	c	9	470.00	264.02	450.00	c
10	400.00	150.17	400.00	c	11	390.00	170.32	400.00	c	12	400.00	235.73	450.00	c
13	410.00	103.51	300.00	c	14	360.00	228.86	450.00	c	15	840.00	346.97	500.00	c
16	160.00	150.25	350.00	c	17	520.00	17.73	150.00	c	18	970.00	253.35	500.00	c
19	1230.00	36.31	300.00	c	20	540.00	112.62	300.00	c	21	650.00	36.36	300.00	c
22	1000.00	150.38	450.00	c	23	260.00	16.31	350.00	c	24	940.00	175.02	400.00	c
25	230.00	236.35	450.00	c	26	250.00	76.16	400.00	c	27	940.00	70.35	250.00	c
28	350.00	42.36	350.00	c	29	120.00	51.58	200.00	c	30	940.00	34.14	200.00	c
31	250.00	45.65	200.00	c	32	330.00	31.14	150.00	c	33	220.00	93.59	300.00	c
34	500.00	77.84	250.00	c	35	330.00	38.92	200.00	c	36	800.00	28.07	200.00	c
37	720.00	31.13	200.00	c	38	380.00	47.48	200.00	c	39	720.00	51.90	400.00	c
40	1030.00	21.89	400.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	400.00	430.00	137.02	1.09	1.83
2	2- 0	900.00	600.00	884.04	1.39	1.42
3	1- 2	300.00	610.00	58.20	.82	2.24
4	0- 1	300.00	370.00	59.41	.84	1.41
5	0- 1	300.00	620.00	49.89	.71	1.72
6	5- 0	350.00	400.00	93.51	.97	1.64
7	5- 0	350.00	500.00	102.31	1.06	2.42
8	4- 5	600.00	400.00	537.14	1.90	3.00
9	2- 4	450.00	470.00	217.17	1.37	2.65
10	3- 4	400.00	400.00	142.07	1.13	1.82
11	1- 3	400.00	390.00	97.62	.78	.89
12	0- 3	450.00	400.00	130.30	.82	.86
13	6- 3	300.00	410.00	11.15	.16	.08
14	6- 4	450.00	360.00	128.40	.81	.75
15	6- 7	500.00	840.00	271.37	1.38	4.23
16	4- 7	350.00	160.00	175.11	1.82	2.22
17	5- 8	150.00	520.00	-6.39	.36	1.06
18	7- 8	500.00	970.00	308.95	1.57	6.33
19	8- 0	300.00	1230.00	69.38	.98	6.26
20	0- 6	300.00	540.00	99.55	1.41	5.48
21	9- 8	300.00	650.00	36.01	.51	.99
22	10- 9	450.00	1000.00	115.36	.73	1.72
23	10- 7	350.00	260.00	-74.66	.78	.70
24	11-10	400.00	940.00	172.01	1.37	6.20
25	11- 7	450.00	230.00	142.37	.90	.58
26	6-11	400.00	250.00	94.54	.75	.54
27	12-11	250.00	940.00	69.25	1.41	12.14
28	12- 6	350.00	350.00	22.88	.24	.11
29	0-12	200.00	120.00	57.98	1.85	3.55
30	0-12	200.00	940.00	40.54	1.29	13.58
31	12- 0	200.00	250.00	39.25	1.25	3.38
32	0-13	150.00	330.00	24.74	1.40	8.15
33	12-13	300.00	220.00	80.79	1.14	1.49
34	11-13	250.00	500.00	66.13	1.35	5.89
35	13-10	200.00	330.00	47.62	1.52	6.57
36	10- 0	200.00	800.00	25.77	.82	4.94
37	13- 0	200.00	720.00	37.53	1.19	8.95
38	10- 0	200.00	380.00	45.18	1.44	6.82
39	0- 9	400.00	720.00	19.18	.15	.09
40	9- 0	400.00	1030.00	54.61	.43	.81

Таблиця 2.20 – Результати ув’язки для транзиту у башту (Варіант 2)

e= .01000 nk= 13 ny= 40

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	221.04	400.00	c	2	600.00	575.31	900.00	c	3	610.00	100.03	300.00	c
4	370.00	108.86	300.00	c	5	620.00	102.90	300.00	c	6	400.00	145.03	350.00	c
7	500.00	150.45	350.00	c	8	400.00	366.77	600.00	c	9	470.00	40.98	450.00	c
10	400.00	75.39	400.00	c	11	390.00	43.11	400.00	c	12	400.00	135.19	450.00	c
13	410.00	44.62	300.00	c	14	360.00	106.50	450.00	c	15	840.00	117.47	500.00	c
16	160.00	25.73	350.00	c	17	520.00	36.61	150.00	c	18	970.00	354.90	500.00	c
19	1230.00	93.60	300.00	c	20	540.00	80.68	300.00	c	21	650.00	93.65	300.00	c
22	1000.00	239.22	450.00	c	23	260.00	16.26	350.00	c	24	940.00	42.86	400.00	c
25	230.00	70.73	450.00	c	26	250.00	21.47	400.00	c	27	940.00	33.71	250.00	c
28	350.00	35.32	350.00	c	29	120.00	36.85	200.00	c	30	940.00	28.33	200.00	c
31	250.00	9.55	200.00	c	32	330.00	4.26	150.00	c	33	220.00	40.79	300.00	c
34	500.00	33.70	250.00	c	35	330.00	19.22	200.00	c	36	800.00	41.06	200.00	c
37	720.00	4.26	200.00	c	38	380.00	50.53	200.00	c	39	720.00	163.77	400.00	c
40	1030.00	163.95	400.00	c	41	.00	.00	.00		42	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	400.00	430.00	99.03	.79	1.00
2	2- 0	900.00	600.00	697.32	1.10	.90
3	1- 2	300.00	610.00	43.55	.62	1.32
4	0- 1	300.00	370.00	43.32	.61	.79
5	0- 1	300.00	620.00	37.36	.53	1.01
6	5- 0	350.00	400.00	88.85	.92	1.49
7	5- 0	350.00	500.00	94.27	.98	2.07
8	4- 5	600.00	400.00	429.33	1.52	1.92
9	2- 4	450.00	470.00	156.61	.98	1.42
10	3- 4	400.00	400.00	107.25	.85	1.08
11	1- 3	400.00	390.00	70.41	.56	.49
12	0- 3	450.00	400.00	96.95	.61	.50
13	6- 3	300.00	410.00	12.36	.17	.09
14	6- 4	450.00	360.00	106.10	.67	.53
15	6- 7	500.00	840.00	215.35	1.10	2.71
16	4- 7	350.00	160.00	124.01	1.29	1.11
17	5- 8	150.00	520.00	-8.16	.46	1.64
18	7- 8	500.00	970.00	274.41	1.40	4.99
19	8- 0	300.00	1230.00	82.19	1.16	8.58
20	0- 6	300.00	540.00	74.70	1.06	3.15
21	9- 8	300.00	650.00	88.54	1.25	5.22
22	10- 9	450.00	1000.00	205.14	1.29	5.03
23	10- 7	350.00	260.00	57.56	.60	.44
24	11-10	400.00	940.00	92.58	.74	1.94
25	11- 7	450.00	230.00	161.75	1.02	.74
26	6-11	400.00	250.00	28.33	.23	.06
27	12-11	250.00	940.00	40.13	.82	4.32
28	12- 6	350.00	350.00	34.88	.36	.24
29	0-12	200.00	120.00	31.31	1.00	1.06
30	0-12	200.00	940.00	22.79	.73	4.63
31	12- 0	200.00	250.00	15.09	.48	.58
32	0-13	150.00	330.00	5.61	.32	.53
33	12-13	300.00	220.00	47.67	.67	.56
34	11-13	250.00	500.00	34.16	.70	1.71
35	10-13	200.00	330.00	-30.03	.96	2.71
36	10- 0	200.00	800.00	-9.54	.30	.82
37	13- 0	200.00	720.00	2.91	.09	.09
38	10- 0	200.00	380.00	-.07	.00	.00
39	0- 9	400.00	720.00	180.29	1.43	5.22
40	9- 0	400.00	1030.00	147.43	1.17	5.03

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

Гідравлічний розрахунок напорів розпочинається з пошуку критичної (диктуючої) точки мережі. Вона являє собою вузол, який для забезпечення нормативного тиску вимагає найвищої п’єзометричної відмітки у місці підключення магістральних водоводів до мережі.

Необхідні п’єзометричні відмітки у вузлових точках системи обчислюються за формулами (2.14) та (2.15).

За результатами аналізу встановлено диктуючі точки для кожного розрахункового режиму:

- У режимі максимального водоспоживання диктуючим є вузол 27.
- У перевірочному режимі пожежогасіння під час пікового годинного навантаження диктуючим визначено вузол 26.
- У режимі максимального транзиту води найнесприятливішою точкою є місце розташування водонапірної башти.

Графічне відображення гідравлічних параметрів та висотного положення п'єзометричної лінії представлено на відповідних розрахункових схемі.

2.6 Визначення питомих, шляхових, вузлових витрат (Варіант 3)

Питомі та шляхові витрати обчислюються для двох розрахункових станів: максимального водоспоживання (табл. 2.21, 2.22) та максимального транзиту води у башту (табл. 2.23, 2.24). Вузлові навантаження визначаються індивідуально для кожного з намічених режимів роботи водопровідної мережі. Пікове годинне водоспоживання зафіксовано в інтервалі 16:00–17:00, коли відбір із мережі становить 3875,11 м³. Максимальний транзитний потік у контррезервуар відбувається в період з 20:00 до 21:00 при поточному споживанні міста на рівні 2100,69 м³.

Питома витрата води для кожної адміністративно-територіальної одиниці І-го району) в період максимального водорозбору обчислюється за

формулою (2.9). Шляхові витрати на ділянках мережі визначаються за залежністю (2.10), а розрахункові вузлові витрати для режиму максимального споживання – за формулою (2.11).

2.6.1 Початковий потокорозподіл і вихідні розрахункові схеми мережі

Розподіл потоків води у вузлі збігу (вузлі підключення башти) між суміжними ділянками водопровідної мережі здійснюється з дотриманням балансової умови, що описується формулою (2.12).

Для систем із розташуванням водонапірної башти на кінці мережі підбір діаметрів окремих ділянок виконується за розрахунковими витратами води, визначеними для режиму максимального господарсько-питного водоспоживання.

Попередній розподіл потоків відображається на розрахункових схемах мережі для трьох базових станів: режиму максимального водоспоживання, перевірочного режиму пожежогасіння під час пікового годинного навантаження та режиму транзитного накопичення води.

2.6.2 Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі на комп’ютері

Гідравлічна ув’язка водопровідної мережі виконується з метою визначення фактичного розподілу потоків по лініях системи за вже встановлених діаметрів труб.

Розрахунок проводиться автоматизовано за допомогою програмного комплексу GIDRAST, а отримані результати заносяться до таблиць 2.25–2.27.

Дійсний розподіл потоків і витрат відображається на розрахункових схемах мережі для трьох характерних станів: режиму максимального господарсько-питного водоспоживання, перевірочного режиму пожежогасіння у пікову годину та режиму транзитного накопичення води у башті.

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

Гідравлічний розрахунок напорів розпочинається з пошуку критичної (диктуючої) точки мережі. Вона являє собою вузол, який для забезпечення нормативного тиску вимагає найвищої п’єзометричної відмітки у місці підключення магістральних водоводів до мережі.

Необхідні п’єзометричні відмітки у вузлових точках системи обчислюються за формулами (2.14) та (2.15).

За результатами аналізу встановлено диктаторські точки для кожного розрахункового стану третього варіанта:

- У режимі максимального водоспоживання диктуючим є вузол 24.
- У перевірочному режимі пожежогасіння під час пікового годинного навантаження диктуючим визначено вузол 30.
- У режимі максимального транзиту води найнесприятливішою точкою є місце розташування водонапірної башти.

Графічне відображення гідравлічних параметрів та висотного положення п'єзометричної лінії представлено на відповідних розрахункових схемах.

Таблиця 2.21 – Визначення шляхових витрат при максимальному водоспоживанні (Варіант 3)

Район 1				Район 2				Район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--6	600	0,0391	11,73	8--9	520	0,0444	11,54	20--17	650	0,0658	21,39
2--5	610	0,0391	23,2	9--10	160	0,0444	3,55	17--16	260	0,0658	8,55
3--4	620	0,0391	11,8	10--11	360	0,0444	7,99	16--15	230	0,0658	7,57
7--8	400	0,0391	7,82	11--12	410	0,0444	9,1	15--14	350	0,0658	8,23
6--9	400	0,0391	15,64	12--14	540	0,0444	11,99	13--14	120	0,0658	11,52
5--11	400	0,0391	15,64	10--15	840	0,0444	37,3	13--27	490	0,0658	3,95
4--12	400	0,0391	7,82	9--18	700	0,0444	31,08	27--28	450	0,0658	30,93
1--2	430	0,0391	8,41	18--17	270	0,0444	11,99	28--29	250	0,0658	61,85
2--3	370	0,0391	7,23	18--19	580	0,0444	25,76	29--30	330	0,0658	61,85
7--6	500	0,0391	9,78	8--19	810	0,0444	17,98	30--24	720	0,0658	65,8
6--5	470	0,0391	17,7	19--20	420	0,0444	9,32	24--23	800	0,0658	33,9
5--4	390	0,0391	14,8	20--17	650	0,0444	14,43	23--22	380	0,0658	12,5
8--9	520	0,0391	10,17	17--16	260	0,0444	5,77	22--21	720	0,0658	10,86
9--10	160	0,0391	3,13	16--15	230	0,0444	5,11	21--20	1030	0,0658	8,25
10--11	360	0,0391	7,04	15--14	350	0,0444	7,77	17-22	1000	0,0658	14,48
11--12	410	0,0391	8,02					16--26	460	0,0658	32,9
								26--25	480	0,0658	26,32
								25--24	330	0,0658	21,71
								27--26	970	0,0658	23,69
								25--29	720	0,0658	23,69
								Всього по 3 районам			880,9

Таблиця 2.22 – Визначення вузлових витрат при максимальному водоспоживанні (Варіант 3)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
1	1--2 1--6	20,14	10,07	16	16-15 16-17 16-10	57,90	28,95
2	2--1 2--3 2--5	38,84	19,42	17	17-16 17-18 17-22	129,24	64,62
3	3--2 3--4	19,03	9,52	18	18-17 18-9 18-21 18-19	68,83	34,41
4	4--3 4--5 4--12	34,42	17,21	19	19-8 19-18 19-20	53,07	26,52
5	5--6 5--4 5--11 5--2	71,34	35,67	20	20-19 20-21	79,78	39,89
6	6--5 6--9 6--1 6--7	54,85	27,42	21	21-18 21-20 21-28	58,36	29,18
7	7--8 7--6	17,60	8,80	22	22-17 22-23 22-27	103,39	51,69
8	8--9 8--7 8--19	47,51	23,76	23	23-15 23-22 23-25	39,35	19,68
9	9--8 9--6 9--10 9--18	75,11	37,56	24	24-13 24-25	72,70	36,34
10	10--9 10--16 10--11	59,01	29,50	25	25-23 25-24 25-26	102,08	51,04
11	11--5 11--10 11--12	47,79	23,89	26	26-25 26-27	127,43	63,71
12	12--11 12--4 12--14	36,93	18,46	27	27-28 27-26 27-13	96,08	48,04
13	13--14 13--24	20,34	10,17	28	28-29 28-27	23,35	11,67
14	14--15 14--12 14--13	35,43	17,72	29	29-28 29-25 29-30	67,40	33,70
15	15-16 15-14 15-23	69,52	34,76	30	30-24 30-29	35,05	17,53
					Всього	**1761,84**	**880,9**

Таблиця 2.23 – Визначення шляхових витрат при транзиті (Варіант 3)

Район 1				Район 2				Район 3			
№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$	№	$L_{діл}$	$q_{пит}$	$Q_{шл}$
1--6	600	0,024	7,21	8--9	520	0,017	4,42	20--17	650	0,034	11,02
2--5	610	0,024	14,65	9--10	160	0,017	1,36	17--16	260	0,034	4,4
3--4	620	0,024	7,45	10--11	360	0,017	3,06	16--15	230	0,034	3,91
7--8	400	0,024	4,81	11--12	410	0,017	3,49	15--14	350	0,034	5,93
6--9	400	0,024	9,62	12--14	540	0,017	4,59	13--14	120	0,034	2,02
5--11	400	0,024	9,62	10--15	840	0,017	14,27	13--27	490	0,034	7,97
4--12	400	0,024	4,81	9--18	700	0,017	11,9	27--28	450	0,034	7,64
1--2	430	0,024	5,18	18--17	270	0,017	4,57	28--29	250	0,034	4,24
2--3	370	0,024	4,46	18--19	580	0,017	9,82	29--30	330	0,034	5,6
7--6	500	0,024	6,03	8--19	810	0,017	6,87	30--24	720	0,034	12,23
6--5	470	0,024	11,36	19--20	420	0,017	3,52	24--23	800	0,034	13,59
5--4	390	0,024	9,38	20--17	650	0,017	5,51	23--22	380	0,034	6,46
8--9	520	0,024	6,28	17--16	260	0,017	2,19	22--21	720	0,034	12,23
9--10	160	0,024	1,98	16--15	230	0,017	1,94	21--20	1030	0,034	17,5
10--11	360	0,024	4,34	15--14	350	0,017	2,97	17-22	1000	0,034	33,99
11--12	410	0,024	4,92					16--26	460	0,034	15,63
								26--25	480	0,034	16,31
								25--24	330	0,034	11,21
								27--26	970	0,034	32,94
								25--29	720	0,034	24,45
								Всього по 3 районам			441,85

Таблиця 2.24 – Визначення вузлових витрат при транзиті у башту (Варіант 3)

№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$	№ вузла	№ ділянок	Сумарна $Q_{шл\ вуз}$, л/с	Макс водорозб $Q_{вузл}$
1	1--2 1--6	20,137	10,07	16	16-15 16-17 16-10	28,07	14,04
2	2--1 2--3 2--5	12,39	6,20	17	17-16 17-18 17-22	61,68	30,84
3	3--2 3--4	24,29	12,15	18	18-17 18-9 18-21 18-19	26,29	13,15
4	4--3 4--5 4--12	11,91	5,96	19	19-8 19-18 19-20	20,21	10,11
5	5--6 5--4 5--11 5--2	21,64	10,82	20	20-19 20-21	37,55	18,78
6	6--5 6--9 6--1 6--7	45,01	22,51	21	21-18 21-20 21-28	29,73	14,87
7	7--8 7--6	34,22	17,11	22	22-17 22-23 22-27	52,68	26,34
8	8--9 8--7 8--19	10,84	5,42	23	23-15 23-22 23-25	20,05	10,03
9	9--8 9--6 9--10 9--18	22,38	11,19	24	24-13 24-25	37,03	18,52
10	10--9 10--16 10--11	35,56	17,78	25	25-23 25-24 25-26	51,97	25,99
11	11--5 11--10 11--12	25,01	12,71	26	26-25 26-27	64,88	32,44
12	12--11 12--4 12--14	17,81	8,90	27	27-28 27-26 27-13	48,55	24,28
13	13--14 13--24	9,99	5,00	28	28-29 28-27	11,88	5,94
14	14--15 14--12 14--13	15,51	7,76	29	29-28 29-25 29-30	34,29	17,15
15	15-16 15-14 15-23	29,02	14,51	30	30-24 30-29	17,83	8,92
					Всього	**883,7**	**441,85**

Таблиця 2.25 – Результати ув’язки для режиму максимального водорозбору (Варіант 3)

e= .01000 nk= 14 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	301.19	600.00	c	2	600.00	443.05	800.00	c	3	610.00	156.36	500.00	c
4	370.00	125.41	350.00	c	5	620.00	115.89	350.00	c	6	400.00	41.58	250.00	c
7	500.00	50.38	250.00	c	8	400.00	285.00	600.00	c	9	470.00	80.25	250.00	c
10	400.00	243.76	500.00	c	11	390.00	42.82	200.00	c	12	400.00	55.86	200.00	c
13	410.00	90.40	300.00	c	14	360.00	129.47	450.00	c	15	160.00	50.28	250.00	c
16	520.00	10.23	200.00	c	17	810.00	28.05	200.00	c	18	420.00	17.59	300.00	c
19	700.00	186.93	600.00	c	20	270.00	171.64	500.00	c	21	580.00	19.12	200.00	c
22	840.00	150.25	500.00	c	23	540.00	127.80	350.00	c	24	120.00	70.28	250.00	c
25	350.00	39.80	200.00	c	26	230.00	155.28	450.00	c	27	260.00	110.70	300.00	c
28	650.00	17.59	300.00	c	29	1030.00	75.07	350.00	c	30	1000.00	13.90	400.00	c
31	460.00	237.03	450.00	c	32	480.00	153.19	400.00	c	33	490.00	60.11	250.00	c
34	970.00	20.12	150.00	c	35	450.00	32.19	200.00	c	36	250.00	32.18	200.00	c
37	720.00	74.65	300.00	c	38	330.00	8.77	200.00	c	39	720.00	8.76	200.00	c
40	330.00	27.50	200.00	c	41	800.00	17.60	150.00	c	42	380.00	37.28	200.00	c
43	720.00	75.07	400.00	c	44	.00	.00	.00		45	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки:	код ділянки:	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	295.44	1.04	1.00
2	2- 0	800.00	600.00	448.80	.89	.72
3	1- 2	500.00	610.00	211.64	1.08	1.90
4	0- 1	350.00	370.00	64.38	.67	.76
5	0- 1	350.00	620.00	54.86	.57	.95
6	5- 0	250.00	400.00	21.73	.44	.60
7	5- 0	250.00	500.00	30.53	.62	1.39
8	4- 5	600.00	400.00	350.54	1.24	1.28
9	2- 4	250.00	470.00	40.31	.82	2.18
10	3- 4	500.00	400.00	222.59	1.13	1.37
11	3- 1	200.00	390.00	6.32	.20	.19
12	0- 3	200.00	400.00	31.33	1.00	3.55
13	3- 6	300.00	410.00	67.56	.96	1.99
14	6- 4	450.00	360.00	131.14	.82	.78
15	4- 7	250.00	160.00	84.05	1.71	3.04
16	8- 5	200.00	520.00	11.26	.36	.72
17	8- 0	200.00	810.00	9.24	.29	.78
18	0- 9	300.00	420.00	7.89	.11	.04
19	7- 8	600.00	700.00	217.67	.77	.92
20	7- 9	500.00	270.00	173.87	.89	.58
21	8- 9	200.00	580.00	-9.39	.30	.58
22	6- 7	500.00	840.00	185.69	.95	2.05
23	0- 6	350.00	540.00	80.44	.84	1.67
24	0-12	250.00	120.00	77.84	1.59	1.96
25	12- 6	200.00	350.00	-15.12	.48	.82
26	12- 7	450.00	230.00	135.80	.85	.53
27	7-11	300.00	260.00	124.33	1.76	4.12
28	9-10	300.00	650.00	6.64	.09	.05
29	0-10	350.00	1030.00	54.42	.57	1.56
30	11-10	400.00	1000.00	-8.46	.07	.03
31	12-11	450.00	460.00	231.18	1.45	2.94
32	13-11	400.00	480.00	156.36	1.24	2.62
33	0-12	250.00	490.00	67.67	1.38	6.04
34	12-13	150.00	970.00	11.10	.63	5.34
35	0-13	200.00	450.00	30.73	.98	3.85
36	13- 0	200.00	250.00	33.64	1.07	2.53
37	13-14	300.00	720.00	73.07	1.03	4.03
38	0-14	200.00	330.00	5.72	.18	.14
39	14- 0	200.00	720.00	11.81	.38	1.08
40	14-11	200.00	330.00	32.25	1.03	3.09
41	11- 0	150.00	800.00	15.89	.90	8.52
42	11- 0	200.00	380.00	35.57	1.13	4.27
43	10- 0	400.00	720.00	95.72	.76	1.58

Таблиця 2.26 – Результати ув’язки для режиму пожежегасіння в годину максимального водорозбору (Варіант 3)

e= .01000 nk= 14 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	405.60	600.00	c	2	600.00	615.45	800.00	c	3	610.00	352.20	500.00	c
4	370.00	33.98	350.00	c	5	620.00	24.46	350.00	c	6	400.00	63.53	250.00	c
7	500.00	72.33	250.00	c	8	400.00	465.32	600.00	c	9	470.00	50.38	250.00	c
10	400.00	342.46	500.00	c	11	390.00	24.45	200.00	c	12	400.00	31.70	200.00	c
13	410.00	31.71	300.00	c	14	360.00	286.86	450.00	c	15	160.00	50.43	250.00	c
16	520.00	15.28	200.00	c	17	810.00	55.05	200.00	c	18	420.00	38.49	300.00	c
19	700.00	362.05	600.00	c	20	270.00	314.68	500.00	c	21	580.00	9.96	200.00	c
22	840.00	307.79	500.00	c	23	540.00	44.94	350.00	c	24	120.00	72.16	250.00	c
25	350.00	44.94	200.00	c	26	230.00	228.09	450.00	c	27	260.00	75.50	300.00	c
28	650.00	38.49	300.00	c	29	1030.00	37.09	350.00	c	30	1000.00	139.06	400.00	c
31	460.00	274.64	450.00	c	32	480.00	188.94	400.00	c	33	490.00	61.99	250.00	c
34	970.00	21.99	150.00	c	35	450.00	35.94	200.00	c	36	250.00	35.93	200.00	c
37	720.00	100.90	300.00	c	38	330.00	31.27	200.00	c	39	720.00	31.26	200.00	c
40	330.00	37.00	200.00	c	41	800.00	30.60	150.00	c	42	380.00	50.28	200.00	c
43	720.00	37.09	400.00	c	44	.00	.00	.00		45	.00	.00	.00	

результати розрахунку

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	358.50	1.27	1.44
2	2- 0	800.00	600.00	662.55	1.32	1.49
3	1- 2	500.00	610.00	262.84	1.34	2.88
4	0- 1	350.00	370.00	76.24	.79	1.04
5	0- 1	350.00	620.00	66.72	.69	1.36
6	5- 0	250.00	400.00	36.00	.73	1.50
7	5- 0	250.00	500.00	44.80	.91	2.82
8	4- 5	600.00	400.00	543.92	1.92	3.08
9	2- 4	250.00	470.00	46.41	.95	2.83
10	3- 4	500.00	400.00	284.23	1.45	2.21
11	1- 3	200.00	390.00	-10.65	.34	.48
12	0- 3	200.00	400.00	38.86	1.24	5.31
13	3- 6	300.00	410.00	78.32	1.11	2.61
14	6- 4	450.00	360.00	182.01	1.14	1.44
15	4- 7	250.00	160.00	88.79	1.81	3.40
16	8- 5	200.00	520.00	15.32	.49	1.24
17	8- 0	200.00	810.00	27.56	.88	5.67
18	9- 0	300.00	420.00	28.25	.40	.41
19	7- 8	600.00	700.00	402.25	1.42	2.95
20	7- 9	500.00	270.00	337.63	1.72	2.10
21	9- 8	200.00	580.00	27.21	.87	3.96
22	6- 7	500.00	840.00	241.30	1.23	3.34
23	0- 6	350.00	540.00	98.72	1.03	2.44
24	0-12	250.00	120.00	89.20	1.82	2.57
25	6-12	200.00	350.00	8.21	.26	.27
26	12- 7	450.00	230.00	198.34	1.25	1.08
27	7-11	300.00	260.00	102.00	1.44	2.77
28	10- 9	300.00	650.00	56.66	.80	2.27
29	10- 0	350.00	1030.00	45.02	.47	1.10
30	11-10	400.00	1000.00	117.34	.93	3.19
31	12-11	450.00	460.00	271.39	1.71	4.05
32	13-11	400.00	480.00	195.88	1.56	4.11
33	0-12	250.00	490.00	79.03	1.61	8.24
34	12-13	150.00	970.00	11.80	.67	5.97
35	0-13	200.00	450.00	42.79	1.36	7.24
36	13- 0	200.00	250.00	29.08	.93	1.93
37	13-14	300.00	720.00	98.62	1.40	7.18
38	0-14	200.00	330.00	35.84	1.14	3.76
39	14- 0	200.00	720.00	26.69	.85	4.75
40	14-11	200.00	330.00	46.22	1.47	6.19
41	11- 0	150.00	800.00	16.81	.95	9.45
42	11- 0	200.00	380.00	36.49	1.16	4.48
43	0-10	400.00	720.00	29.16	.23	.19

Таблиця 2.27 – Результати ув’язки для транзиту (Варіант 3)

e= .01000 nk= 14 ny= 43

вихідні дані

ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m	ny	ly	q	dt	m
1	430.00	311.04	600.00	c	2	600.00	485.31	800.00	c	3	610.00	266.93	500.00	c
4	370.00	31.96	350.00	c	5	620.00	26.00	350.00	c	6	400.00	15.43	250.00	c
7	500.00	20.85	250.00	c	8	400.00	410.19	600.00	c	9	470.00	37.16	250.00	c
10	400.00	255.59	500.00	c	11	390.00	25.99	200.00	c	12	400.00	41.17	200.00	c
13	410.00	41.17	300.00	c	14	360.00	201.71	450.00	c	15	160.00	80.39	250.00	c
16	520.00	46.56	200.00	c	17	810.00	50.80	200.00	c	18	420.00	91.49	300.00	c
19	700.00	265.46	600.00	c	20	270.00	201.53	500.00	c	21	580.00	50.80	200.00	c
22	840.00	269.59	500.00	c	23	540.00	73.44	350.00	c	24	120.00	30.40	250.00	c
25	350.00	35.28	200.00	c	26	230.00	290.37	450.00	c	27	260.00	98.13	300.00	c
28	650.00	91.47	300.00	c	29	1030.00	164.19	350.00	c	30	1000.00	177.36	400.00	c
31	460.00	178.20	450.00	c	32	480.00	120.37	400.00	c	33	490.00	25.40	250.00	c
34	970.00	25.50	150.00	c	35	450.00	26.52	200.00	c	36	250.00	26.52	200.00	c
37	720.00	48.13	300.00	c	38	330.00	4.46	200.00	c	39	720.00	4.46	200.00	c
40	330.00	46.26	200.00	c	41	800.00	23.28	150.00	c	42	380.00	13.25	200.00	c
43	720.00	164.27	400.00	c	44	.00	.00	.00		45	.00	.00	.00	

результати розрахунку

:номер ділянки:	код ділянки:	діаметр труби,мм	:довжина ділянки,м	витрата : води,л/с	швидкість : води,м/с	втрати : напору,м
1	0- 2	600.00	430.00	256.18	.91	.77
2	2- 0	800.00	600.00	540.17	1.07	1.01
3	1- 2	500.00	610.00	191.21	.97	1.57
4	0- 1	350.00	370.00	52.82	.55	.53
5	0- 1	350.00	620.00	46.86	.49	.71
6	5- 0	250.00	400.00	31.50	.64	1.18
7	5- 0	250.00	500.00	36.92	.75	1.97
8	4- 5	600.00	400.00	455.42	1.61	2.16
9	2- 4	250.00	470.00	30.73	.63	1.32
10	3- 4	500.00	400.00	208.04	1.06	1.21
11	1- 3	200.00	390.00	-8.61	.27	.33
12	0- 3	200.00	400.00	27.43	.87	2.77
13	3- 6	300.00	410.00	52.15	.74	1.23
14	6- 4	450.00	360.00	143.18	.90	.92
15	4- 7	250.00	160.00	54.20	1.10	1.28
16	8- 5	200.00	520.00	13.52	.43	.99
17	8- 0	200.00	810.00	33.83	1.08	8.29
18	9- 0	300.00	420.00	60.08	.85	1.64
19	7- 8	600.00	700.00	369.92	1.31	2.49
20	7- 9	500.00	270.00	320.42	1.63	1.89
21	9- 8	200.00	580.00	36.36	1.16	6.80
22	6- 7	500.00	840.00	184.87	.94	2.04
23	0- 6	350.00	540.00	70.68	.73	1.32
24	0-12	250.00	120.00	52.57	1.07	.91
25	12- 6	200.00	350.00	10.35	.33	.41
26	12- 7	450.00	230.00	180.72	1.14	.91
27	11- 7	300.00	260.00	21.85	.31	.16
28	10- 9	300.00	650.00	99.11	1.40	6.54
29	10- 0	350.00	1030.00	140.42	1.46	9.19
30	11-10	400.00	1000.00	212.34	1.69	10.06
31	12-11	450.00	460.00	144.83	.91	1.20
32	13-11	400.00	480.00	107.08	.85	1.29
33	0-12	250.00	490.00	47.57	.97	3.09
34	12-13	150.00	970.00	5.42	.31	1.47
35	0-13	200.00	450.00	28.61	.91	3.37
36	13- 0	200.00	250.00	24.43	.78	1.40
37	13-14	300.00	720.00	51.94	.73	2.14
38	0-14	200.00	330.00	10.36	.33	.39
39	14- 0	200.00	720.00	-1.44	.05	.03
40	14-11	200.00	330.00	29.15	.93	2.56
41	0-11	150.00	800.00	12.08	.68	5.14
42	0-11	200.00	380.00	2.05	.07	.03
43	0-10	400.00	720.00	188.04	1.50	5.68

2.7 Визначення параметрів насосної станції другого підйому

2.7.1 Визначення діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів для Варіанту 1

За ступенем забезпеченості подачі води запроєктована система водопостачання належить до І категорії. Прийнято двоступеневий режим роботи насосної станції. Подача І та ІІ ступеню за рисунком 2.1 становить:

Подача І ступеня становить:

$$Q = \frac{61516{,}09 \cdot 2{,}0}{100} = 1230{,}32\,\text{м}^3/\text{год} = 341{,}76\ \text{л/с}.$$

Подача ІІ ступеня становить:

$$Q = \frac{61516{,}09 \cdot 5{,}25}{100} = 3229{,}59\,\text{м}^3/\text{год} = 897{,}11\ \text{л/с}.$$

Розрахункова витрата кожного із всмоктувальних водоводів визначається за формулою:

$$Q_{\text{вс.в}} = \frac{Q_{\text{макс.н.с}}}{n_{\text{вс}} - 1}, \qquad (2.16)$$

де $Q_{\text{макс.н. с}}$ – максимальна подача насосної станції, м^3/год.;

$n_{\text{вс}}$ – кількість всмоктувальних водоводів, $n_{\text{вс}} = 2$.

$$Q_{\text{вс.в}} = \frac{897{,}1}{2 - 1} = 897{,}1\ \text{л/с}.$$

За розрахунками до проєктування прийняті сталеві електрозварні труби діаметром $Д_{\text{вс}} = 1000$ мм; V = 1,14 м/с.

Число напірних водоводів від насосної станції також дорівнює двом. Розрахункова витрата кожного з них визначається за формулою:

$$Q_{\text{н.в}} = \frac{Q_{\text{макс.н.с}}}{n_{\text{н}}}, \qquad (2.17)$$

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

$$Q_{\text{н.в}} = \frac{897{,}1}{2} = 448{,}55\ \text{л/с}.$$

До проєктування прийняті два сталевих напірних водовода $Д_{\text{н}} = 800$ мм.

2.7.2 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 1

Необхідний напір насосів визначається за формулою:

$$H_р = H_{геом.} + h_{н.в.}, \quad (2.18)$$

де $H_{геом}$ – геометрична висота підйому, м;

$h_{н.в}$ – втрати напору в напірних водоводах, м;

$$H_{геом.} = П_к – z_1, \quad (2.19)$$

де $П_к$ – п’єзометрична позначка в точці підключення водоводів до мережі, $П_{к\ МВ}$ = 225,23 м;

z_1 – абсолютна розрахункова позначка в резервуарі чистої води, z_1 = 138 м.

$$H_{геом} = 225,23 – 138 = 87,23 \text{ м.}$$

$$h_{н.в} = i \cdot 1,15 \cdot l, \quad (2.20)$$

де i – питомий опір;

l – довжина водовода, l = 2800 м;

$$h_{н.в} = 0,0089 \cdot 1,15 \cdot 2800 = 28,7 \text{ м.}$$

Втрати напору у водоводах визначаються для кожного ступеню роботи насосної станції.

$$H_{р\ II\ МВ} = 87,23 + 28,7 = 115,93 \text{ м.}$$

За визначеними вище витратою й напором приймаються насоси марки Д 1600-90. На першому ступені роботи насосної станції прийнято, що працює один насос, на другому – паралельно до працюючого підключається ще два насоси тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів – 3, резервних, відповідно до [1] – 2. Загальна кількість насосів марки Д 1600-90 на насосній станції другого підйому – п’ять.

Робочі характеристики насоса наведені на рисунку 2.2, характеристика насоса наведена в додатку 1, тип комплектуючого електродвигуна – АО3/355М-6УЗ.

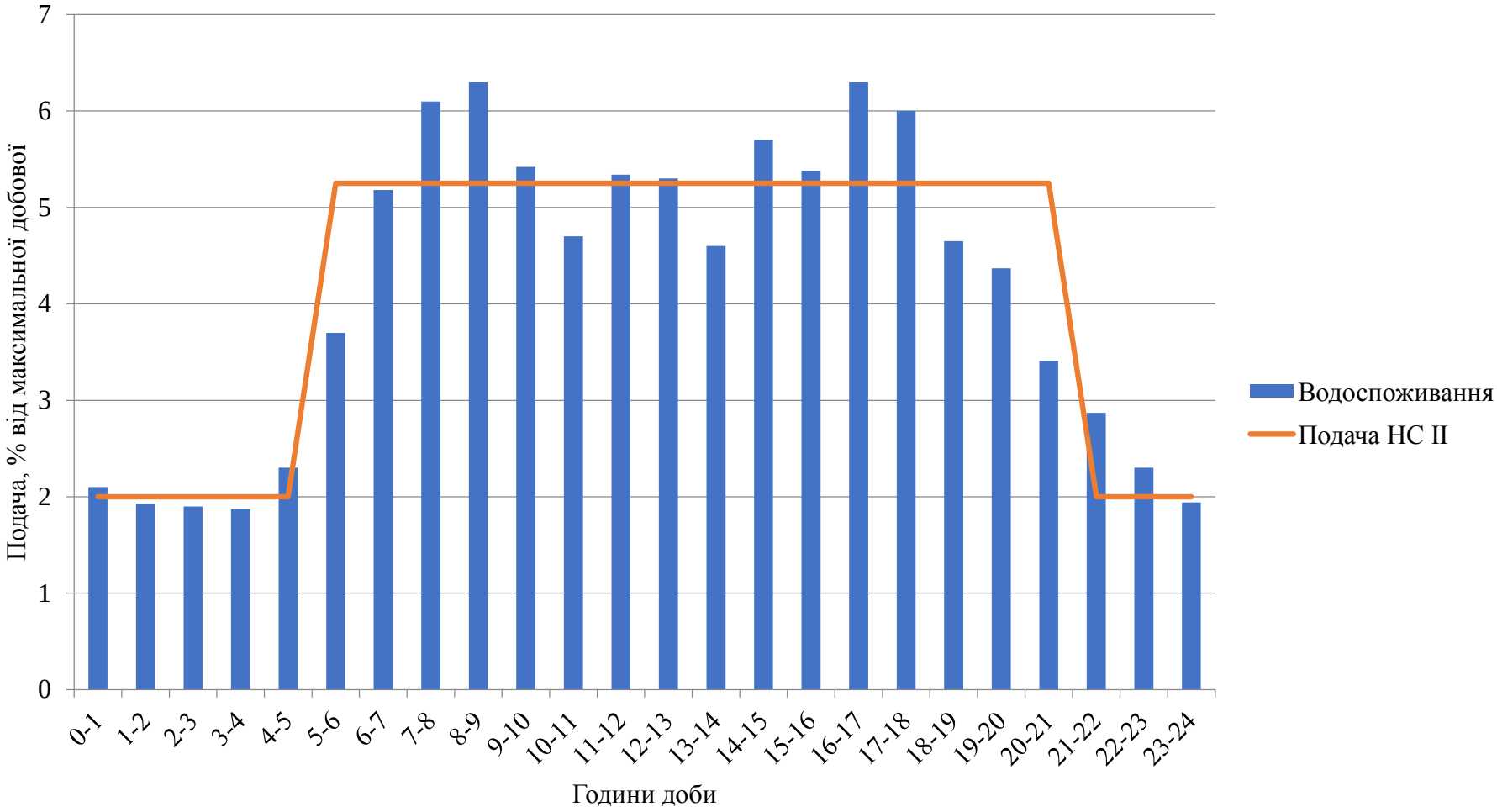


Рисунок 2.1 – Сумісний графік водоспоживання міста і подачі насосів насосної станції II підйому

Розрахункова подача насосної станції при пожежі:

$$Q^1_{н.\,с} = Q_{н.с} + Q_п, \qquad (2.21)$$

де $Q_{н.с}$ – розрахункова секундна подача насосної станції в годину максимального водоспоживання, л/с;

$Q_п$ – розрахункова витрата на пожежогасіння, $Q_п$ = 97,5 л/с.

$$Q^1_{н.\,з} = 897,1 + 97,5 = 906,6 \text{ л/с}.$$

Аналіз роботи насосів й уточнення їхніх робочих характеристик

Характеристика водоводів розраховується для трьох розрахункових випадків і для всіх режимів роботи і наведена у таблиці 2.28.

Розрахункові режими забезпечуються:

- на першому ступеню: одним насосом марки Д 1600-90;
- на другому ступеню: групою із трьох паралельно працюючих насосів тієї ж марки.

Таблиця 2.28 – Розрахунок характеристик водоводів Д = 800 мм, l = 2800 мм,

Максимальне водопостачання					
Показник	Значення показника для q_{nk}				
	0	0,25 Qв	0,75 Qв	Qв	1,25 Qв
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,29	0,87	1,15	1,43
i	0	0,18	1,33	2,24	3,44
		0,57	4,28	7,21	11,08
$H_г$	71,97				
$H_п$	71,97	72,54	76,25	79,18	83,05
Q л/с	0	146,7375	440,2125	586,95	733,6875
V м/с	0	0,38	1,14	1,51	1,89
i	0	0,29	2,20	3,82	6,01
$h_{пр}$	0	0,93	7,08	12,30	19,35
$H_г$	71,82				
Hn	71,82	72,75	78,90	84,12	91,17
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,21	0,33	0,44	0,55
i	0	0,15	0,23	0,38	0,57
$h_{пр}$	0	0,48	0,74	1,22	1,84
$H_г$	76,34				
$H_п$	76,34	76,82	77,08	77,56	78,18

За даними таблиці 2.28 побудовані графічні залежності $H_i = f(Q_i)$ – рис. 2.2.

2.7.3 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 2

Необхідний напір насосів визначається за формулами: (2.18), (2.19), (2.20).

$$H_{геом} = 212,05 – 138 = 74,05 \text{ м.}$$

$$h_{н.в} = 0,0089 \cdot 1,15 \cdot 2800 = 28,7 \text{ м.}$$

Втрати напору у водоводах визначаються для кожного ступеню роботи насосної станції.

$$H_{р\ II\ МВ} = 74,05 + 28,7 = 102,75 \text{ м,}$$

За визначеними вище витратою й напором приймаються насоси марки Д 630-90. На першому ступеню роботи насосної станції прийнято, що працює два насоси, на другому – паралельно до працюючих підключається ще три насоси тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів – 5, резервних, відповідно до [1] – 2. Загальна кількість насосів марки Д 630-90 на насосній станції другого підйому – сім.

Робочі характеристики насоса наведені на рисунку 2.3, характеристика насоса наведена в додатку 2, тип комплектуючого електродвигуна – А111-4М.

Розрахункова подача насосної станції при пожежі за формулою (2.21)

$$Q^1_{н.\,з} = 897,1 + 97,5 = 906,6 \text{ л/с.}$$

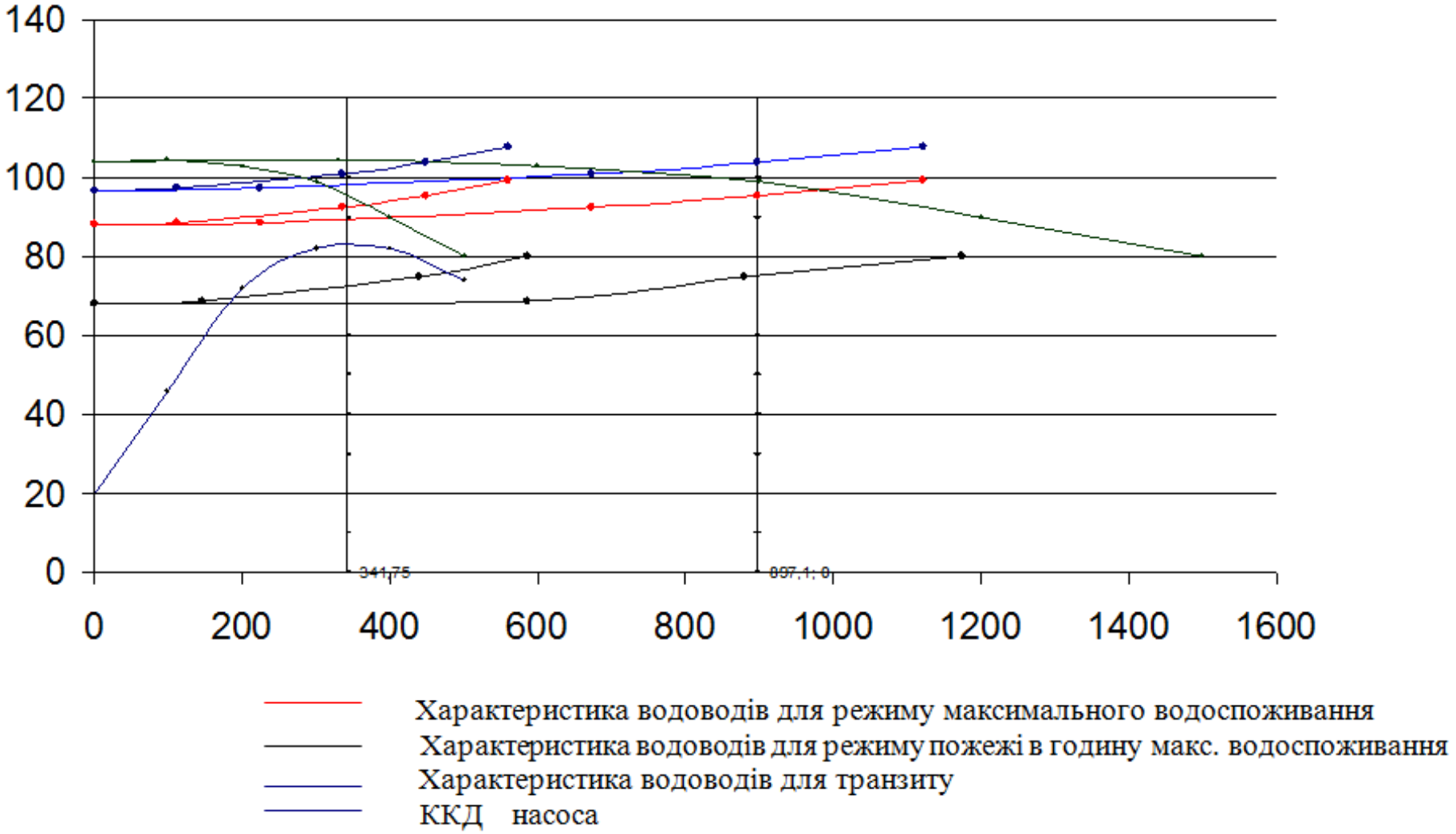


Рисунок 2.2 – Сумісний графік роботи насосів і водоводів (Варіант 1)

Аналіз роботи насосів й уточнення їхніх робочих характеристик

Характеристика водоводів розраховується для трьох розрахункових випадків і для всіх режимів роботи і наведена у таблиці 2.29.

Розрахункові режими забезпечуються:

- на першому ступеню: двома насосами марки Д 630-90;
- на другому ступеню: групою із п’яти паралельно працюючих насосів тієї ж марки .

Таблиця 2.29 - Розрахунок характеристик водоводів Д = 800 мм, l = 2800 мм,

Максимальне водопостачання					
Показник	Значення показника для q_{nk}				
	0	0,25 $Q_в$	0,75 $Q_в$	$Q_в$	1,25 $Q_в$
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,29	0,87	1,15	1,43
i	0	0,18	1,33	2,24	3,44
		0,57	4,28	7,21	11,08
$H_г$	74,905				
$H_п$	74,905	75,48	79,19	82,12	85,98
Q л/с	0	146,7375	440,2125	586,95	733,6875
V м/с	0	0,38	1,14	1,51	1,89
i	0	0,29	2,20	3,82	6,01
$h_{пр}$	0	0,93	7,08	12,30	19,35
$H_г$	71,035				
$H_п$	71,035	71,97	78,12	83,34	90,39
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,29	0,87	1,15	1,43
i	0	0,18	1,33	2,24	3,44
$h_{пр}$	0	0,59	4,28	7,21	11,08
$H_г$	90,88				
$H_п$	90,88	91,47	95,16	98,09	101,96

За даними таблиці 2.29 побудовані графічні залежності $H_i = f(Q_i)$ – рисунок 2.3.

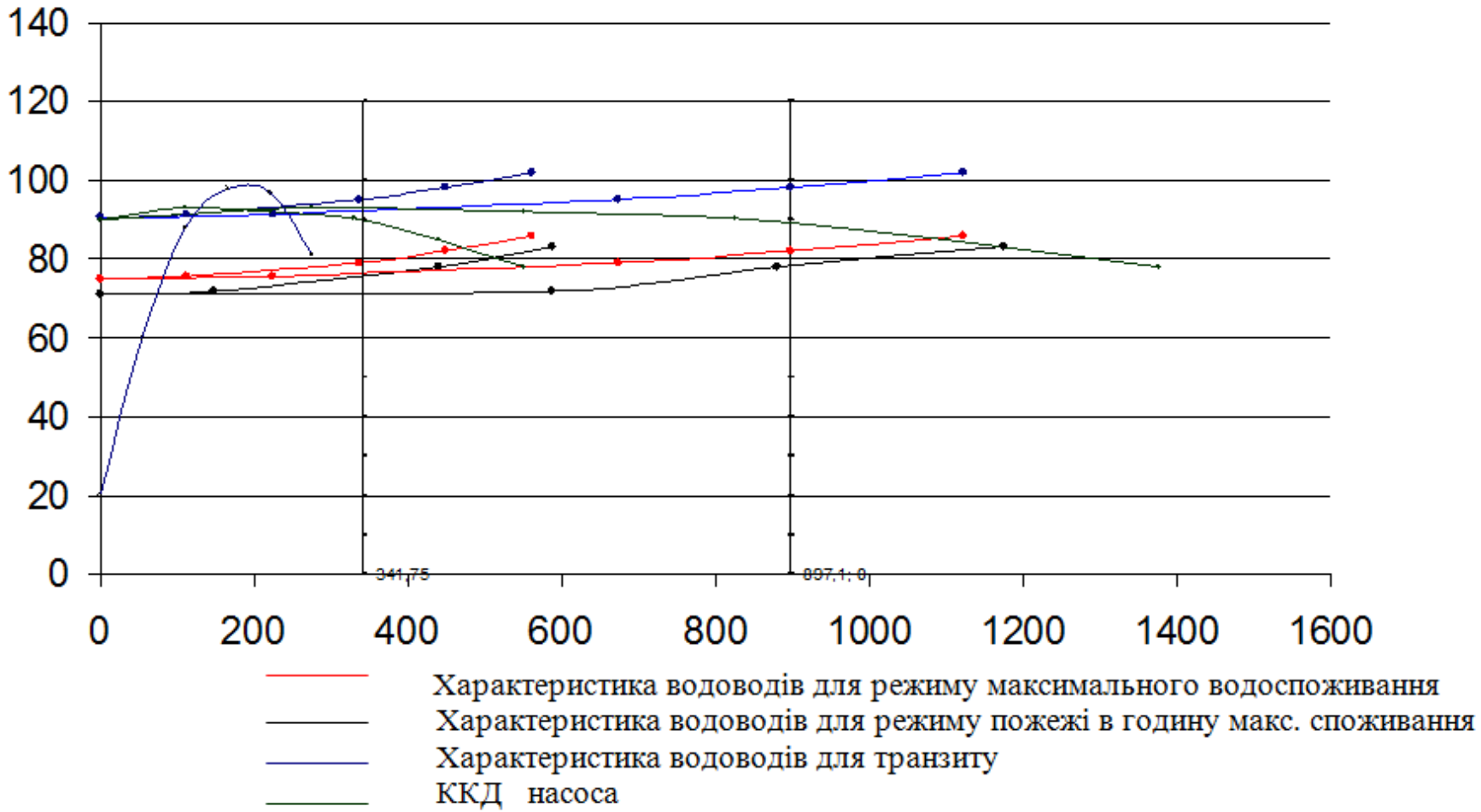


Рисунок 2.3 – Сумісний графік роботи насосів і водоводів (Варіант 2)

2.7.4 Визначення параметрів насосної станції другого підйому для Варіанту 3

Необхідний напір насосів визначається за формулами: (2.18), (2.19), (2.20).

$$Н_{геом} = 214,9 – 138 = 76,9 \text{ м},$$

$$h_{н.в} = 0,0089 \cdot 1,15 \cdot 2800 = 28,7 \text{ м}.$$

Втрати напору у водоводах визначаються для кожного ступеню роботи насосної станції.

$$Н_{р\ II\ МВ} = 74,05 + 28,7 = 105,6 \text{ м}.$$

За визначеними вище витратою й напором приймаються насоси марки Д 1600-90. На першому ступені роботи насосної станції прийнято, що працює один насос, на другому – паралельно до працюючого підключається ще два насоси тієї ж марки. Кількість робочих агрегатів – 3, резервних, відповідно до [1] – 2. Загальна кількість насосів марки Д 1600-90 на насосній станції другого підйому – п’ять.

Робочі характеристики насоса наведені на рисунку 2.4, тип комплектуючого електродвигуна – АО3/355М-6УЗ

Розрахункова подача насосної станції при за формулою (2.21)

$$Q^{1}_{н.\ з} = 897,1 + 97,5 = 906,6 \text{ л/с}.$$

Аналіз роботи насосів й уточнення їхніх робочих характеристик

Характеристика водоводів розраховується для трьох розрахункових випадків і для всіх режимів роботи і наведена у таблиці 2.30.

Розрахункові режими забезпечуються:

- на першому ступені: одним насосом марки Д 630-90.
- на другому ступені: групою із трьох паралельно працюючих насосів тієї ж марки.

Таблиця 2.30 – Розрахунок характеристик водоводів Д = 800 мм, l = 2800 м

Максимальне водопостачання					
Показник	Значення показника для q_{nk}				
	0	0,25 $Q_в$	0,75 $Q_в$	$Q_в$	1,25 $Q_в$
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,29	0,87	1,15	1,43
i	0	0,18	1,33	2,24	3,44	
		0,57	4,28	7,21	11,08
$H_г$	77,755				
$H_п$	77,755	78,33	82,04	84,97	88,83
Q л/с	0	146,7375	440,2125	586,95	733,6875
V м/с	0	0,38	1,14	1,51	1,89
i	0	0,29	2,20	3,82	6,01
$h_{пр}$	0	0,93	7,08	12,30	19,35
$H_г$	69,335				
$H_п$	69,335	70,27	76,42	81,64	88,69
Q л/с	0	112,1400	336,4200	448,56	560,7000
V м/с	0	0,29	0,87	1,15	1,43
i	0	0,18	1,33	2,24	3,44
$h_{пр}$	0	0,59	4,28	7,21	11,08
$H_г$	99,875				
$H_п$	99,875	100,47	104,16	107,09	110,95

За даними таблиці 2.30 побудовані графічні залежності $H_i = f(Q_i)$ – рисунок 2.4.

2.8 Визначення позначок осі насосів та підлоги насосної станції

Позначка осі насоса:

$$Z_{о.н} = Z_{п.р} – h_{н.с,} \quad (2.22)$$

де $Z_{п.р}$ – позначка пожежного рівня води в РЧВ;

$h_{н.с,} = 0,3$ м.

$$Z_{о.н} = 137,145 – 0,3 = 136,85 \text{ м.}$$

Позначка верху фундаменту:

$$Z_ф = Z_н – A_{н,}, \quad (2.23)$$

де $A_н$ – висота насосу від осі до лап, $A_н = 0,74$ м.

$$Z_ф = 136,85 – 0,74 = 136,11 \text{ м.}$$

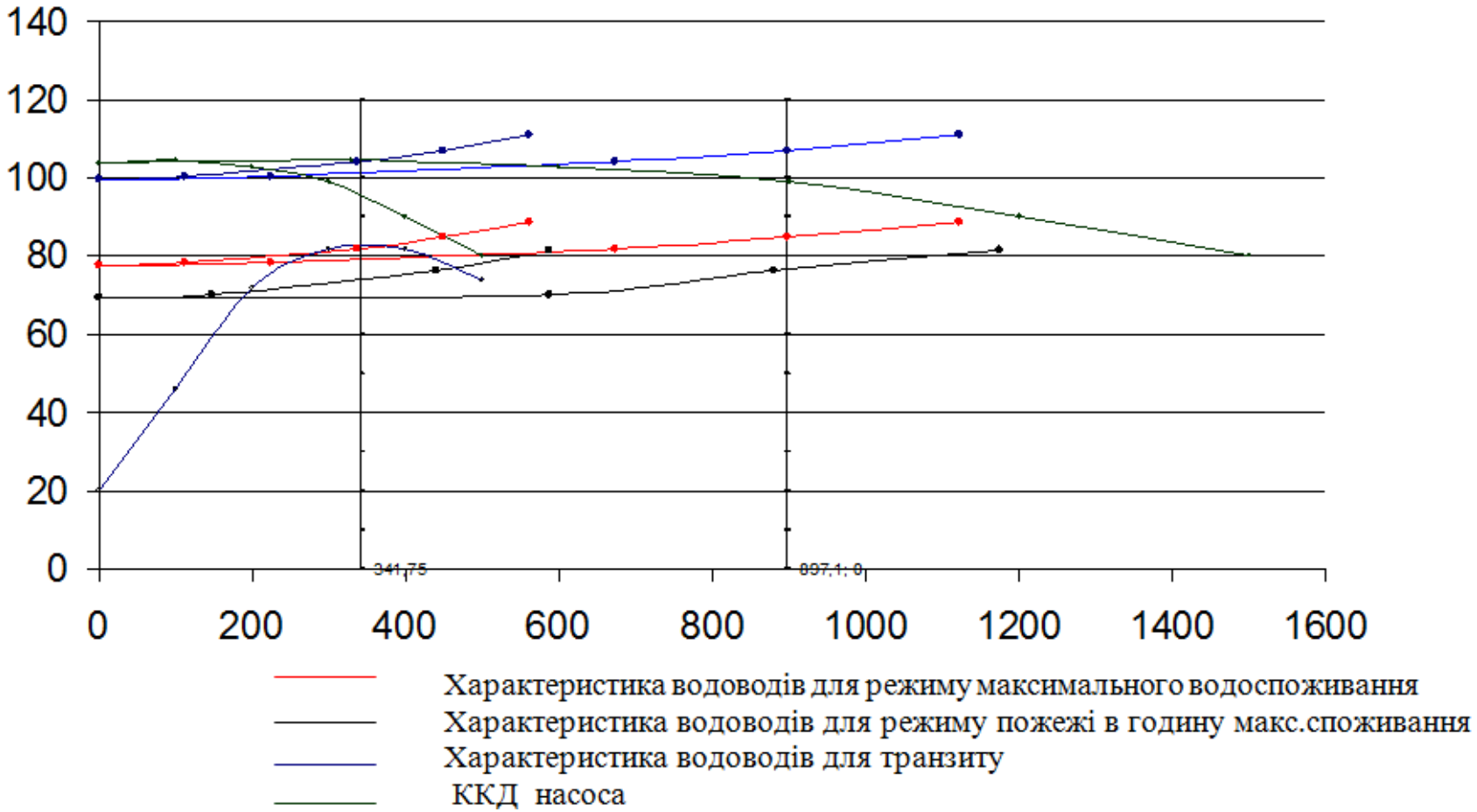


Рисунок 2.4 – Сумісний графік роботи насосів і водоводів

Висота фундаменту над рівнем чистої підлоги призначається у залежності від зручності монтажу всмоктувальних та напірних трубопроводів, 600 мм.

Тоді позначка підлоги насосної станції:

$$Z_п = Z_ф – l_ф, \quad (2.24)$$

$$Z_п = 136,11 – 0,6 = 135,51 \text{ м.}$$

Ширина та довжина фундаменту приймається більше ширини та довжини фундаментної плити насосу на 100 мм.

Глибина закладання фундаменту приймається 50 см.

При позначці міста розташування насосної станції за завданням 140 м. заглиблення насосної станції складає:

$$140 – 135,51 = 4,49 \text{ м.}$$

2.9 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів

Побудувавши графіки роботи насосів і водоводів, та обравши кількість та марки насосів, працюючих на насосній станції, видно що при першому та при третьому варіантах маємо однакову кількість та марки насосів, тому при виборі запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів розглянемо сумісно. Другий варіант розглянемо окремо.

2.9.1 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів для Варіантів 1 та 3

Оскільки при першому та при третьому варіантах співпала марка і кількість насосів, а також позначка осі насосів, то можемо розглядати два варіанти одночасно.

Запірна арматура повинна забезпечувати роботу розрахункової кількості насосних агрегатів у любій комбінації із загального числа агрегатів, встановлених на насосній станції. Крім того, при встановленні насосів необхідно передбачувати можливість відключення всмоктувальних трубопроводів.

Для регулювання роботи насосів перед кожним насосом на всмоктувальних трубопроводах встановлюються засувки клинові діаметром 600 мм, довжиною 390 мм, висотою 2410 мм, вагою 625 кг, марки 30ч914інж1 ($P_у$ = 0,25 МПа), кількістю 5 шт.

Після кожного насосу встановлюються спочатку зворотні клапани безударні фланцеві діаметром 600 мм, довжиною 240мм, вагою 237 кг, марки К344067, а потім засувки паралельні з електроприводом діаметром 600 мм, довжиною 800мм, висотою 1700 мм, вагою 1233 кг, марки 30ч915бр ($P_у$=1 МПа) кількістю 5 шт.

На всмоктувальному трубопроводі встановлюються засувки з електроприводом клинові діаметром 1000 мм, довжиною 550 мм, висотою 2540 мм, вагою 2245 кг, марки 30ч925бр ($P_у$ = 0,25 МПа), кількістю 2шт.

На напірному трубопроводі встановлюються засувки з електроприводом паралельні діаметром 800 мм, довжиною 1000 мм, висотою 2215 мм, вагою 2880 кг, марки 30ч915бр ($P_у$= 1МПа).

Складання плану машинного залу насосної станції

Насосні агрегати кількістю 5 шт. (3 основних насосів та 2 резервних) в машинному залі розміщуються в два ряди. Відстань між основними насосними агрегатами – 2300 мм, що забезпечує вільний доступ, зручність та безпечність обслуговування насосних агрегатів та допоміжного обладнання при резерві та ремонті.

У машинному залі передбачається улаштування монтажного майданчика, розміри якого відповідають розмірам у плані найбільшого агрегату з урахуванням проходів навколо нього шириною 0,8 м.

Для сходу з монтажного майданчика в машинний зал передбачаються східці шириною 0,9 м.

Для обслуговування засувок передбачаються перекидні містки та обслуговуючі майданчики.

Ширина та довжина машинного залу складають 12 000×36 000 мм.

Визначення висоти машинного залу та підбір вантажопідйомного обладнання

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

У якості підйомно-транспортного обладнання передбачається кран мостовий електричний вантажопідйомністю 5 т і довжиною прольоту 12 м з розмірами Н = 1650 мм, В = 5000 мм.

Мінімальна висота машинного залу, м:

$$H = h_1+h_2+h_3+h_4+h_5+0,5, \quad (2.24)$$

де h_1 – висота встановленого обладнання, через яке потрібно переносити вантаж, приймається 5,71 м;

h_2 – висота вантажу, приймається висота насосу 1,23 м;

h_3 – висота строповки вантажу h_3 =0,5-1,00 м;

h_4 – розміри підйомно-транспортного обладнання, приймається 2 м;

h_5 – висота підкранового шляху, приймається 0,3 м;

$$H= 5,71+1,23+0,5+2,0+0,3+0,5 = 10,24 \text{ м}.$$

Вантаж доставляється на монтажний майданчик, який розташовується на позначці 140, 00 м (± 0,00).

З урахуванням заглиблення насосної станції, яке складає 4,49 м, висота наземної частини дорівнює 10,24 – 4,49 = 5,75 м.

2.9.2 Вибір запірно-запобіжної арматури та вимірювальних приладів для Варіанту 2

Запірна арматура повинна забезпечувати роботу розрахункової кількості насосних агрегатів у любій комбінації із загального числа агрегатів, встановлених на насосній станції. Крім того, при встановленні насосів необхідно передбачувати можливість відключення всмоктувальних трубопроводів.

Для регулювання роботи насосів перед кожним насосом на всмоктувальних трубопроводах встановлюються засувки клинові діаметром 500 мм, довжиною 350 мм, висотою 2265 мм, вагою 495 кг, марки 30ч914інж1 ($P_у$ = 0,6 МПа), кількістю 7 шт.

Після кожного насосу встановлюються спочатку зворотні клапани безударні фланцеві діаметром 600 мм, довжиною 240 мм, вагою 237 кг, марки К344067, а потім засувки паралельні з електроприводом діаметром 600 мм, довжиною 800 мм, висотою 1700 мм, вагою 1233 кг, марки 30ч915бр ($P_у$=1МПа) кількістю 7 шт.

На всмоктувальному трубопроводі встановлюються засувки з електроприводом клинові діаметром 1000 мм, довжиною 550 мм, висотою 2540 мм, вагою 2245 кг, марки 30ч925бр ($P_у$ = 0,25 МПа), кількістю 2 шт.

На напірному трубопроводі встановлюються засувки з електроприводом паралельні діаметром 800 мм, довжиною 1000 мм, висотою 2215 мм, вагою 2880 кг, марки 30ч915бр ($P_у$=1МПа).

Складання плану машинного залу насосної станції

Насосні агрегати кількістю 7 шт. (5 основних насосів та 2 резервних) в машинному залі розміщуються в два ряди. Відстань між основними насосними агрегатами – 2300 мм, що забезпечує вільний доступ, зручність та безпечність обслуговування насосних агрегатів та допоміжного обладнання при резерві та ремонті.

У машинному залі передбачається улаштування монтажного майданчика, розміри якого відповідають розмірам у плані найбільшого агрегату з урахуванням проходів навколо нього шириною 0,8 м.

Для сходу з монтажного майданчика в машинний зал передбачаються східці шириною 0,9 м.

Для обслуговування засувок передбачаються перекидні містки та обслуговуючі майданчики.

Ширина та довжина машинного залу складають 12 000×42 000 мм.

Визначення висоти машинного залу та підбір вантажопідйомного обладнання

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

У якості підйомно-транспортного обладнання передбачається кран мостовий електричний вантажопідйомністю 5 т і довжиною прольоту 12 м з розмірами Н = 1650 мм, В = 5000 мм.

Мінімальна висота машинного залу, м, за формулою (2.24)

$$H = 5,71+1,23+0,5+2,0+0,3+0,5=10,24 \text{ м}.$$

Вантаж доставляється на монтажний майданчик, який розташовується на позначці 140, 00 м (± 0,00).

З урахуванням заглиблення насосної станції, яке складає 4,49 м, висота наземної частини дорівнює 10,24 – 4,49 = 5,75 м.

Висновок до Розділу 2

В ході виконаної роботи були досліджені три варіанти трасування водопровідної мережі з метою визначення розміру коливання різниці тиску між режимом максимального водопостачання та режимом максимального транзиту.

У якості розрахункових випадків були розглянуті три варіанти трасування водопровідної мережі та завантаження ділянок, в ході яких за допомогою технологічних розрахунків був обраний найбільш доцільний варіант. Таким варіантом вважається Варіант 1, де було досягнуто найменшої різниці перепаді тиску між максимальним водопостачанням мережі та режимом транзиту води у башту.

3 ЕКСПЛУАТАЦІЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ ТА НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ІІ ПІДЙОМУ

3.1 Загальні положення та організація експлуатації

Документи [3, 4] визначають основні технічні вимоги, порядок, правила та організаційні інструкції щодо експлуатації, обслуговування, поточного та капітального ремонту зовнішніх водопровідних мереж і насосних станцій другого підйому (НС-ІІ).

Метою [3, 4] є:

- безперебійне забезпечення споживачів питною водою належної якості.
- підтримання необхідного тиску в точках водорозбору відповідно до розрахункових графіків.
- мінімізація втрат води, енергоресурсів та оптимізація експлуатаційних витрат.
- гарантування пожежної безпеки об’єктів та надійності протипожежного водопостачання.
- створення безпечних умов праці для обслуговуючого персоналу відповідно до чинних санітарних та гігієнічних норм.

3.2 Обов'язки експлуатаційного та технічного персоналу

Обслуговуючий персонал водопровідного господарства зобов'язаний забезпечити тривалу, надійну та економічну роботу всіх споруд системи [4].

До обов'язків технічного персоналу входить:

- постійний моніторинг технічного стану обладнання, споруд, трубопроводів та запірно-регулюючої арматури;
- дотримання режимів роботи насосних агрегатів, затверджених технологічними картами та диспетчерськими графіками;
- своєчасне проведення планово-попереджувальних ремонтів (ППР), технічних оглядів та випробувань систем;

- миттєве реагування на виникнення аварійних ситуацій, локалізація поривів трубопроводів, заміна несправних вузлів;
- ведення первинної облікової та технічної документації, журналів обліку роботи обладнання.

3.3 Приймання споруд та обладнання в експлуатацію

Введення в експлуатацію новозбудованих або реконструйованих водопровідних мереж та НС-II здійснюється відповідно до діючих будівельних норм [2] державними приймальними комісіями.

Перед пуском об’єкта в експлуатацію необхідно виконати такі кроки:

1. Перевірка відповідності виконаних робіт затвердженому проекту та чинним ДБН.
2. Проведення індивідуальних випробувань окремих вузлів, механізмів, насосів, вентиляційних систем та електрообладнання.
3. Комплексне випробування всього технологічного комплексу під навантаженням протягом 72 годин безперервної роботи.
4. Промивання та дезінфекція ємнісних споруд і трубопроводів з отриманням позитивних результатів бактеріологічного аналізу води.
5. Перевірка наявності засобів індивідуального захисту, інструментів, інструкцій з охорони праці та пожежної безпеки.

3.4 Технічна експлуатація зовнішніх водопровідних мереж

Нагляд за станом водопровідних мереж та споруд на них

Технічний нагляд за мережами полягає у проведенні планових обходів, оглядів трубопроводів і споруд на них з метою своєчасного виявлення дефектів та витоків води.

Система оглядів включає:

- періодичний обхід трас водопроводу спеціалізованими бригадами обхідників не рідше 1 разу на місяць;

- огляд колодязів та камер з перевіркою справності ходових скоб, кришок люків, відсутності завалів та затоплень;

- перевірку наявності води у колодязях, що може свідчити про прихований витік із стикових з’єднань трубопроводу;

- контроль стану охоронних зон водопроводу, недопущення самовільного будівництва, складування матеріалів чи посадки дерев над трасою;

- інструментальний пошук витоків за допомогою акустичних течешукачів, кореляційних методів та георадарів.

Правила маневрування запірно-регулюючою арматурою

Управління потоками води на мережі здійснюється за допомогою засувок, дискових затворів та регуляторів тиску. Неправильні дії з арматурою можуть спровокувати гідравлічний удар.

При роботі з арматурою необхідно керуватися такими правилами:

- закриття та відкриття великих засувок (діаметром понад 300 мм) має виконуватися плавно, без застосування надмірних зусиль чи подовжувальних важелів;

- кількість обертів шпинделя при закритті має відповідати паспортним даним заводу-виробника для підтвердження повного перекриття перерізу;

- проведення профілактичного обслуговування арматури (очищення від бруду, змащування штока, набивка сальників) – не рідше 2 разів на рік (навесні та восени);

- перевірка працездатності засувок шляхом їх повного закриття та відкриття здійснюється за затвердженим графіком ППР;

- усі маніпуляції з перекриття магістральних ділянок реєструються у диспетчерському журналі із зазначенням точного часу.

Порядок ліквідації аварій, поривів та витоків

Аварійно-відновлювальні роботи на водопровідній мережі виконуються спеціалізованими бригадами, укомплектованими технікою, водовідливними засобами та матеріалами.

Етапи ліквідації аварії на трубопроводі:

1. Локалізація аварійної ділянки шляхом закриття найближчих запірних засувок на розподільчій або магістральній мережі.

2. Оповіщення споживачів та диспетчерської служби про тимчасове припинення або обмеження водопостачання.

3. Зниження тиску та спорожнення пошкодженої ділянки трубопроводу через аварійні випуски або пожежні гідранти в дренаж чи знижені місця рельєфу.

4. Розробка котловану з обов'язковим улаштуванням кріплень стінок (при глибині закладання понад 1,5 м) та відкачуванням води, що прибуває.

5. Монтаж ремонтного хомута, муфти або заміна пошкодженого сегмента труби шляхом зварювання чи механічного з'єднання.

6. Заповнення ділянки водою, витіснення повітря через вантузи, візуальна перевірка герметичності виконаного ремонту під робочим тиском.

Промивання, дезінфекція та випробування трубопроводів

Нові, відремонтовані або забруднені ділянки мереж перед пуском в експлуатацію підлягають обов’язковому промиванню та дезінфекції.

Технологічний процес включає:

- гідродинамічне промивання чистою водою зі швидкістю руху потоку не менше 1,0–1,5 м/с до повного прояснення води, що виходить;
- хлорування мережі розчином активного хлору з концентрацією 20–50 мг/л протягом контакту тривалістю не менше 24 годин (або 75–100 мг/л при контакті 5–6 годин);
- нейтралізація та скидання хлорної води у каналізацію або спеціальні накопичувачі після закінчення часу експозиції;

- повторне промивання питною водою до досягнення залишкового вмісту хлору на рівні вимог санітарних норм (0,3–0,5 мг/л);
- відбір проб води для бактеріологічного та фізико-хімічного аналізу в акредитованій лабораторії (мінімум дві послідовні проби з інтервалом у 24 години).

3.5 Експлуатація насосних станцій другого підйому (НС-ІІ)

3.5.1 Технологічна схема та режими роботи НС-ІІ

Насосна станція другого підйому призначена для забору очищеної води з резервуарів чистої води (РЧВ) та подачі її під необхідним тиском у магістральну водопровідну мережу населеного пункту або промислового підприємства [2].

Режими роботи НС-ІІ характеризуються значною нерівномірністю водоспоживання протягом доби. Для компенсації коливань витрат застосовуються такі інженерні рішення:

- частотне регулювання обертів електродвигунів (ЧРП), що дозволяє автоматично підтримувати заданий тиск на виході зі станції незалежно від розбору води;
- паралельна робота кількох насосних агрегатів різної продуктивності, які вмикаються поетапно в години ранкового та вечірнього пікових навантажень;
- автоматичне перемикання насосів з робочого на резервний агрегат у разі виникнення аварійних сигналів (перегрів підшипників, падіння тиску, струмове перевантаження);
- моніторинг рівня води в РЧВ з метою недопущення роботи насосів у режимі «сухого ходу» та зриву вакууму у всмоктувальних патрубках.

3.5.2 Пуск, зупинка та обслуговування насосних агрегатів

Технічно правильний пуск і зупинка відцентрових насосів мінімізують знос деталей та запобігають пошкодженням обмоток двигунів.

Порядок пуску відцентрового насоса з позитивним підпором (залитий насос):

1. Перевірити наявність та рівень мастила в підшипникових вузлах, цілісність захисного кожуха муфти зчеплення.

2. Повністю відкрити засувку на всмоктувальному трубопроводі та переконатися, що корпус насоса заповнений водою, а повітря видалено.

3. Повністю закрити засувку на нагнітальному трубопроводі (це знижує пускову потужність двигуна та струмові навантаження).

4. Подати напругу на електродвигун. Контролювати час розгону ротора та покази амперметра.

5. Після досягнення номінальних обертів і стабілізації стрілки манометра плавно відкрити засувку на нагнітанні до встановлення робочих параметрів.

Порядок планової зупинки насоса:

1. Плавно закрити засувку на нагнітальному трубопроводі.

2. Вимкнути електродвигун натисканням кнопки «Стоп» або через інтерфейс системи автоматизації.

3. Перекрити всмоктувальну засувку (якщо насос виводиться в ремонт або тривалий резерв).

Під час роботи агрегату черговий персонал контролює температуру підшипників (не більше 65–70°С), витік води через сальникові ущільнення (допустимо 10–30 крапель на хвилину для охолодження) та рівень вібрації.

3.5.3 Технічне обслуговування та поточний ремонт (ППР)

Система ППР включає заходи, спрямовані на запобігання передчасному зносу елементів обладнання (табл. 3.1).

Таблиця 3.1 – Заходи, спрямовані на запобігання передчасному зносу елементів обладнання

Тип обслуговування	Періодичність	Основний обсяг виконуваних робіт
Щодобовий огляд	Кожна зміна	Очищення від пилу, контроль витоків, шумів, вібрацій, перевірка параметрів струму та тиску за приладами.
Технічне обслуговування (ТО)	1 раз на місяць	Заміна або додавання мастила, регулювання сальників, перевірка зазору в муфті, протяжка кріпильних болтів.
Поточний ремонт (ПР)	1 раз на 6 місяців	Часткове розбирання насоса, заміна зношених ущільнювальних кілець, набивки сальників, ремонт запірної арматури.
Капітальний ремонт (КР)	1 раз на 3–5 років	Повне розбирання, заміна робочого колеса, валу, підшипників, балансування ротора, центрування з двигуном, фарбування.

3.5.4 Автоматизація та диспетчеризація (SCADA)

Сучасні НС-ІІ проєктуються та експлуатуються за безлюдною технологією з передачею даних на центральний диспетчерський пункт за допомогою систем SCADA.

Автоматика забезпечує:

- каскадне керування групою насосів залежно від тиску в диктаторській (найвищій або найвіддаленішій) точці мережі;
- захист від аварійних режимів: «сухий хід», перевантаження по струму, асиметрія фаз живлення, короткі замикання;

- архівування технологічних параметрів (витрата води, тиск, спожита електроенергія) з можливістю аналізу ефективності роботи.

3.6 Санітарно-гігієнічні вимоги до мікроклімату

Параметри повітряного середовища в приміщеннях НС-II повинні забезпечувати нормальне функціонування технологічного обладнання та комфортні умови для перебування персоналу [6].

Згідно з вимогами [7], встановлюються такі розрахункові температури:

- машинний зал (основне приміщення): не нижче +5°С у зимовий період (за відсутності постійного персоналу) та не нижче +16°С (за наявності постійних робочих місць);
- приміщення електрощитової та КВПіА: у межах +15°С...+25°С для запобігання утворенню конденсату на електронних платах, реле та комутаційних апаратах;
- побутові та службові кімнати: +18°С...+22°С;
- відносна вологість повітря: не повинна перевищувати 65–70% з метою недопущення інтенсивної корозії металоконструкцій та трубопроводів.

Насосні станції можуть обладнуватися водяним, повітряним або електричним опаленням. На сучасних автоматизованих станціях найчастіше застосовують електричні конвектори або теплові вентилятори, інтегровані в загальну систему клімат-контролю.

При експлуатації систем опалення черговий або ремонтний персонал зобов'язаний:

- стежити за рівномірністю прогріву опалювальних приладів у всіх приміщеннях станції;
- перед початком опалювального сезону провести промивання радіаторів (для водяних систем) та гідравлічне випробування на тиск, що перевищує робочий на 25%;

- очищати поверхні нагрівальних елементів від пилу з метою запобігання його вигоранню та погіршенню тепловіддачі;

- контролювати ізоляцію теплопроводів у неопалювальних зонах та підвалах для уникнення замерзання теплоносія.

Машинні зали насосних станцій характеризуються значними тепловиділеннями від працюючих електродвигунів та можливим підвищенням вологості через мікроскопічні витоки води. Вентиляція призначена для видалення надлишків тепла та вологи.

Організація вентиляційного режиму:

- припливно-витяжна вентиляція з механічним спонуканням розраховується на забезпечення необхідного повітрообміну (зазвичай від 2 до 5 об’ємів приміщення на годину залежно від теплового навантаження);

- в електрощитових влаштовується автономна система вентиляції, яка виключає потрапляння вологого повітря з машинного залу;

- у літній період для охолодження двигунів великої потужності задіюють додаткові витяжні вентилятори, що вмикаються автоматично при перевищенні заданої температури повітря в залі (+30 °C);

- огляд, очищення фільтрів та перевірка надійності заземлення вентиляційних агрегатів проводяться за затвердженим графіком не рідше 1 разу на квартал.

3.7 Протипожежне устаткування та безпека приміщень

Відповідно до [8, 9] приміщення НС-ІІ поділяються на категорії:

- Категорія Д: машинний зал з відцентровими насосами, де перекачується чиста вода (негорючі речовини в холодному стані).

- Категорія В: приміщення складів мастильних матеріалів, ремонтно-механічні майстерні (наявність горючих речовин).

- Категорія Г або Д: приміщення електрощитових та трансформаторних підстанцій (наявність кабельного господарства та силового обладнання під напругою).

Кожне приміщення насосної станції має бути забезпечене первинними засобами пожежогасіння відповідно до норм належності [9].

Вимоги до комплектації:

- В електрощитових та залах КВПіА дозволяється використовувати лише вуглекислотні (ОУ-3, ОУ-5) або порошкові (ОП-5, ОП-9) вогнегасники, які не проводять електричний струм і не пошкоджують обладнання. Використання пінних або водних вогнегасників тут суворо заборонено.
- На території станції у визначених місцях встановлюються пожежні щити, укомплектовані баграми, ломами, сокирами, ковдрами з негорючого теплоізоляційного матеріалу та ящиками з сухим піском місткістю не менше 0,5 $м^3$.
- Всі вогнегасники повинні мати інвентарні номери, бирки з датою останньої перевірки та проходити технічне обслуговування (зважування, перезарядку) у спеціалізованих ліцензованих організаціях відповідно до паспортних термінів.
- Доступи до пожежних щитів, вогнегасників та внутрішніх пожежних кранів мають залишатися завжди вільними. Захаращення проходів матеріалами чи обладнанням карається законом.

Будівлі НС-II обладнуються системами автоматичної пожежної сигналізації (АПС) з виведенням сигналу на загальний пульт диспетчера або у пожежну частину.

Особливості експлуатації АПС:

- димові сповіщувачі встановлюються на стелі в приміщеннях електрощитових, кабельних напівповерхах та побутових кімнатах;
- теплові сповіщувачі застосовуються в місцях, де можливе природне виділення пилу або пари, що може викликати хибне спрацьовування димових пристроїв;
- система оповіщення про пожежу (звукові сирени, світлові табло «вихід») повинна знаходитися у постійній готовності;

- раз на місяць проводиться імітація спрацьовування системи за допомогою тестових засобів для перевірки проходження сигналу тривоги та відключення вентиляційних систем при виникненні пожежі.

3.8 Охорона праці, безпека життєдіяльності та дії в аварійних ситуаціях

До роботи з експлуатації водопровідних споруд допускаються особи не молодші 18 років, які пройшли медичний огляд, вступний та первинний інструктажі на робочому місці, стажування та перевірку знань з питань охорони праці [4].

Ключові вимоги безпеки:

- робота в колодязях та підземних камерах є роботою з підвищеною небезпекою і виконується виключно за нарядом-допуском бригадою у складі не менше ніж 3-х осіб (один працює в колодязі, двоє страхують на поверхні);
- перед спуском у колодязь обов'язково проводиться перевірка відсутності шкідливих та вибухонебезпечних газів (метан, вуглекислий газ, сірководень) за допомогою газоаналізатора або лампи ЛБК, спускатися в колодязь без перевірки або при виявленні газу категорично заборонено;
- працюючий у колодязі зобов'язаний вдягнути запобіжний пояс із лямками та рятувальною мотузкою, кінець якої міцно тримають страховики на поверхні, на голові має бути захисна каска;
- у машинному залі всі відкриті обертові частини насосів та двигунів (муфти, вали) повинні бути закриті суцільними або сітчастими металевими кожухами.

Оскільки насосні агрегати живляться від мереж високої напруги (0,4 кВ, 6 кВ, 10 кВ), дотримання правил електробезпеки [10] є критично важливим для збереження життя людей.

Правила електробезпеки:

- усі металеві корпуси електродвигунів, насосів, щитів керування, засувок з електроприводом повинні мати надійне болтове з’єднання з

контуром заземлення станції. Опір заземлювального пристрою перевіряється щорічно і не повинен перевищувати 4 Ом для мереж 380 В;

- оперативні перемикання у високовольтних пристроях виконуються двома особами з використанням засобів індивідуального захисту: діелектричних рукавичок, ботів, ізолювальних підставок та інструменту з ізольованими ручками;

- при виконанні ремонтних робіт на насосі або двигуні на відповідному комутаційному апараті в електрощитовій вивішується плакат: «НЕ ВМИКАТИ! ПРАЦЮЮТЬ ЛЮДИ», а силові запобіжники знімаються для фізичного розриву кола.

Дії персоналу при виникненні аварій (затоплення, знеструмлення)

Швидкість та скоординованість дій чергового персоналу в перші хвилини аварії визначає масштаб наслідків для всієї системи водопостачання міста.

Алгоритм дій при раптовому затопленні машинного залу:

1. Негайно знеструмити електрообладнання, що потрапляє в зону затоплення, шляхом вимкнення головних ввідних автоматів в сухому приміщенні електрощитової.

2. Закрити запірну арматуру на всмоктувальних та нагнітальних лініях пошкодженого насоса або трубопроводу для зупинки надходження води в зал.

3. Запустити в роботу дренажні насоси приямка машинного залу в ручному або автоматичному режимі підвищеної продуктивності.

4. Доповісти про подію головному інженеру, диспетчеру водоканалу та викликати аварійну бригаду.

Алгоритм дій при повному знеструмленні НС-II:

1. Переконатися, що автоматика відсікла нагнітальні лінії (закрилися зворотні клапани або засувки з електроприводами) для запобігання зворотному руху води з міста в РЧВ.

2. Перевести системи керування насосами в початковий (безпечний) стан для виключення неконтрольованого одночасного пуску всіх агрегатів при раптовій появі напруги.

3. Повідомити диспетчера енергопостачальної організації для з’ясування причин та орієнтовного часу ліквідації аварії на лініях електропередач.

4. При тривалій відсутності живлення підготувати до запуску резервне джерело електропостачання (дизель-генераторну установку), якщо вона передбачена проектом станції.

3.9 Технічна документація та звітність

На кожній насосній станції другого підйому та в експлуатаційному районі водопровідних мереж має вестися чітко визначений перелік документів [4].

Документація на робочому місці чергового:

- добовий операційний журнал роботи НС-II (фіксація параметрів тиску, витрати, рівнів води щогодини, запис про заміну змін);
- журнал обліку та стану КВПіА (записи про калібрування, повірку приладів, заміну датчиків);
- журнал реєстрації інструктажів з охорони праці та безпеки життєдіяльності на робочому місці;
- журнал обліку планово-попереджувальних ремонтів (ППР) обладнання та трубопроводів;
- затверджений графік чергувань персоналу та схема сповіщення посадових осіб у разі виникнення НС.

Виконавча документація є основою для проведення будь-яких ремонтних чи будівельних робіт на об'єктах водопостачання.

Правила збереження виконавчої документації та схем:

- Планшети та виконавчі креслення водопровідних мереж у масштабі 1:500 або 1:2000 із нанесеними колодязями, засувками, гідрантами

та точними прив'язками до місцевості повинні зберігатися в технічному відділі підприємства (або в електронному вигляді у геоінформаційній системі – ГІС).

- Технологічна схема насосної станції з чітким маркуванням (нумерацією) всіх насосів, засувок, трубопроводів та агрегатів повинна бути вивішена на видному місці в машинному залі. Нумерація на схемі повинна повністю збігатися з номерами, нанесеними безпосередньо на корпуси засувок та агрегатів фарбою.
- Паспорти заводів-виробників на насоси, електродвигуни, ЧРП, вентиляційні установки та акти випробувань контурів заземлення зберігаються у відповідального за електрогосподарство та механіка станції протягом усього терміну служби обладнання.

Висновки до Розділу 3

У результаті виконання Розділу 3 були розглянуті основні вимоги до надійної та безпечної роботи системи водопостачання. Проаналізовано особливості експлуатації водопровідної мережі, режими роботи насосної станції другого підйому, а також заходи щодо забезпечення безперебійної подачі води споживачам. Особливу увагу приділено питанням технічного обслуговування насосного обладнання, контролю стану трубопроводів, запірної арматури та автоматизації роботи станції. Запропоновані експлуатаційні заходи сприяють підвищенню енергоефективності системи, надійності водопостачання та продовженню терміну служби обладнання і мережі в цілому.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

Охорона праці на виробництві є комплексом правових норм, фінансових, управлінських, інженерних, санітарних та медичних інструментів, спрямованих на захист життя, фізичного стану та ефективності персоналу під час виконання обов'язків.

Будь-яка виробнича діяльність пов'язана з певними ризиками. Головна мета інженерії безпеки — знизити до мінімуму загрозу травмування чи професійних недуг, створюючи при цьому оптимальні робочі умови для досягнення найвищої ефективності.

Технічні характеристики об'єкта

У даній кваліфікаційній роботі розроблено проєкт водопровідної мережі та насосної станції другого підйому, яка забезпечує транспортування води безпосередньо споживачам із добовим об'ємом 61516,09 м³. Цей об'єкт відповідає першій категорії надійності та здійснює перекачування очищеної води з накопичувальних резервуарів у міську або селищну мережу.

Основний зал обладнаний п'ятьма насосними агрегатами моделі Д 1600-90, з яких три є основними, а два перебувають у резерві. Графік роботи передбачає запуск одного насоса на першому етапі та підключення ще двох одиниць обладнання під час переходу на другий ступінь навантаження.

4.1 Дослідження потенційних ризиків та шкідливих чинників на території ВНС

Комплекс споруд водопровідної насосної станції (ВНС) відіграє ключову роль у забезпеченні подачі та розподілу води. З позиції охорони праці даний об'єкт концентрації технологічного обладнання характеризується наявністю низки специфічних загроз для персоналу. Спираючись на нормативну базу, на робочих місцях ВНС виділяють такі небезпечні та шкідливі чинники:

Механічні рухомі деталі – відкриті частини вузлів, що обертаються (вали насосних агрегатів, ротори двигунів), а також елементи кранового обладнання.

Ризик падіння предметів – ймовірність травмування інструментами або деталями під час виконання монтажних чи ремонтних робіт на висоті.

Електротравматизм – висока напруга в силових мережах, розподільчих щитах та обмотках двигунів, де існує загроза проходження струму через тіло працівника.

Несприятливий мікроклімат — знижені показники температури в окремих зонах споруди.

4.2 Розміщення та облаштування ВНС

Загальні вимоги до території та доступу

Майданчик ВНС має огородження, благоустрій та систему зовнішнього освітлення.

Доступ до об'єктів залишається безпечним за штатних умов, а також під час паводків чи снігових заносів.

Заглиблені будівлі захищені від підтоплення поверхневими та ґрунтовими водами.

Облаштування машинного залу та ремонтних зон

Для обслуговування обладнання виділено ремонтну зону з мостовим електрокраном. Її площа дозволяє повністю розмістити деталі найбільшого агрегату станції.

Висота машинного залу без крана становить від 3 м. За наявності підйомних механізмів висоту розраховують так, щоб проміжок між піднятим вантажем та обладнанням складав щонайменше 0,5 м.

Переходи, містки та драбини

Наземні комунікації, що заважають руху, обладнані перехідними містками (ширина – від 0,8 м, висота поручнів – від 1 м) та надійними сходами.

Кут нахилу драбин до засувок чи переходів через труби не перевищує 60°.

Підземні зали з'єднуються з наземними виходами сходами завширшки від 0,7 м з нахилом до 45° (для приміщень завдовжки до 12 м дозволено нахил до 60°).

Робочі проходи на висоті понад 0,8 м та майданчики біля резервуарів мають ширину від 0,6 м. Вони оснащені огородженням заввишки від 1 м із суцільним бортом знизу заввишки 0,1 м.

Габарити приміщень та проходів

Мінімальна висота до будівельних конструкцій – 2,2 м, а до комунікацій у зоні руху персоналу – 2 м.

Нормативи ширини: проходи – від 1 м, коридори – від 1,4 м, дверні прорізи – від 0,8 м, сходові марші – від 1,05 м.

Пожежна безпека та ізоляція

При блокуванні ВНС з іншими об'єктами використовуються вогнестійкі розділювальні конструкції, а сама станція облаштовується прямим виходом на вулицю.

Електрощитові та трансформаторні камери мають ізольовані виходи безпосередньо назовні.

Надмірна вологість – підвищений вміст вологи в повітряному середовищі технологічних залів.

Акустичне та динамічне навантаження – критичні рівні звукового тиску та вібраційних коливань від роботи масивних гідротехнічних агрегатів.

Дефіцит світлового потоку – незадовільний стан або недостатня інтенсивність освітлення робочих місць.

Проєктом передбачено, що архітектурно-конструктивні рішення, вентиляційні системи, теплопостачання та протипожежний захист ВНС повністю відповідають чинним санітарно-гігієнічним та будівельним стандартам. Це гарантує належний захист персоналу як під час штатного режиму роботи, так і в разі виникнення позаштатних ситуацій.

Для підвищення надійності функціонування системи автоматизоване керування головними агрегатами продубльоване локальними пультами ручного перемикання. Таке рішення запобігає виникненню аварійних умов у разі відмови засобів автоматики.

4.3 Експлуатація обладнання та організація безпеки

Розміщення устаткування та проходи

Обладнання, трубопроводи, арматура та прилади розташовані так, щоб забезпечити безперешкодний доступ для їх обслуговування.

Якщо висота насосних агрегатів або електроприводів засувок перевищує 1,4 м від підлоги, облаштовуються спеціальні містки, майданчики або розширені фундаменти з огородженням.

Нормативи мінімальної ширини проходів між обладнанням:

Між насосними агрегатами: 1 м (для електродвигунів до 1000 В) та 1,2 м (понад 1000 В).

Між агрегатом і стіною: 0,7 м (для шахтних станцій) та 1 м (для інших типів станцій).

Між компресорними установками: 1,5 м.

Перед розподільним електрощитом: 2 м.

Між будь-якими іншими нерухомими виступаючими частинами: 0,7 м.

Диспетчерський контроль та аварійні ситуації

Будь-які операції з обладнанням (запуск, зупинка, виведення в резерв) виконуються виключно за розпорядженням або з дозволу диспетчера (майстра).

Самостійні дії персоналу дозволені лише у небезпечних ситуаціях, які безпосередньо загрожують життю людей або цілісності обладнання.

Проведення поточних, капітальних чи аварійних ремонтів здійснюється чітко відповідно до вимог нормативної документації.

Охорона праці під час роботи та ремонту

Під час роботи агрегатів заборонено: знімати захисні кожухи й екрани, виконувати будь-які ремонтні роботи, гальмувати рухомі деталі вручну, а також використовувати відкритий вогонь (смолоскипи) для освітлення.

Під час ремонту обладнання обов'язково: повністю знеструмити устаткування, заблокувати можливість його випадкового або самовільного пуску та вивісити попереджувальні плакати безпеки.

Обов'язки персоналу перед запуском

Перед кожним пуском черговий машиніст зобов'язаний візуально та технічно перевірити справність усіх вузлів і захисних пристроїв.

Усі виявлені дефекти та несправності невідкладно фіксуються в оперативному журналі.

4.3 Забезпечення освітленості виробничих приміщень і робочих місць

Організація системи освітлення

На ВНС реалізовано комбіновану систему, що поєднує природне та штучне освітлення відповідно до.

Природне інсолювання забезпечується боковим методом через віконні прорізи у зовнішніх стінах будівель. Коефіцієнт природної освітленості (КПО) становить 1,15%.

Для штучного освітлення використовуються газорозрядні джерела світла та лампи розжарювання. На робочих місцях додатково встановлено світильники відбитого світла типу «Люцента».

Основними джерелами світла є енергоефективні та гігієнічно безпечні люмінесцентні лампи низького тиску – денного світла (ЛД) та денного світла з покращеною передачею кольору (ЛДЦ).

На випадок знеструмлення основної мережі передбачено аварійне освітлення з автономним живленням. Його потужність становить 10% від рівня робочого освітлення.

Норми штучної освітленості приміщень та зон

Проєктом встановлено такі рівні освітленості для робочих зон та допоміжних приміщень:

Панелі приладів та пультові блоки – 300 лк;

Медичний пункт (здравпункт) – 200 лк;

Гардеробні кімнати – 75 лк;

Душові кабіни та зони періодичного контролю техпроцесів – 50 лк;

Допоміжні (складські/технічні) приміщення – 6 лк;

Аварійне освітлення у проходах та на шляхах евакуації – 0,5–1 лк.

4.4 Вентиляція та опалення

Система опалення та теплоносії

Для підтримання нормативної температури повітря (+18 °C) у зимовий період запроєктовано тупикову однотрубну систему опалення.

Опалювальними приладами слугують регістри з гладких сталевих труб.

Вентиляція та організація повітрообміну

Для забезпечення нормативних санітарно-гігієнічних умов і захисту здоров'я персоналу передбачено систему примусової вентиляції.

Робота вентиляційних установок базується на постійному повітрообміні: забруднене чи відпрацьоване повітря видаляється, а замість нього подається свіже, яке проходить необхідну попередню обробку.

У холодний період року припливне повітря обов'язково підігрівається в повітронагрівачах (калориферах) до температури внутрішнього середовища приміщень.

Контроль параметрів мікроклімату

Параметри мікроклімату в робочій зоні (температура, швидкість руху та відносна вологість повітря, теплове випромінювання) контролюються відповідно до чинних вимог.

Розрахунок цих показників виконано з урахуванням періоду року (теплий, холодний, перехідний), категорії важкості робіт, що виконуються

персоналом, а також обсягів надлишків явного тепла в приміщеннях(табл. 4.1).

Таблиця 4.1 – Санітарні норми мікроклімату

Період року	Категорія робіт	Температура, ^{0}C					Відносна вологість, %		Швидкість руху, м/с	
		Оптимальна	Допустима				Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних, не більш	Оптимальна	Допустима на робочих місцях постійних і непостійних
			Верхня межа		Нижня межа					
			На робочих місцях							
			Постійних	Непостійних	Постійних	Непостійних				
Холодний	Середньої важкості II-б	17-19	21	23	15	13	40-60	75	0,2	Не більше 0
Теплий	Середньої важкості II-б	20-22	27	29	16	15	40-60	70 (при25^{0}C)	0,3	0,2-0,5

Оптимальні показники мікроклімату в робочій зоні визначено з урахуванням періоду року, категорії важкості робіт та обсягів надлишкового тепла.

4.5 Шум та вібрація

Джерела та вплив шкідливих чинників

Основним джерелом технологічного шуму та вібрації на станції є насосні агрегати.

Підвищений рівень шуму негативно позначається на здоров'ї персоналу, прискорює втому, знижує загальну працездатність і підвищує ризик виробничого травматизму чи помилкових дій під час керування обладнанням.

Технічні заходи з шумо- та віброізоляції

Для зниження рівнів динамічних навантажень та захисту приміщень передбачено такі інженерні рішення:

Насосні агрегати та силове обладнання змонтовані на індивідуальних фундаментах, які конструктивно відокремлені від опорних елементів будівлі.

Між станинами насосів та бетонними фундаментами встановлено віброізолювальні прокладки.

Вентиляційні установки розміщені на пружинних віброізоляторах.

Всмоктувальні та напірні патрубки вентиляторів з'єднані з магістральними повітроводами за допомогою гнучких (м'яких) вставок.

4.6 Засоби індивідуального захисту (ЗІЗ)

Порядок та умови забезпечення персоналу

Працівники, які виконують роботи зі шкідливими, небезпечними або специфічними температурними умовами, а також пов'язані із забрудненням, безкоштовно забезпечуються сертифікованим спецодягом, спецвзуттям та іншими ЗІЗ.

Усі витрати на придбання та видачу засобів захисту відповідно до встановлених норм покриваються за рахунок роботодавця.

Відповідні вимоги обов'язково вносяться до інструкцій з експлуатації та охорони праці, які затверджує керівник підприємства.

Функціональне призначення ЗІЗ

Ефективне використання засобів індивідуального захисту спрямоване на:

Зниження впливу шкідливих чинників до рівнів, визначених чинними санітарно-гігієнічними нормативами.

Захист персоналу від небезпек, зумовлених штатним технологічним процесом та специфікою робіт.

Запобігання травмуванню чи ураженню у разі аварійних ситуацій або порушень технологічного режиму.

Спеціальні вимоги до експлуатації та гігієни

Під час обслуговування обладнання з рухомими або обертовими елементами персонал зобов'язаний працювати у щільно прилеглому спецодязі (жінки – у комбінезонах або брючних костюмах).

Спецодяг працівників, які безпосередньо контактують зі стічними водами чи побутовим сміттям, підлягає обов'язковому пранню та дезінфекції щотижня.

Норми видачі спецодягу та ЗІЗ на ВНС

Для виконання робіт персоналу видається такий базовий комплект:

Костюм бавовняний;

Куртка утеплена (ватна) – для холодного періоду;

Черевики кирзові або інше спецвзуття;

Рукавиці бавовняні та рукавички гумові.

Чергові та додаткові засоби захисту:

Діелектричні рукавички – 2 пари (черговий комплект);

Чоботи гумові – по 1 парі (додатково);

Плащ прогумований – по 1 шт. (додатково);

Засоби захисту органів слуху від шуму (протишумні навушники, беруші/вкладиші).

4.7 Індивідуальні завдання

Задача 1. Розрахунок заземлення для насосів

Для захисного заземлення насосних агрегатів із робочою напругою до 1000 В та глухозаземленою нейтраллю необхідно забезпечити загальний опір розтіканню струму не більше 4,0 Ом відповідно до [10].

Для цього оптимально влаштувати заземлювальний контур із 12 вертикальних електродів (сталевий кутник (50×50×5) мм довжиною 3 метри), які заглиблені у траншеї та з'єднані сталевою смугою (40×4) мм.

Тип ґрунту: суглинок / чорнозем із базовим питомим опором – $\rho = 100$ Ом $\times$ м.

Кліматична зона: II зона (Полтавська область).

Коефіцієнти сезонного висихання/промерзання:

для вертикальних заземлювачів: $\psi_{\text{в}} = 1{,}4$;

для горизонтальної сполучної смуги: $\psi_{\text{г}} = 1{,}6$.

Параметри траншеї: глибина закладання $h_0 = 0{,}7$м, ширина 0,5м.

Розрахунок заземлювачів:

Вертикальний електрод (кутник 50×50×5мм, l = 3 м)

Розрахунковий питомий опір ґрунту:

$$\rho_{\text{розр.в}} = \rho \times \psi_{\text{в}} = 100 \times 1{,}4 = 140 \text{ Ом} \times \text{м}. \quad (4.1)$$

Еквівалентний діаметр кутника з шириною полиці $b = 0{,}05$м :

$$d = 0{,}95 \times b = 0{,}95 \times 0{,}05 = 0{,}0475 \text{ м}. \quad (4.2)$$

Глибина від поверхні землі до середини електрода:

$$\text{T} = h_0 + \frac{1}{2} = 0{,}7 + \frac{3}{2} = 2{,}2 \text{ м}. \quad (4.3)$$

Опір одного вертикального заземлювача:

$$R_{\text{в1}} = \frac{\rho_{\text{розр.в}}}{2\pi \times 1}\left(\ln\frac{2l}{d} + \frac{1}{2}\ln\frac{4T+l}{4T-l}\right) = 38{,}58 \text{ Ом}. \quad (4.4)$$

Горизонтальний електрод (сталева смуга 40×4мм).

Припустимо, що контур прокладається по периметру будівлі насосної станції. Орієнтовна довжина смуги складає $L_{\text{см}} = 36$ м.

Розрахунковий питомий опір ґрунту для смуги:

$$\rho_{\text{розр.г}} = \rho \times \psi_{\text{г}} = 100 \times 1{,}6 = 160 \text{ Ом} \times \text{м}. \quad (4.5)$$

Опір розтіканню горизонтальної смуги шириною $w = 0{,}04$ м:

$$R_{\text{см}} = \frac{\rho_{\text{розр.г}}}{2\pi \times L_{\text{см}}}\ln\frac{2 \times L_{\text{см}}^2}{w \times h_0} = 8{,}09 \text{ Ом}. \quad (4.6)$$

Визначення необхідної кількості електродів

Для контурного розташування електродів із кроком а = 3м (відношення відстані до довжини а/l = 1), коефіцієнти використання (екранування) становлять:

для вертикальних електродів ($n = 12$): $\eta_{\text{в}} = 0{,}75$;

для горизонтальної смуги: $\eta_{\text{в}} = 0{,}40$.

Результуючий опір усіх вертикальних кутників:

$$R_{\text{в.заг}} = \frac{R_{\text{в1}}}{n \times \eta_{\text{в}}} = \frac{38{,}58}{12 \times 0{,}75} = 4{,}29 \text{ Ом}. \quad (4.7)$$

Результуючий опір горизонтальної смуги:

$$R_{\text{г.заг}} = \frac{R_{\text{см}}}{\eta_{\text{г}}} = \frac{8{,}09}{0{,}40} = 20{,}23 \text{ Ом}. \quad (4.8)$$

Повний опір всього заземлювального пристрою:

$$R_{\text{заг}} = \frac{R_{\text{в.заг}} \times R_{\text{г.заг}}}{R_{\text{в.заг}} + R_{\text{г.заг}}} = \frac{4{,}29 \times 20{,}23}{4{,}29 + 20{,}23} = 3{,}54 \text{ Ом}. \quad (4.9)$$

Отриманий опір 3,54 Ом повністю задовольняє вимогу [10] – ($R \leq 4{,}0$ Ом).

Монтаж: Вертикальні кутники забиваються в землю так, щоб їхні верхні кінці виступали на 10–15 см від дна траншеї (0,7 м від поверхні) для зручності зварювання.

Усі з'єднання всередині траншеї виконуються виключно за допомогою електрозварювання (довжина зварного шва не менше $6 \times w = 240$мм) та покриваються бітумним лаком для захисту від корозії.

Контур заземлення виводиться всередину насосної станції сталевою смугою щонайменше у двох різних точках і приєднується до Головної заземлювальної шини (ГЗШ), від якої гнучкими мідними провідниками заземлюються станини та корпуси електродвигунів насосів.

Задача 2. Розрахунок освітлення для приміщення НС

Для розрахунку внутрішнього робочого освітлення приміщення насосної станції (НС) загальною площею 72м^2 (розмірами (12×6 м) та висотою 4 м необхідно встановити 10 промислових світлодіодних (LED) світильників потужністю 50 Вт кожен із загальним світловим потоком близько 6000 лм. Це забезпечить нормовану освітленість 150 лк на рівні підлоги відповідно до [12].

Тип приміщення: Машинний зал насосної станції.

Розміри: Довжина А = 12 м, ширина В = 6 м, площа $S = 72\text{м}^2$.

Висота: Загальна Н = 4 м; висота робочої поверхні (підлога) $h_p = 0$ м.

Норма освітленості ($\text{E}_\text{к}$): 150 лк (згідно з [12] для насосних станцій).

Коефіцієнт запасу ($К_З$): 1,4 (враховує природне запилення світильників у процесі експлуатації).

Коефіцієнти відбиття поверхні: стеля (світла) $\rho_с = 50\%$, стіни $\rho_с = 30\%$, підлога (бетон/плитка) $\rho_с = 10\%$.

Рішення

Індекс приміщення визначає геометрію простору. При підвісі світильників безпосередньо на стелю розрахункова висота становить $h = H - h_p = 4$м.

$$\text{i} = \frac{\text{A}\times\text{B}}{h\times(\text{A}+\text{B})} = \frac{12\times6}{4\times(12+6)} = \frac{72}{72} = 1{,}0. \quad (4.10)$$

Для світильників із косинусним розподілом світла (типові промислові LED-плафони IP65) при індексі i = 1,0 та заданих коефіцієнтах відбиття стін/стелі коефіцієнт використання становить: $\eta = 0{,}48$ (48%)

Необхідний загальний світловий потік від усіх джерел світла обчислюється за формулою:

$$\Phi_{\text{заг}} = \frac{\text{E}_\text{н}\times S\times K_\text{з}}{\eta} = \frac{150\times72\times1{,}4}{0{,}48} = 31500 \text{ лм}. \quad (4.11)$$

Обираємо промисловий пило- та вологозахищений LED-світильник (клас захисту не нижче IP65 через підвищену вологість у НС). Потужність: 50 Вт.

Світловий потік одного світильника ($Ф_1$): ~6000 лм (середня світловіддача 120 лм/Вт).

Розрахунок кількості світильників (N)

$$N = \frac{\Phi_{\text{заг}}}{\Phi_1} = \frac{31500}{6000} = 5{,}25 \text{ шт}. \quad (4.12)$$

Для рівномірного розподілу світла по прямокутному периметру та створення запасу яскравості (особливо біля засувок і манометрів) приймаємо N = 10 шт. (дві лінії по 5 світильників).

Схема розташування на стелі

- Кількість рядів: 2 ряди вздовж довгої стіни (12 м).
- Кількість світильників у ряду: 5 шт.

- Відстань між рядами: 3 м (від стін по 1,5 м).
- Відстань між світильниками в ряду: 2,4м (від крайніх світильників до торцевих стін по 1,2 м).

Рекомендації щодо монтажу та безпеки

1. Аварійне освітлення: відповідно до норм, щонайменше 2 світильники з 10 мають бути обладнані блоками аварійного живлення (БАЖ) для автономної роботи протягом 1–3 годин у разі знеструмлення НС.

2. Живлення: Мережа робочого освітлення має бути прокладена кабелем, що не підтримує горіння (наприклад, ВВГнг-LS $3 \times 1{,}5$ мм^2).

3. Заземлення: Металеві корпуси світильників та лотки обов'язково підключаються до захисного провідника (PE), з'єднаного з контуром заземлення НС, який ми розрахували раніше.

Висновки до Розділу 4

1. У розділі «Охорона праці» було проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час експлуатації водопровідної насосної станції. Розглянуто вимоги до розташування ВНС, забезпечення нормативної освітленості виробничих приміщень і робочих місць, організації систем вентиляції та опалення. Також визначено вплив шуму та вібрації на персонал і запропоновано заходи щодо їх зниження до допустимих рівнів.

2. У результаті виконання розділу встановлено, що дотримання вимог охорони праці на водопровідній насосній станції є важливою умовою безпечної та безперебійної роботи обладнання. Значну увагу приділено застосуванню засобів індивідуального захисту, які забезпечують захист працівників від впливу шуму, вібрації, підвищеної вологості та інших небезпечних факторів виробничого середовища. Запропоновані заходи дозволяють підвищити рівень виробничої безпеки, зменшити ризик професійних захворювань і створити належні умови експлуатації насосної станції.

ВИСНОВКИ

1. В ході виконаної роботи були досліджені три варіанти трасування водопровідної мережі з метою визначення розміру коливання різниці тиску між режимом максимального водопостачання та режимом максимального транзиту.

2. У якості розрахункових випадків були розглянуті три варіанти трасування водопровідної мережі та завантаження ділянок, в ході яких за допомогою технологічних розрахунків був обраний найбільш доцільний варіант. Таким варіантом вважається Варіант 1, де було досягнуто найменшої різниці перепаді тиску між максимальним водопостачанням мережі та режимом транзиту води у башту.

3. У результаті виконання Розділу 3 були розглянуті основні вимоги до надійної та безпечної роботи системи водопостачання. Проаналізовано особливості експлуатації водопровідної мережі, режими роботи насосної станції другого підйому, а також заходи щодо забезпечення безперебійної подачі води споживачам. Особливу увагу приділено питанням технічного обслуговування насосного обладнання, контролю стану трубопроводів, запірної арматури та автоматизації роботи станції. Запропоновані експлуатаційні заходи сприяють підвищенню енергоефективності системи, надійності водопостачання та продовженню терміну служби обладнання і мережі в цілому.

4. У розділі «Охорона праці» було проаналізовано основні небезпечні та шкідливі виробничі фактори, що можуть виникати під час експлуатації водопровідної насосної станції. Розглянуто вимоги до розташування ВНС, забезпечення нормативної освітленості виробничих приміщень і робочих місць, організації систем вентиляції та опалення. Також визначено вплив шуму та вібрації на персонал і запропоновано заходи щодо їх зниження до допустимих рівнів.

5. У результаті виконання розділу встановлено, що дотримання вимог охорони праці на водопровідній насосній станції є важливою умовою

безпечної та безперебійної роботи обладнання. Значну увагу приділено застосуванню засобів індивідуального захисту, які забезпечують захист працівників від впливу шуму, вібрації, підвищеної вологості та інших небезпечних факторів виробничого середовища. Запропоновані заходи дозволяють підвищити рівень виробничої безпеки, зменшити ризик професійних захворювань і створити належні умови експлуатації насосної станції.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В.2.5.–74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. – Київ: Мінрегіонбуд України. – 2013. – 280 с.

2. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Т. О. Шевченко, Ю. В. Ярошенко, М. М. Яковенко, В. М. Бєляєва ; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с.

3. Наказ від 12.03.2010 № 55 Про затвердження Правил безпечної експлуатації насосних станцій водогосподарських систем. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0271-10#Text, доступ вільний.

4. Наказ від 05.07.95 № 30 Про затвердження Правил технічної експлуатації систем водопостачання та водовідведення населених пунктів України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0231-95#Text, доступ вільний.

5. Наказ від 08.08.1997 № 63 Про затвердження Положення про проведення планово-попереджувальних ремонтів на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/rada/show/v0063303-97#Text, доступ вільний.

6. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=14283, доступ вільний.

7. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074971619479783152, доступ вільний.

8. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об’єктів будівництва. Загальні вимоги. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3080743763845318619, доступ вільний.

9. НАПБ А.01.001-2014 Про затвердження Правил пожежної безпеки в Україні. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/napb_a_01_001_2014_pro_zatverdzhennja_pravil_pozhezhnoji_bezpeki_v_ukrajini/21-1-0-1820, доступ вільний.

10. Правила безпечної експлуатації електроустановок. Наказ Державного комітету України по нагляду за охороною праці від 6 жовтня 1997 року N 257. URL: https://ips.ligazakon.net/document/REG2451?an=1, доступ вільний.

11. ДСТУ-Н Б А.3.2-1:2007 Система стандартів безпеки праці. Настанова щодо визначення небезпечних і шкідливих факторів та захисту від їх впливу при виробництві будівельних матеріалів і виробів та їх використанні в процесі зведення та експлуатації об`єктів будівництва. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=40230, доступ вільний.

12. ДБН В.2.5-28-2018 Природне і штучне освітлення. URL: https://e-construction.gov.ua/laws_detail/3074958732556240833?doc_type=2, доступ вільний.

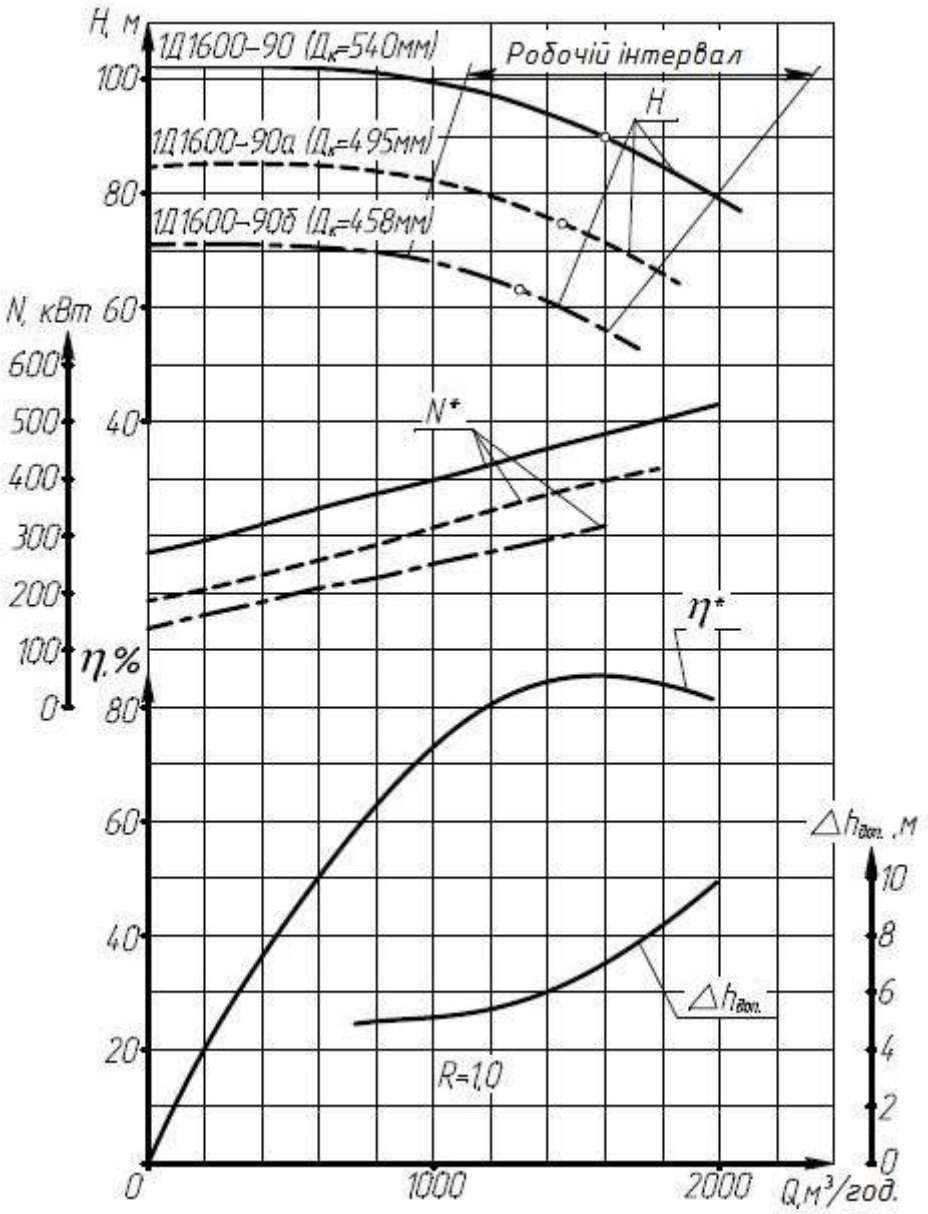
13. ДСН 3.3.6.037-99 Санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=48147, доступ вільний.

14. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=6372, доступ вільний.

15. ДСТУ 7239:2011 Система стандартів безпеки праці. Засоби індивідуального захисту. Загальні вимоги та класифікація. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=51051, доступ вільний.

16. ДСТУ EN ISO 13688:2016 Одяг спеціальний захисний. Загальні вимоги. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=67538, доступ вільний.

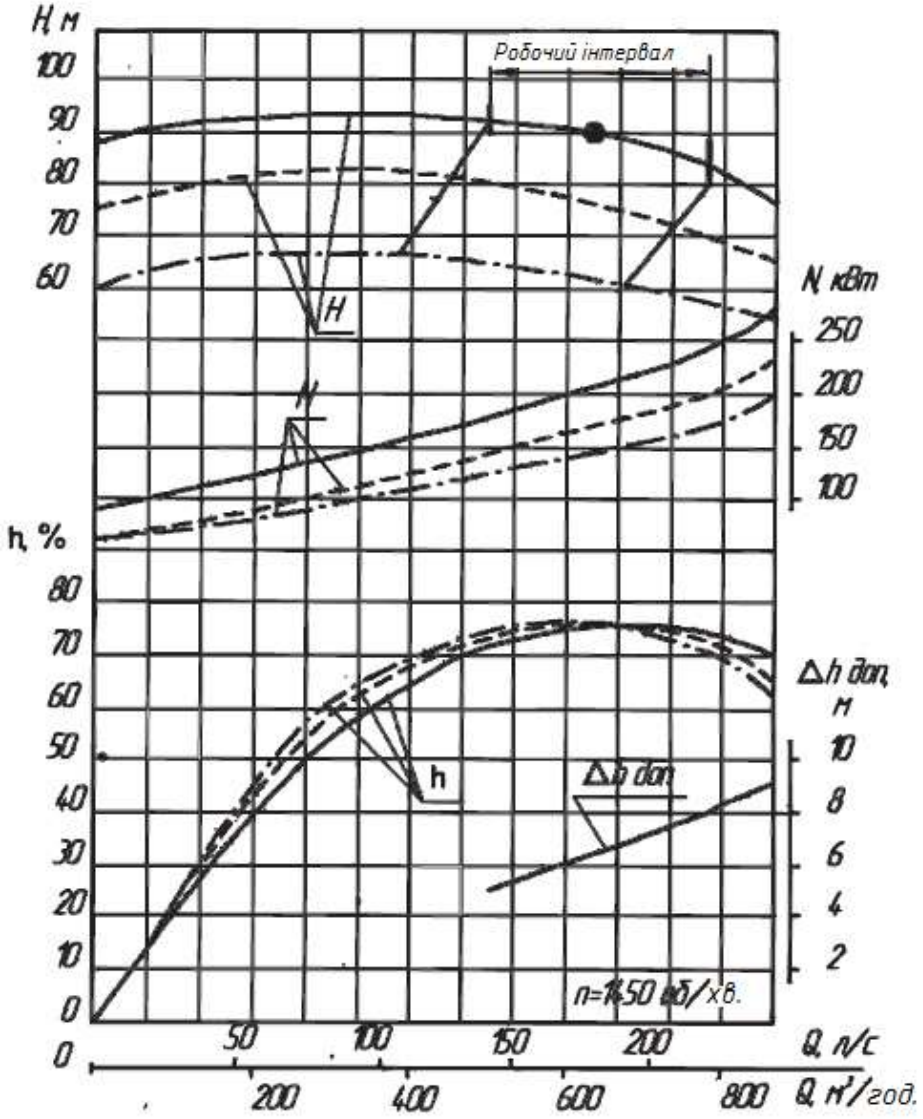
ДОДАТОК 1



Характеристика насосу Д 1600-90,

частота обертання 1450 об/хв., рідина – вода густиною 1000 кг/м^3

ДОДАТОК 2



Характеристика насосу Д 630-90,

частота обертання 1450 об/хв., рідина – вода густиною 1000 кг/м^3