МІНІСТЕРСТВО ОСВІТИ І НАУКИ УКРАЇНИ
ЗАПОРІЗЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ

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

КАФЕДРА МІСЬКОГО БУДІВНИЦТВА І АРХІТЕКТУРИ

КВАЛІФІКАЦІЙНА РОБОТА

бакалавра

на тему: **«РОЗРОБКА ІНЖЕНЕРНОЇ СИСТЕМИ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ В УМОВАХ ПІСЛЯВОЄННОГО РОЗВИТКУ»**

Виконав: студент 4 курсу, група 6.1922-мім-з
спеціальності 192 Будівництво та цивільна інженерія
освітньо-професійної програми «Міські інженерні мережі»
КАЦ СТАНІСЛАВ ВОЛОДИМИРОВИЧ

Керівник: доцент кафедри міського будівництва і архітектури, канд. техн. наук С.В. Ільїн

Рецензент: завідувач кафедри міського будівництва і архітектури
кандидат технічних наук А. В. Банах

Запоріжжя
2026

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

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

ЗАТВЕРДЖУЮ
Завідувач кафедри

«01» 03 2026 року

ЗАВДАННЯ
НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ СТУДЕНТУ

Кацу Станіславу Володимировичу

1. Тема роботи Розробка інженерної системи транспортування води в умовах післявоєнного розвитку
2. затверджено наказом ЗНУ від «23» грудня 2025 року № 1832-с

2. Строк подання роботи: *25.05.2026*

3. Вихідні дані до роботи: генплан міста *(додаток 1), особливості забудови та водопостачання (додаток 2).*

4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, що належить розробити): *Розділ 1. Технологічні основи проєктування мереж водопостачання в умовах повоєнної відбудови. 1.1. Сучасний стан та проблеми водопостачання в міських населених пунктах. 1.2. Нормативно-правова база та принципи комплексного проєктування мереж водопостачання реконструкції та технічного переоснащення водопровідних мереж. 1.3. Технології моніторингу та керування станом систем водопостачання. 1.4. Особливості та завдання реконструкції і модернізації водопровідних мереж у повоєнний період. Розділ 2. Аналіз вихідних даних та умов функціонування системи водопостачання. 2.1. Загальна характеристика існуючої системи водопостачання населеного пункту. 2.2. Обґрунтування розрахункових витрат води на господарсько-питні потреби. 2.3. Формування графіка добового та погодинного водоспоживання. Розділ 3. Розробка проєктних рішень для водопровідної мережі. 3.1. Вибір схеми та трасування водопровідної мережі. 3.2. Обчислення питомих, лінійних і вузлових витрат у мережі. 3.3 Виконання гідравлічного розрахунку мережі. 3.4 Визначення п'єзометричних відміток та перевірка забезпечення необхідних напорів. 3.5 Проєктний розрахунок водонапірної споруди. Розділ 4. Проєктування насосної станції другого підйому. 4.1. Визначення продуктивності та напору насосного обладнання. 4.2 Розрахунок діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів. 4.3 Встановлення необхідного напору насосного обладнання. 4.4 Аналіз роботи насосної станції в умовах пожежного режиму. 4.5 Підбір насосних агрегатів та приводних електродвигунів. 4.6 Розрахунок висотного розташування осі насосів і рівня підлоги насосної станції. 4.7 Визначення висоти машинного приміщення та вибір підйомально-транспортного обладнання. 4.8 Обґрунтування енергоефективних рішень у роботі насосної станції. ВИСНОВКИ.*

5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень): *Графічна частина. 1.Генеральний план міста. 2. П'єзометричні карти для режимів максимального водоспоживання. пожежогасіння в годину максимального водоспоживання.*

максимального транзиту. Точка живлення №1. 3. П'єзометричні карти для реж
води в мережу в годину максимального водоспоживання. максимального
(приєднання водоводів у вузол 5). 4. П'єзометричні карти для режимів подачі во
в годину максимального водоспоживання. максимального транзиту та по
(приєднання водоводів у вузли 5 та 14). 5.Водозабірна споруда: оголовок, генпла
створу водозабору. 6. Насосна станція 2 підйому: план на відм. 0.00, розрізи буд

6. Консультанти розділів роботи

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	зав при
1	Ільїн С.В., к.т.н., доцент		
2	Ільїн С.В., к.т.н., доцент		
3	Ільїн С.В., к.т.н., доцент		
4	Ільїн С.В., к.т.н., доцент		

7. Дата видачі завдання 01.02.2026 року.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Виконання
1	Розділ 1. Технологічні основи проєктування мереж водопостачання в умовах повоєнної відбудови.	25.03.26
2	Розділ 2. Аналіз вихідних даних та умов функціонування системи водопостачання.	14.04.26
3	Листи 1-2.	25.04.26
4	Розділ 3. Розробка проєктних рішень для водопровідної мережі. мережі.	05.05.26
5	Листи 3-4.	10.05.26
	Розділ 4. Проєктування насосної станції другого підйому. Лист №5.	15.05.26
6	Лист 6.	20.05.26
7	Презентація підготовка доповіді.	21.05.26
8	Попередній захист	22.05.26

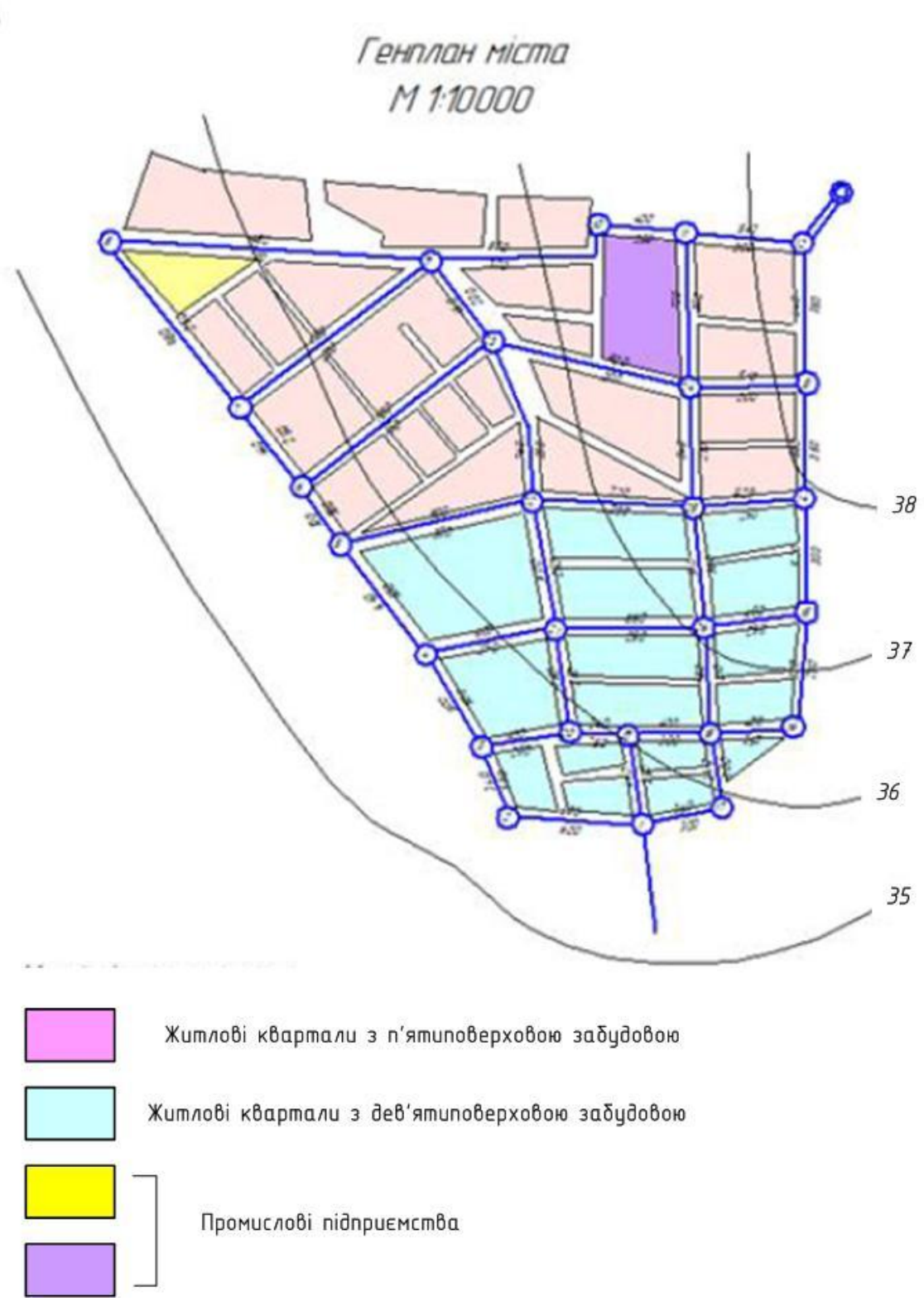
Студент _____ С. В. Кац
(підпис) (ініціали та прізвище)

Керівник роботи _____ С.В. Ільїн
(підпис) (ініціали та прізвище)

Нормоконтроль пройдено

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

Додаток 1


Генплан міста
М 1:10000
38
37
36
35
Житлові квартали з п'ятиповерховою забудовою
Житлові квартали з дев'ятиповерховою забудовою
Промислові підприємства

Додаток 2

Таблиця 1 – Особливості забудови

Район	Густина населення, чол/га	Площа, га	Кількість поверхів
1	240	170	5
2	460	101,5	9

Таблиця 2 – Особливості виробничого процесу

№ підпр.	Кількість працюючих по змінах	Кількість працюючих в гар. цехах, %	Характеристика технологічного процесу	Витрати води на промислов і потреби, $м^3$/доб	Ступінь вогнестійкості конструкцій
№ 1	1000	40%	Іа	930	І, ІІ А, Б, Д
	980				
	900				
№ 2	700	40%	Іб	1000	І, ІІ А, Б, Д

ЗМІСТ

ВСТУП……..8
РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ……..9
1.1. Сучасний стан та проблеми водопостачання в міських населених пунктах…….9
1.2. Нормативно-правова база та принципи комплексного проєктування мереж водопостачання реконструкції та технічного переоснащення водопровідних мереж……..……12
1.3. Технології моніторингу та керування станом систем водопостачання…….14
1.4. Особливості та завдання реконструкції та модернізації водопровідних мереж у повоєнний період……16
РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ……..……21
2.1. Загальна характеристика системи водопостачання населеного пункту……..…21
2.2. Обґрунтування розрахункових витрат води на господарсько-питні потреби……...22
2.3. Формування графіка добового та погодинного водоспоживання……..…26
РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ……..…30
3.1. Вибір схеми та трасування водопровідної мережі……..…30
3.2. Обчислення питомих, лінійних і вузлових витрат у мережі……..…30
3.3 Виконання гідравлічного розрахунку мережі……..…37
3.4 Визначення п’єзометричних відміток та перевірка забезпечення необхідних напорів……38
3.5 Проєктний розрахунок водонапірної споруди……38
РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ДРУГОГО ПІДЙОМУ.43
4.1. Визначення продуктивності та напору насосного обладнання……43
4.2 Розрахунок діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів……43
4.3 Встановлення необхідного напору насосного обладнання……44

4.4 Аналіз роботи насосної станції в умовах пожежного режиму……45
4.5 Підбір насосних агрегатів та приводних електродвигунів……46
4.6 Розрахунок висотного розташування осі насосів і рівня підлоги насосної станції……47
4.7 Визначення висоти машинного приміщення та вибір підйіймально-транспортного обладнання……..48
4.8 Обґрунтування енергоефективних рішень у роботі насосної станції……49
ВИСНОВКИ……...…51
ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ…….52
ДОДАТОК……..……55

ВСТУП

В умовах повоєнної відбудови України особливого значення набуває забезпечення надійного та безперебійного функціонування систем водопостачання населених пунктів. Пошкодження інженерної інфраструктури, зношеність існуючих мереж, значні втрати води та підвищене енергоспоживання обумовлюють необхідність впровадження сучасних підходів до проєктування, реконструкції та модернізації водопровідних систем. У зв’язку з цим актуальним є розроблення проєктних рішень для мереж водопостачання з урахуванням сучасних нормативних вимог, енергоефективних технологій та умов повоєнного відновлення міської інфраструктури.

Метою кваліфікаційної роботи є розроблення проєктних рішень системи водопостачання населеного пункту з обґрунтуванням схеми водопровідної мережі, виконанням гідравлічних розрахунків та проєктуванням насосної станції другого підйому з урахуванням вимог надійності, енергоефективності та умов повоєнної відбудови.

Для досягнення поставленої мети у роботі вирішуються такі завдання: проаналізувати сучасний стан та проблеми функціонування систем водопостачання міських населених пунктів; – виконати аналіз вихідних даних та визначити розрахункові витрати води; – обґрунтувати вибір схеми та трасування водопровідної мережі; виконати гідравлічний розрахунок мережі та визначити п’єзометричні відмітки; здійснити проєктний розрахунок водонапірної споруди; розробити проєкт насосної станції другого підйому та підібрати насосне обладнання.

Практичне значення отриманих результатів полягає у можливості використання розроблених проєктних рішень під час нового будівництва, реконструкції та модернізації систем водопостачання міських населених пунктів. Запропоновані технічні рішення спрямовані на підвищення надійності та ефективності функціонування водопровідних мереж, зменшення втрат води, оптимізацію енергоспоживання насосного обладнання та забезпечення стабільного водопостачання споживачів в умовах повоєнного відновлення інженерної інфраструктури.

РОЗДІЛ 1. ТЕХНОЛОГІЧНІ ОСНОВИ ПРОЄКТУВАННЯ МЕРЕЖ ВОДОПОСТАЧАННЯ В УМОВАХ ПОВОЄННОЇ ВІДБУДОВИ

1.1. Сучасний стан та проблеми водопостачання в міських населених пунктах

Система водопостачання міських населених пунктів є однією з базових складових інженерної інфраструктури, що забезпечує належні санітарно-гігієнічні умови проживання населення, функціонування житлово-комунального господарства, об’єктів соціальної сфери та промисловості. У сучасних умовах розвиток міст супроводжується зростанням чисельності населення, підвищенням рівня благоустрою та збільшенням питомого водоспоживання, що суттєво впливає на навантаження систем централізованого водопостачання. За результатами міжнародних досліджень, урбанізація є одним із ключових чинників формування дефіциту водних ресурсів і зниження стійкості міських водних систем [1, с. 2–4].

Для України проблеми водопостачання міських територій мають комплексний характер і посилюються наслідками воєнних дій. Значна частина водопровідних мереж і споруд була збудована у другій половині XX століття та експлуатується понад нормативний строк без належної реконструкції. Зношеність трубопроводів у багатьох містах перевищує 50–70 %, що призводить до частих аварій, значних втрат води та нестабільності водопостачання споживачів. Подібні проблеми характерні і для багатьох міст світу, де фізичне старіння водопровідних активів розглядається як одна з основних загроз ефективності систем водопостачання [2, с. 4–6].

Однією з найгостріших проблем сучасного водопостачання є втрати води в розподільчих мережах. В умовах зношеної інфраструктури витоки, пошкодження труб та несанкціоновані підключення призводять до значних непродуктивних витрат водних ресурсів. За даними наукових досліджень, зменшення втрат води є економічно доцільним заходом, що дозволяє підвищити ефективність водопостачання без залучення додаткових джерел води та будівництва нових водозабірних споруд [3, с. 7–9]. Для України ця проблема є

особливо актуальною в умовах обмеженого фінансування та необхідності відновлення пошкодженої інфраструктури.

Важливою складовою сучасного стану водопостачання є проблема обмеженості водних ресурсів та їх нерівномірного територіального розподілу. В Україні наявні регіони з різним рівнем забезпеченості прісною водою, що обумовлює необхідність міжбасейнового перерозподілу та використання поверхневих і підземних джерел різної якості. За результатами систематичних оглядів, у великих міських агломераціях дефіцит води посилюється внаслідок зростання водоспоживання, кліматичних змін та антропогенного навантаження на водні об’єкти [4, с. 3–5]. Воєнні дії додатково ускладнили ситуацію через пошкодження гідротехнічних споруд, водозаборів і насосних станцій.

Якість питної води залишається критичним чинником безпеки водопостачання. Забруднення поверхневих вод промисловими, сільськогосподарськими та побутовими стоками, а також вторинне забруднення води у розподільчих мережах негативно впливають на відповідність води санітарним нормам. Дослідження показують, що навіть за наявності централізованого водопостачання населення не завжди має гарантований доступ до безпечної питної води через інтермітентність подачі та зниження ефективності очисних споруд [5, с. 52–55]. Для України ця проблема особливо загострилася в районах активних бойових дій та на деокупованих територіях.

Окремого розгляду потребує вплив кліматичних змін на системи водопостачання міських населених пунктів. Збільшення тривалості посушливих періодів, зміни режиму поверхневого стоку та зменшення запасів підземних вод ускладнюють стабільне забезпечення міст водою. За даними міжнародних досліджень, без впровадження адаптаційних заходів ризики водного дефіциту в містах зростатимуть у середньо- та довгостроковій перспективі [1, с. 6–8]. Для України це означає необхідність перегляду підходів до планування та управління водними ресурсами з урахуванням кліматичних викликів.

В умовах воєнного стану та післявоєнної відбудови до традиційних проблем водопостачання додаються виклики, пов’язані з руйнуванням інженерних мереж, перебоями електропостачання та ускладненим доступом до

матеріально-технічних ресурсів. Відновлення систем водопостачання потребує значних інвестицій, застосування сучасних матеріалів і технологій, а також впровадження принципів енергоефективності та стійкості. У наукових публікаціях підкреслюється, що модернізація інфраструктури повинна поєднувати технічні рішення з удосконаленням систем управління та планування розвитку [2, с. 8–10].

Важливою проблемою залишається організаційно-економічний аспект функціонування водопровідного господарства. Недостатній рівень тарифного покриття витрат, обмеженість інвестицій та застарілі підходи до управління негативно впливають на здатність водоканалів забезпечувати надійну роботу систем. Міжнародний досвід свідчить, що ефективне управління міськими водними системами потребує інтегрованого підходу, який поєднує технічну модернізацію, економічну обґрунтованість та участь громади [3, с. 10–12].

Післявоєнна відбудова міст України відкриває можливості для переосмислення ролі систем водопостачання у структурі міського середовища. Впровадження сучасних методів моніторингу стану мереж, цифрових технологій управління, зонування водопровідних систем і зменшення втрат води розглядаються як ключові напрями підвищення ефективності та надійності водопостачання [4, с. 7–9]. Особливу увагу слід приділяти резервуванню водопостачання для критичної інфраструктури та забезпеченню стійкості систем до надзвичайних ситуацій.

Таким чином, сучасний стан водопостачання в міських населених пунктах України характеризується поєднанням загальносвітових проблем і специфічних викликів, зумовлених воєнними діями та потребами післявоєнної відбудови. Зношеність мереж, значні втрати води, дефіцит і забруднення ресурсів, кліматичні ризики та організаційні труднощі потребують комплексного підходу до модернізації систем водопостачання з урахуванням принципів сталого розвитку, енергоефективності та безпеки водного забезпечення населення [1, с. 8; 3, с. 12; 5, с. 10].

1.2. Нормативно-правова база та принципи комплексного проєктування мереж водопостачання

Нормативно-правове забезпечення проєктування водопровідних мереж в Україні є багаторівневою системою взаємопов’язаних законодавчих, нормативно-технічних та санітарно-гігієнічних документів, що регламентують вимоги до забезпечення населення якісною питною водою. Комплексність цієї бази зумовлена стратегічною важливістю водопостачання для життєдіяльності населених пунктів, функціонування об’єктів соціальної інфраструктури та сталого розвитку територій.

Ключовим законодавчим актом у сфері водопостачання є Закон України «Про питну воду та питне водопостачання», який визначає правові та організаційні засади забезпечення населення питною водою гарантованої якості. Відповідно до статті 3 цього Закону, державна політика у сфері питного водопостачання ґрунтується на принципах пріоритетності забезпечення населення безпечною водою та раціонального використання водних ресурсів [6, ст. 3]. Стаття 6 встановлює вимоги щодо якості питної води, яка повинна відповідати державним санітарним нормам і правилам, що безпосередньо впливає на вибір проєктних рішень у системах водопостачання [6, ст. 6]. Крім того, у статті 16 визначено обов’язковість дотримання нормативних вимог при проєктуванні, будівництві та реконструкції систем питного водопостачання [6, ст. 16].

Водний кодекс України формує правову основу використання та охорони водних ресурсів і має безпосередній вплив на процес проєктування водопровідних мереж. Згідно з положеннями розділу II, використання води для потреб централізованого водопостачання належить до спеціального водокористування та здійснюється на підставі відповідного дозволу [7, розд. II, ст. 44]. У розділі IV Кодексу визначені вимоги щодо охорони водних об’єктів від забруднення, засмічення та виснаження, що зумовлює необхідність врахування екологічних обмежень при виборі джерел водопостачання та зон їх санітарної охорони [7, розд. IV, ст. 87].

Організаційні аспекти функціонування систем водопостачання регламентуються підзаконними нормативними актами, зокрема Правилами надання послуг з централізованого водопостачання та централізованого водовідведення. Відповідно до розділу ІІ цих Правил, виконавець послуг зобов’язаний забезпечувати безперервність подачі води та дотримання нормативних показників якості [8, розд. ІІ, п. 7]. У розділі ІІІ визначені технічні умови приєднання споживачів до мереж, що має враховуватися під час проєктування нових та реконструкції існуючих водопровідних систем [8, розд. ІІІ, п. 12].

Основним нормативно-технічним документом у сфері проєктування зовнішніх водопровідних мереж є ДБН В.2.5-74:2013 «Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди». У розділі 4 цього документа визначені загальні вимоги до проєктування систем водопостачання, зокрема щодо забезпечення надійності, резервування та безперебійності подачі води [8, розд. 4]. Розділ 5 регламентує вимоги до джерел водопостачання та зон їх санітарної охорони, що є визначальним при плануванні водозабірних споруд [8, розд. 5].

Гідравлічні розрахунки водопровідних мереж, вибір діаметрів труб та допустимі втрати напору викладені у розділі 7 ДБН В.2.5-74:2013, який передбачає забезпечення нормативного тиску у контрольних точках мережі за різних режимів водоспоживання [8, розд. 7]. У розділі 9 цього нормативу наведені вимоги до матеріалів трубопроводів, способів їх прокладання та захисту від корозії, що має важливе значення для довговічності мереж [8, розд. 9].

Внутрішні системи водопостачання, як складова єдиної інженерної інфраструктури будівель, проєктуються відповідно до ДБН В.2.5-64:2012 «Внутрішній водопровід та каналізація». У розділі 3 визначені загальні положення щодо проєктування внутрішніх мереж, а у розділі 6 наведені вимоги до їх приєднання до зовнішніх водопровідних мереж, що забезпечує узгодженість рішень на різних рівнях системи водопостачання [10, розд. 3; розд. 6].

Санітарно-гігієнічні вимоги до якості питної води встановлюються ДСанПіН 2.2.4-171-10. У розділі 1 цього документа визначено основні вимоги до

безпечності води у епідемічному та радіаційному відношенні [11, розд. 1]. Розділ 2 містить гігієнічні нормативи хімічних та мікробіологічних показників якості води, що повинні враховуватися при виборі технологій водопідготовки та матеріалів трубопроводів [11, розд. 2].

Комплексне проєктування водопровідних мереж базується на принципі системного підходу, який передбачає одночасне врахування гідравлічних, санітарних, екологічних та економічних факторів. Важливим є принцип інтеграції водопровідних мереж з іншими інженерними системами населених пунктів, що дозволяє оптимізувати використання території та зменшити експлуатаційні витрати.

В умовах післявоєнної відбудови України особливої актуальності набуває принцип адаптивності та модернізації водопровідних мереж. Значна частина інфраструктури зазнала пошкоджень або морального зносу, що потребує не лише відновлення, а й впровадження сучасних проєктних рішень з урахуванням енергоефективності, зменшення втрат води та підвищення надійності систем. У цьому контексті положення чинних ДБН і санітарних норм створюють нормативну основу для впровадження інноваційних підходів у проєктуванні та реконструкції водопровідних мереж.

Таким чином, нормативно-правова база комплексного проєктування водопровідних мереж в Україні забезпечує цілісний підхід до розроблення інженерних рішень, спрямованих на сталий розвиток водопровідної інфраструктури, підвищення якості послуг водопостачання та відповідність сучасним викликам післявоєнного відновлення.

1.3. Технології моніторингу та керування станом систем водопостачання

Ефективне функціонування сучасних водопровідних мереж неможливе без комплексного моніторингу та автоматизованого керування станом систем водопостачання. Це особливо актуально у післявоєнний період, коли інженерна інфраструктура зазнала руйнувань, а обмежені ресурси потребують оптимального використання існуючих мереж. В Україні спостерігається значна

зношеність водопровідних трубопроводів, що у багатьох регіонах перевищує 50 %, що робить впровадження сучасних систем контролю критично важливим [12, с. 1–3].

Сучасні технології моніторингу базуються на використанні кібер-фізичних систем**,** які дозволяють у реальному часі відстежувати параметри водопровідної мережі, такі як тиск, витрати, температура та якість води. Впровадження таких систем дозволяє не лише оперативно виявляти аварійні ситуації, але й оптимізувати режими роботи насосних станцій та запобігати значним втратам води [12, с. 4–6].

Державний моніторинг централізованого водопостачання в Україні здійснюється відповідно до постанов КМУ та нормативних актів НКРЕКП. Регулярні звіти містять інформацію про обсяги подачі води, втрати у мережах, аварійність та стан насосних станцій. Ці дані є основою для прийняття управлінських рішень та планування реконструкції та модернізації мереж [13, розділ «Результати моніторингу 2023»].

Автоматизовані системи керування дозволяють централізовано контролювати роботу насосних станцій, резервуарів та насосних вузлів. Використання сучасних SCADA-систем забезпечує дистанційний збір даних, їх аналіз та прогнозування можливих аварійних ситуацій [14, розділ 2].

Контроль якості води є однією з ключових задач сучасного моніторингу. Автоматизовані системи фіксують параметри води у реальному часі, що дозволяє вчасно реагувати на відхилення від нормативних показників та забезпечує безперервність подачі безпечно питної води [15, с. 20–23].

Впровадження датчиків тиску, витрати та якості води у поєднанні з диспетчерськими пунктами дозволяє контролювати ключові вузли мережі, планувати ремонтні роботи та забезпечувати енергоефективне функціонування насосних станцій [12, с. 7–9; 14, розділ 3].

Сучасні рішення також передбачають застосування Інтернету речей та бездротових сенсорних мереж для віддаленого моніторингу водопровідних систем. Це дозволяє зменшити час реакції на аварії, знизити витрати на утримання мереж та оперативно виявляти витоки води [15, с. 21–22].

Цифрові технології дають змогу не лише контролювати технічний стан мереж, а й планувати модернізацію та реконструкцію. Дані про витрати води та аварійність трубопроводів використовуються для моделювання та оптимізації системи, визначення пріоритетних ділянок для відновлення та вибору матеріалів [17, розділ «Методи аналізу»].

У післявоєнний період моніторинг стає основою для прийняття стратегічних рішень щодо реконструкції водопровідних мереж. Дані про стан мереж дозволяють точно визначати потребу у ресурсах, планувати заміну зношених труб, модернізацію насосних станцій та впровадження сучасних технологій контролю якості води [16, пункти 3–5; 18, с. 127–130].

Таким чином, системи моніторингу та автоматизованого керування забезпечують комплексний контроль роботи водопровідних мереж, що є ключовим фактором їх надійності та ефективності. Використання таких технологій у післявоєнний період дозволяє не лише оперативно реагувати на аварійні ситуації, а й планувати модернізацію, інтегрувати інтелектуальні рішення у міську інфраструктуру та забезпечувати сталу подачу якісної питної води населенню [19, с. 35–38].

1.4. Особливості та завдання реконструкції і модернізації водопровідних мереж у повоєнний період

Повномасштабні воєнні дії на території України призвели до масштабних руйнувань об’єктів централізованого водопостачання, що актуалізувало питання реконструкції та модернізації водопровідних мереж у післявоєнний період. Внаслідок бойових дій значна частина інженерної інфраструктури міст та селищ зазнала пошкоджень, включно з основними магістральними водопровідними трубопроводами, насосними станціями, резервуарами чистої води та очисними спорудами. Руйнування окремих вузлів водопостачання призводить до порушення подачі води в житлові квартали, лікарні, навчальні заклади та об’єкти критичної інфраструктури, що безпосередньо впливає на умови життя населення та загальний санітарно-гігієнічний стан територій.

Крім прямого руйнування трубопроводів, значні пошкодження отримали допоміжні системи контролю та автоматизації водопостачання, які раніше забезпечували моніторинг тиску, витрат та якості води. Відсутність або порушення функціонування цих систем ускладнює оперативне реагування на аварійні ситуації, підвищує ризик втрат води та зростання кількості аварій у мережі. У зв'язку з цим постає потреба не лише у відновленні фізичних об'єктів водопостачання, але й у впровадженні сучасних технологій моніторингу та керування, що дозволяють зменшити ризики повторних аварій та оптимізувати роботу системи в цілому.

Особливо гострою є проблема зношеності існуючих мереж, більшість яких експлуатується понад нормативні терміни та підлягає капітальному ремонту. Післявоєнна модернізація передбачає застосування новітніх матеріалів для трубопроводів, заміну застарілих насосних агрегатів, впровадження автоматизованих датчиків контролю тиску та витрат, а також інтеграцію цифрових систем диспетчеризації. Такий комплексний підхід дозволяє не лише відновити водопостачання, а й забезпечити його стійкість, надійність та ефективність у подальшій експлуатації.

Важливим аспектом реконструкції є планування пріоритетів відновлювальних робіт, що здійснюється на основі даних про рівень пошкоджень, потреби населення та критичність об'єктів. Для цього активно застосовуються сучасні технології геоінформаційного моделювання та цифрового обліку мереж, що дозволяє максимально ефективно розподіляти обмежені ресурси та зменшувати час відновлення подачі води. Успішна модернізація водопровідних мереж у післявоєнний період також передбачає інтеграцію з іншими системами міської інфраструктури, включно з енергетичними та транспортними, що підвищує загальну ефективність управління міськими ресурсами.

Таким чином, реконструкція та модернізація водопровідних мереж у післявоєнний період є невід'ємною складовою процесу відновлення життєдіяльності міст та селищ України. Вона вимагає комплексного підходу, що включає одночасне відновлення фізичної інфраструктури, впровадження

сучасних технологій контролю та керування, а також планування стратегічного розвитку водопровідних мереж з урахуванням потенційних ризиків і потреб населення. Цей процес є не лише технічним, а й соціально-економічним викликом, оскільки від стабільності та якості водопостачання безпосередньо залежать умови життя громадян, санітарна безпека та відновлення економічної активності територій.

На відміну від планових оновлень мирного часу, післявоєнна реконструкція має здійснюватися в умовах обмежених ресурсів, дефіциту матеріалів, кадрових втрат і водночас підвищених вимог до надійності та безпеки систем водозабезпечення населення [20, с. 4–6].

У наукових дослідженнях зазначається, що основною особливістю післявоєнної реконструкції є необхідність поєднання аварійно-відновлювальних заходів із довгостроковою модернізацією інженерної інфраструктури [21, с. 18–21]. Це означає, що відновлення водопровідних мереж не може обмежуватися лише заміною зруйнованих ділянок трубопроводів, а повинно передбачати впровадження сучасних матеріалів, автоматизованих систем контролю та енергоефективних рішень.

Дослідження стану водопровідних мереж українських міст свідчать про значну зношеність трубопроводів, яка ще до початку воєнних дій у багатьох регіонах перевищувала 50–60 % [20, с. 22–25]. Воєнні пошкодження лише загострили ці проблеми, що зумовлює необхідність переходу від фрагментарного ремонту до комплексної реконструкції із переглядом схем подачі води, зонування тиску та резервування мереж.

Важливим завданням модернізації водопровідних систем у повоєнний період є зниження втрат води. За даними наукових публікацій, витоки у зношених мережах можуть становити до 30–40 % від загального обсягу поданої води, що є критичним в умовах дефіциту ресурсів та пошкодження водозаборів [22, с. 7–10]. У цьому контексті особливу роль відіграє впровадження систем моніторингу технічного стану трубопроводів, що логічно пов’язує цей підрозділ із попереднім, присвяченим технологіям контролю та керування системами водопостачання.

В роботах українських науковців підкреслюється доцільність використання полімерних і композитних труб під час реконструкції водопровідних мереж, зокрема поліетиленових труб високої щільності, які характеризуються корозійною стійкістю, гнучкістю та тривалим строком експлуатації [21, с. 54–58]. Застосування таких матеріалів дозволяє не лише підвищити надійність мереж, але й скоротити терміни відновлювальних робіт.

Окрему увагу в післявоєнний період слід приділяти реконструкції насосних станцій і вузлів регулювання тиску. Як зазначено в аналітичних матеріалах, зруйновані або морально застарілі насосні агрегати значно збільшують енергоспоживання систем водопостачання, що є економічно недоцільним в умовах обмеженого фінансування [23, с. 12–15]. Модернізація насосного обладнання з використанням частотно-регульованих приводів дозволяє оптимізувати режими роботи мереж і зменшити аварійність.

У післявоєнний період важливим завданням є також забезпечення якості питної води в реконструйованих мережах. Пошкодження трубопроводів і тривалі простої систем створюють ризики вторинного забруднення води, що підтверджується результатами досліджень якості води в мережах окремих міст України [20, с. 33–36]. У зв’язку з цим модернізація має передбачати не лише заміну труб, а й удосконалення систем промивки, дезінфекції та контролю параметрів води.

Аналітичні звіти органів державної влади наголошують на необхідності інтеграції реконструкції водопровідних мереж у загальні програми післявоєнного відновлення територій [24, с. 6–9]. Такий підхід дозволяє узгодити розвиток водопостачання з відновленням житлової забудови, промислових об’єктів і транспортної інфраструктури, а також забезпечити поетапність фінансування.

Наукові статті, присвячені сучасним підходам до управління інженерною інфраструктурою, підкреслюють доцільність поєднання фізичної реконструкції мереж із цифровізацією процесів експлуатації [25, с. 28–31]. Впровадження диспетчерських систем, дистанційного збору даних і прогнозування аварій

дозволяє підвищити ефективність використання відновлених водопровідних мереж та зменшити експлуатаційні витрати.

Таким чином, аналіз літературних джерел свідчить, що реконструкція і модернізація водопровідних мереж у повоєнний період є складним багатофакторним процесом, який повинен базуватися на принципах комплексності, енергоефективності та інтеграції сучасних технологій моніторингу. Саме системи контролю і керування є інструментом забезпечення довготривалої надійності відновлених мереж і їх адаптації до нових умов експлуатації [26, с. 14–17; 27, с. 3–5].

РОЗДІЛ 2. АНАЛІЗ ВИХІДНИХ ДАНИХ ТА УМОВ ФУНКЦІОНУВАННЯ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

2.1. Загальна характеристика ї системи водопостачання населеного пункту

Місто, для якого передбачається розроблення системи водопостачання, поділене на два райони. У межах першого району розташовані підприємства промислового призначення: завод із виробництва ковбасних виробів площею 5 га та завод залізобетонних конструкцій площею 14 га.

Характеристика забудови районів:

- І район – представлений 5-поверховими житловими будинками, обладнаними внутрішніми системами водопостачання і каналізації, а також ваннами з місцевими водонагрівачами;
- ІІ район – має 9-поверхову житлову забудову з внутрішнім водопроводом, каналізацією та централізованою системою гарячого водопостачання

Кількість населення в кожному районі визначається по формулі:

$$N_i = P_i \times F_i \ , \qquad [2.1]$$

де Pi – густина населення, чол/га;

P_I = 240 чол/га;

P_{II} =460 чол/га;

F_i – площа і-го району (розраховується за планом міста);

F_I = 170 га;

$F_{I\,I}$=101,5 га;

$$N_I = 240 \times 170 = 40800 \text{ чол;}$$

$$N_{II} = 460 \times 101{,}5 = 46690 \text{ чол.}$$

2.2. Обґрунтування розрахункових витрат води на господарсько-питні потреби

Розрахункові витрати складаються із витрат:

- на господарсько-питні витрати міста, на пожежогасіння;
- на полив вулиць і зелених насаджень;
- на господарсько-питні витрати, технологічні потреби і на прийняття душу на промисловому підприємстві.

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

$$Q_{сут.i}=N_i \times q_i/1000, \quad [2.2]$$

де q_i – питоме водоспоживання на одну людину л/сут.чол. приймається з урахуванням рівня благоустрою району [9. табл.1]:

$$q_1 = 200 \text{ л/доб};$$

$$q_2 = 300 \text{ л/доб};$$

$$Q_{сут.1}=40800 \times 200/1000=8160 \text{ м}^3/\text{добт};$$

$$Q_{сут.2}=46690 \times 300/1000=14007 \text{ м}^3/\text{доб}.$$

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

$$Q_{i\ max} = K_{i\ max} \times Q_{доб.i}; \quad [2.3]$$

$$Q_{i\ min} = K_{i\ min} \times Q_{доб.i}, \quad [2.4]$$

де $K_{i\ max}$, $K_{i\ min}$ – відповідно максимальний і мінімальний коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання відповідного району міста приймаються відповідно до [9, п. 6.1.2].

Для першого району:

$$K_{max}=1,2;$$

$$K_{min}=0,8.$$

Для другого району:

$$K_{max}=1,2;$$

$$K_{min}=0,8.$$

Результати розрахунку визначення добових витрат зведений у таблицю 2.1.

Таблиця 2.1 – Добові витрати на побутово - питні потреби

Район	Густина населення, чол/га	Площа, га	Населення, чол	q. л/доб	Коеф. годинної нерівномірності		Добові витрати води м ^{3}/доб		
					$К_{доб.макс.}$	$К_{доб.мін}$	Q_i	$Q_{доб.макс.}$	$Q_{доб.мін}$
1	240	170	40800	200	1,2	0,8	8160	9792	6528
2	460	101,5	46690	300	1,2	0,8	14007	16808	11206
За галом			87490				22167	26600	17734

Добова витрата на поливання вулиць і зелених насаджень визначена згідно з [9, таблиця А.2], виходячи з витрат води на одного мешканця, що прийнята рівною 90 л/доб.чол. З загальної витрати води на поливання 40% використовують двірники, 60% - поливальні машини. Розрахунок водоспоживання на поливання вулиць і зелених насаджень зводиться в таблицю 2.2.

Таблиця 2.2 – Добова витрата води на полив вулиць та зелених насаджень

Район	Населення, чол	Питома витрата на полив л/сут.чол	Добова витрата на полив, м^3/доб		
			$Q_{дворн}$	$Q_{маш}$	$Q_{полн}$
1	40800	90	1469	2203	3672
2	46690	90	1681	2421	4102
Загалом	87490		3150	4624	7774

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

Витрата води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на підприємстві, визначена для кожної зміни, виходячи з кількості працюючих і питомих витрат на одного працівника. Розрахунки по визначенню витрат на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на підприємстві, представлені в таблиці 2.3.

Витрата води на використання душу на промисловому підприємстві визначена по формулі:

Таблиця 2.3 – Витрата води на господарсько-питні потреби робітників, зайнятих на підприємстві.

Назва	Зміна	Кількість робітників	Гарячі цеха			Холодні цеха			Загальна витрата
			Кількість робітників	Питома витрата	Q,м^3	Кількість робітників	Питома витрата	Q,м^3	Q, м^3
п.п №1	1	1000	400	45	18,00	600	25	15,00	33,00
	2	980	392	45	17,64	588	25	14,70	32,34
	3	900	360	45	16,20	540	25	13,50	29,70
п.п №2	1	1200	300	45	13,50	900	25	22,50	36,00
	2	1300	325	45	14,63	975	25	24,38	39,00

$$Q = 0.5 \times \sum N_i / n_i \ 2 \quad ,[2.5]$$

де 0,5 – годинна витрата води на одну душову сітку;

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

n_i – розрахункова кількість людей на одну душову сітку для цеху з і-тою санітарною характеристикою виробничого процесу.

Група виробничих процесів заводу ковбасних виробів – І а, виробництво не призводить до значних забруднень одягу та рук, тоді згідно з [1] кількість людей на одну душову сітку n=15 чол; група виробничих процесів заводу залізобетонних конструкцій І б, виробничий процес призводить до забруднень одягу та рук, n=7 чол.

Розрахунки по визначенню витрат води на використання душу на промисловому підприємстві представлені в таблиці 2.4

Витрата води на виробничі потреби. Завод ковбасних виробів: використовує 15,5 м^3 води на 1т продукції, виготовляє 60т продукції за добу, таким чином добова витрата води складає 930 м^3. Завод залізобетонних конструкцій: використовує 2 м^3 води на 1 м^3 продукції, виготовляє 500 м^3 продукції за добу, таким чином добова витрата води складає 1000 м^3.

Таблиця 2.4 – Витрата води на використання душу на промисловому підприємстві

Назва п.п.	Кількість робітників по змінах			Санітарна характе-ристика	Кількість чоловік на 1 душ	Кількість сіток по змінам			Витрата води по змінам, м^3		
	1	2	3			1	2	3	1	2	3
п.п.№1											
Гарячі цехи	400	392	360	1а	15	27	26	24	13,33	13,07	12,00
Холодні цехи	600	588	540	1а	15	40	39	36	20,00	19,60	18,00
п.п.№2											
Гарячі цехи	300	325	0	1б	7	43	46	0	21,43	23,21	0,00
Холодні цехи	900	975	0	1б	7	129	139	0	64,29	69,64	0,00

Витрата води на пожежегасіння складається з витрат на зовнішнє пожежегасіння, на пожежегасіння на підприємстві та на внутрішнє пожежегасіння з розрахунку 2 струмені по 2,5 л/с.

Населення міста більше 25 тис. чол. і площа підприємства менше 150 га тому загальна витрата на гасіння однієї зовнішньої пожежі дорівнює сумі необхідної витрати в населеному пункті та 50% витрати на підприємстві. Витрата на зовнішнє пожежегасіння в населеному пункті з кількістю населення більше 50 тис. чол. і поверховістю будинків більше 3 поверхів дорівнює 35 л/с з кількістю одночасних пожеж 2[9, табл. 3]. Витрата на зовнішнє пожежогасіння на підприємствах зі ступенем вогнестійкості I і II і категорією А, Б, Д складає 30 л/с, і кількістю пожеж 2[9, табл. 4].

Загальна витрата на пожежогасіння визначається за формулою:

$$Q_п = n_п \times q_п + q_{вн}, \qquad [2.6]$$

де $q_п$ – розрахункова витрата води на гасіння однієї зовнішньої пожежі, л/с;

$n_п$ – кількість одночасних пожеж;

$q_{вн}$ – розрахункова витрата води на внутрішнє пожежегасіння, л/с.

$$Q_п = 2(35+2,5)+2 \times 0,5 \times 30 = 105 \text{ л/с.}$$

2.3 Формування графіка добового та погодинного водоспоживання

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

$$K_{\max} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}, \qquad [2.7]$$

где $\alpha_{\max}$ – коефіцієнт, що враховує ступінь благоустрою будинків, приймається по [9, табл. 1];

$\beta_{\max}$ – коефіцієнт, що враховує чисельність населення в районі, приймається по [9];

Для першого району:

$$\alpha_{\max I} = 1.3;$$
$$\beta_{\max I} = 1.16;$$

Для другого району:

$$\alpha_{\max II} = 1.3;$$
$$\beta_{\max II} = 1.15;$$

$$K_{maxI} = 1.3 \times 1{,}16 = 1{,}508;$$

$$K_{maxII} = 1.3 \times 1{,}15 = 1{,}495.$$

Визначені коефіцієнти К відрізняються від табличних коефіцієнтів [9]. Розподіл водоспоживання за годинами доби приймаємо для першого району – за коефіцієнтом К=1,5; для другого – К=1,5. При цьому значення витрати у відсотках від $Q_{доб}$ у годину максимального водоспоживання змінені на значення:

$$P_{ск} = K_i \times 4{,}17, \qquad [2.8]$$

$P_{скI} = 1.508 \times 4.17 = 6{,}3,$

$P_{скII} = 1.495 \times 4.17 = 6{,}17.$

Витрата води на господарсько-питні потреби для кожної години доби визначена по формулі:

$$Q_i = P_i \times Q_{iдоб\ макс}/100, \quad [2.9]$$

де P_i – значення і-ї годинної витрати;

$Q_{i\ доб\ макс}$ – максимальна витрата для і-го району міста.

Режим витрати води на полив рівномірний протягом доби, при цьому роботу двірників планують протягом 8 годин, 4 години зранку і 4 увечері, а полив машинами протягом двох змін - 16 годин.

Годинну витрату на поливання визначаємо по формулі:

$$Q_{пол} = Q_{доб.пол}/T_{пол}, \quad [2.10]$$

де $Q_{доб.пол}$ – витрата води на полив;

$T_{пол}$ – тривалість поливання.

Для господарсько-питного водоспоживання на виробництві коефіцієнти годинної нерівномірності приймаємо 2.5 для холодних цехів та 3 для гарячих.

Воду на використання душу використовують у необхідних кількостях по закінченню зміни.

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

Усі вищевказані розрахунки зведені в таблицю 2.5

Таблиця 2.5 – Сумарне водспоживання

	Господарсько-питні потреби				Полив вулиць та зелених насаджень			
	1 район		2 район		1 район		2 район	
	$Q_{доб}$, %	$м^3$	$Q_{доб}$, %	$м^3$	Двірники	Машини	Двірники	Машини
0--1	1,5	147	1,5	252				
1--2	1,5	147	1,5	252				
2--3	1,5	147	1,5	252				
3--4	1,5	147	1,5	252				
4--5	2,4	235	2,5	420	183	137	210	151
5--6	3,5	343	3,5	588	183	137	210	151
6--7	4,5	441	4,5	756	183	137	210	151
7--8	5,5	539	5,5	924	184	137	210	151
8--9	6,3	617	6,17	1037		137		151
9--10	6,3	617	6,17	1037		138		151
10--11	6,3	617	6,17	1037		138		151
11--12	6,3	617	6,17	1037		138		151
12--13	5	490	5	840		138		151
13--14	5	490	5	840		138		151
14--15	5,5	539	5,5	924		138		151
15--16	6	588	6	1008		138		152
16--17	6	588	6	1008	184	138	210	152
17--18	5,5	539	5,5	924	184	138	210	152
18--19	5	490	5	840	184	138	210	152
19--20	4,4	431	4,5	756	184	138	211	152
20--21	4	392	4	672				
21--22	3	294	3	504				
22--23	2	196	2,32	390				
23--24	1,5	147	1,5	252				
	100	9792	100	16808	1469,00	2203	1681	2421

Витрата води на промислових підприємствах														Сумарне водоспоживання	
п п № 1							п п № 2								
Госп-питні потреби хол. цеха		Витра-ти на душ	Госп-питні потреби гар. цеха		Витра-ти на душ	Вироб-ничі потреби	Госп-питні потреби хол. цеха		Витра-ти на душ	Госп-питні потреби гар. цеха		Витра-ти на душ	Вироб-ничі потреби		
%	м^3		%	м^3			%	м^3		%	м^3			м^3	%
15,65	2,35		18,75	3,38		38,75	15,65	0,00		18,75	0,00		0,00	443,47	1,21
12,05	1,81		6,25	1,13		38,75	12,05	0,00		6,25	0,00		0,00	440,68	1,20
12,05	1,81		12,5	2,25		38,75	12,05	0,00		12,50	0,00		0,00	441,81	1,20
12,05	1,81		12,5	2,25		38,75	12,05	0,00		12,50	0,00		0,00	441,81	1,20
12,05	1,81		18,75	3,38		38,75	12,05	0,00		18,75	0,00		0,00	1380,14	3,76
12,05	1,81		6,25	1,13		38,75	12,05	0,00		6,25	0,00		0,00	1653,68	4,50
12,05	1,81		12,5	2,25		38,75	12,05	0,00		12,50	0,00		0,00	1920,81	5,23
12,05	1,81	20,00	12,5	2,25	13,33	38,75	12,05	0,00	0,00	12,50	0,00	0,00	0,00	2221,14	6,04
15,65	2,30		18,75	3,31		38,75	15,65	3,52		18,75	2,53		62,50	2054,86	5,59
12,05	1,77		6,25	1,10		38,75	12,05	2,71		6,25	0,84		62,50	2050,63	5,58
12,05	1,77		12,5	2,21		38,75	12,05	2,71		12,50	1,69		62,50	2052,57	5,59
12,05	1,77		12,5	2,21		38,75	12,05	2,71		12,50	1,69		62,50	2052,57	5,59
12,05	1,77		18,75	3,31		38,75	12,05	2,71		18,75	2,53		62,50	1730,57	4,71
12,05	1,77		6,25	1,10		38,75	12,05	2,71		6,25	0,84		62,50	1726,68	4,70
12,05	1,77		12,5	2,21		38,75	12,05	2,71		12,50	1,69		62,50	1861,63	5,07
12,05	1,77	19,60	12,5	2,21	13,07	38,75	12,05	2,71	21,43	12,50	1,69	64,29	62,50	2114,02	5,75
15,65	2,11		18,75	3,04		38,75	15,65	3,82		18,75	2,74		62,50	2392,96	6,51
12,05	1,63		6,25	1,01		38,75	12,05	2,94		6,25	0,91		62,50	2254,74	6,14
12,05	1,63		12,5	2,03		38,75	12,05	2,94		12,50	1,83		62,50	2123,67	5,78
12,05	1,63		12,5	2,03		38,75	12,05	2,94		12,50	1,83		62,50	1981,88	5,39
12,05	1,63		18,75	3,04		38,75	12,05	2,94		18,75	2,74		62,50	1175,60	3,20
12,05	1,63		6,25	1,01		38,75	12,05	2,94		6,25	0,91		62,50	905,74	2,46
12,05	1,63		12,5	2,03		38,75	12,05	2,94		12,50	1,83		62,50	695,45	1,89
12,05	1,63	18,00	12,5	2,03	12,00	38,75	12,05	2,94	23,21	12,50	1,83	69,64	62,50	631,52	1,72
300	43,2		300	51,84		930,00	300,00	46,88		300,00	28,13		1000,00	36748,62	100,00

РОЗДІЛ 3. РОЗРОБКА ПРОЄКТНИХ РІШЕНЬ ДЛЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

3.1. Вибір схеми та трасування водопровідної мережі

Подача води від насосної станції II підйому до міської мережі здійснюється двома водоводами довжиною по 3 км кожний. Магістральна водопровідна мережа рівномірно прокладена по території міста та забезпечує водопостачання основних споживачів, зокрема промислові підприємства отримують воду через вузлові точки № 8 та № 11.

Водонапірна башта підключена до магістральної мережі у найбільш високорозташованій точці системи – у вузлі № 12. За прийнятого трасування загальна довжина магістральної мережі складає 24 080 м.

Для даного об’єкта прийнята схема водопостачання з контррезервуаром, оскільки коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання перевищує 1,25, а найвища відмітка місцевості розташована на протилежному боці від точки подачі води у мережу водоводами. Особливістю такої схеми є можливість зміни напрямку руху води в мережі протягом доби залежно від режимів водоспоживання.

Для обраної системи водопостачання розрахунковими приймаються такі режими роботи:

- режим максимального водоспоживання;
- режим пожежогасіння за умов максимального водоспоживання.
- режим максимального транзиту води у вежу.

3.2 Обчислення питомих, лінійних і вузлових витрат у мережі

Питомі, шляхові і вузлові витрати визначаємо для кожного з розрахункових режимів роботи водогінної мережі.

Питома витрата і – того району при максимальному водоспоживанні:

$$q_{пит} = (Q_i - \sum Q_{ci}) \sum l, \qquad [3.1]$$

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

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

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

Для режиму максимального водоразбору:

$$q_{пит.1} = 252,7/(2140/2+12400) = 0,01876 (л/с)/м;$$

$$q_{пит.2} = 380,5/(2140/2+9540) = 0,03586 (л/с)/м.$$

Для режиму максимального транзиту у башту:

$$q_{пит.1} = 108,9/(2140/2+12400) = 0,0081 (л/с)/м;$$

$$q_{пит.} = 186,7/(2140/2+9540) = 0,01759 (л/с)/м.$$

Шляхові витрати ділянок:

$$Q_{шл} = q_{пит.i} \times l_n, \qquad [3.2]$$

де l_n - розрахункова довжина розглянутої ділянки, м.

Вузлові витрати для випадку максимального водоспоживання:

$$Q_{узі} = 0,5(\sum Q_n)_{вуз}, \qquad [3.3]$$

де $(\sum Q_n)_{вуз}$ – сума шляхових витрат ділянок, що примикають до і - того вузла.

Розрахунки питомих, шляхових і вузлових витрат зведені в таблиці 3.1, 3.2, 3.3.

Таблиця 3.1 – Розрахунки питомих, шляхових і вузлових витрат для режиму максимального водоспоживання

№ вузла	№ ділянки	Довжина,м	Питома витрата, л/с	Шляхова витрата, л/с	Вузлові витрати	
					Зосереджені, л/с	Приведені.
1	1--2	600	0,036	21,52		25,10
	1--19	440	0,036	15,78		
	1--17	360	0,036	12,91		
2	2--1	600	0,036	21,52		16,85
	2--3	340	0,036	12,19		
3	3--2	340	0,036	12,19		22,23
	3--4	500	0,036	17,93		
	3--20	400	0,036	14,34		
4	4--3	500	0,036	17,93		31,20
	4--5	640	0,036	22,95		
	4--21	600	0,036	21,52		
5	5--4	640	0,036	22,95		26,58
	5--6	300	0,019	5,63		
	5--22	900	0,027	24,58		
6	6--5	300	0,019	5,63		17,45
	6--7	460	0,019	8,63		
	6--23	1100	0,019	20,64		
7	7--6	460	0,019	8,63		23,83
	7--8	980	0,019	18,38		
	7--9	1100	0,019	20,64		
8	8--7	980	0,019	18,38	12,19	23,07
	8--9	1480	0,019	27,76		
9	9--7	1100	0,019	20,64		36,77
	9--8	1480	0,019	27,76		
	9--10	880	0,019	16,51		
	9--23	460	0,019	8,63		
10	10--9	880	0,019	16,51		12,01
	10--11	400	0,019	7,50		
11	11--10	400	0,019	7,50	19,18	15,57
	11--12	540	0,019	10,13		
	11--24	720	0,019	13,51		
12	12--11	540	0,019	10,13		11,07
	12--13	640	0,019	12,01		
13	13--12	640	0,019	12,01		16,51
	13--14	580	0,019	10,88		
	13--24	540	0,019	10,13		
14	14--13	580	0,019	10,88		21,86
	14--15	520	0,036	18,65		
	14--25	520	0,027	14,20		
15	15-14	520	0,036	18,65		27,25
	15--16	520	0,036	18,65		

	15--26	480	0,036	17,21		
16	16--15	520	0,036	18,65		16,50
	16--18	400	0,036	14,34		
17	17--18	340	0,036	12,19		13,27
	17--1	400	0,036	14,34		
18	18--16	400	0,036	14,34		29,05
	18--17	340	0,036	12,19		
	18--26	480	0,036	17,21		
	18--19	400	0,036	14,34		
19	19--18	400	0,036	14,34		19,36
	19--1	440	0,036	15,78		
	19--20	240	0,036	8,61		
20	20-19	240	0,036	8,61		20,08
	20--3	400	0,036	14,34		
	20--21	480	0,036	17,21		
21	21-20	480	0,036	17,21		41,96
	21--4	600	0,036	21,52		
	21--26	660	0,036	23,67		
	21--22	600	0,036	21,52		
22	22--21	600	0,036	21,52		40,01
	22--5	900	0,027	24,58		
	22--25	720	0,027	19,66		
	22--23	760	0,019	14,26		
23	23--22	760	0,019	14,26		30,39
	23--6	1100	0,019	20,64		
	23--9	460	0,019	8,63		
	23--24	920	0,019	17,26		
24	24--23	920	0,019	17,26		25,51
	24--11	720	0,019	13,51		
	24--13	540	0,019	10,13		
	24--25	540	0,019	10,13		
25	25--24	540	0,019	10,13		31,68
	25--14	520	0,027	14,20		
	25--22	720	0,027	19,66		
	25--26	540	0,036	19,36		
26	26--25	540	0,036	19,36		38,73
	26-15	480	0,036	17,21		
	26--18	480	0,036	17,21		
	26--21	660	0,036	23,67		
					31,37	633,89

Таблиця 3.2 – Розрахунки питомих, шляхових і вузлових витрат для режиму пожежогасіння при максимальному водоспоживанні

№ вузла	№ ділянки	Довжина,м	Питома витрата, л/с	Шляхова витрата, л/с	Вузлові витрати	
					Зосереджені, л/с	Приведені.
1	1--2	600	0,036	21,52		25,10
	1--19	440	0,036	15,78		
	1--17	360	0,036	12,91		
2	2--1	600	0,036	21,52		16,85
	2--3	340	0,036	12,19		
3	3--2	340	0,036	12,19		22,23
	3--4	500	0,036	17,93		
	3--20	400	0,036	14,34		
4	4--3	500	0,036	17,93		31,20
	4--5	640	0,036	22,95		
	4--21	600	0,036	21,52		
5	5--4	640	0,036	22,95		26,58
	5--6	300	0,019	5,63		
	5--22	900	0,027	24,58		
6	6--5	300	0,019	5,63		17,45
	6--7	460	0,019	8,63		
	6--23	1100	0,019	20,64		
7	7--6	460	0,019	8,63		23,83
	7--8	980	0,019	18,38		
	7--9	1100	0,019	20,64		
8	8--7	980	0,019	18,38	49.69	23,07
	8--9	1480	0,019	27,76		
9	9--7	1100	0,019	20,64		36,77
	9--8	1480	0,019	27,76		
	9--10	880	0,019	16,51		
	9--23	460	0,019	8,63		
10	10--9	880	0,019	16,51		12,01
	10--11	400	0,019	7,50		
11	11--10	400	0,019	7,50	56.68	15,57
	11--12	540	0,019	10,13		
	11--24	720	0,019	13,51		
12	12--11	540	0,019	10,13	15	11,07
	12--13	640	0,019	12,01		
13	13--12	640	0,019	12,01		16,51
	13--14	580	0,019	10,88		
	13--24	540	0,019	10,13		
14	14--13	580	0,019	10,88	15	21,86
	14--15	520	0,036	18,65		
	14--25	520	0,027	14,20		
15	15-14	520	0,036	18,65		27,25
	15--16	520	0,036	18,65		
	15--26	480	0,036	17,21		

16	16--15	520	0,036	18,65		16,50
	16--18	400	0,036	14,34		
17	17--18	340	0,036	12,19		13,27
	17--1	400	0,036	14,34		
18	18--16	400	0,036	14,34		29,05
	18--17	340	0,036	12,19		
	18--26	480	0,036	17,21		
	18--19	400	0,036	14,34		
19	19--18	400	0,036	14,34		19,36
	19--1	440	0,036	15,78		
	19--20	240	0,036	8,61		
20	20-19	240	0,036	8,61		20,08
	20--3	400	0,036	14,34		
	20--21	480	0,036	17,21		
21	21-20	480	0,036	17,21		41,96
	21--4	600	0,036	21,52		
	21--26	660	0,036	23,67		
	21--22	600	0,036	21,52		
22	22--21	600	0,036	21,52		40,01
	22--5	900	0,027	24,58		
	22--25	720	0,027	19,66		
	22--23	760	0,019	14,26		
23	23--22	760	0,019	14,26		30,39
	23--6	1100	0,019	20,64		
	23--9	460	0,019	8,63		
	23--24	920	0,019	17,26		
24	24--23	920	0,019	17,26		25,51
	24--11	720	0,019	13,51		
	24--13	540	0,019	10,13		
	24--25	540	0,019	10,13		
25	25--24	540	0,019	10,13		31,68
	25--14	520	0,027	14,20		
	25--22	720	0,027	19,66		
	25--26	540	0,036	19,36		
26	26--25	540	0,036	19,36		38,73
	26-15	480	0,036	17,21		
	26--18	480	0,036	17,21		
	26--21	660	0,036	23,67		
					136,37	633,889

Таблиця 3.3 – Розрахунки питомих, шляхових і вузлових витрат для режиму максимального транзиту у вежу

№ вузла	№ ділянки	Довжина,м	Питома витрата, л/с	Шляхова витрата, л/с	Вузлові витрати	
					Зосереджені, л/с	Приведені.
1	1--2	600	0,018	10,55		12,31
	1--19	440	0,018	7,74		
	1--17	360	0,018	6,33		
2	2--1	600	0,018	10,55		8,27
	2--3	340	0,018	5,98		
3	3--2	340	0,018	5,98		10,91
	3--4	500	0,018	8,80		
	3--20	400	0,018	7,04		
4	4--3	500	0,018	8,80		15,30
	4--5	640	0,018	11,26		
	4--21	600	0,018	10,55		
5	5--4	640	0,018	11,26		12,62
	5--6	300	0,008	2,43		
	5--22	900	0,013	11,56		
6	6--5	300	0,008	2,43		7,53
	6--7	460	0,008	3,73		
	6--23	1100	0,008	8,91		
7	7--6	460	0,008	3,73		10,29
	7--8	980	0,008	7,94		
	7--9	1100	0,008	8,91		
8	8--7	980	0,008	7,94	12,05	9,96
	8--9	1480	0,008	11,99		
9	9--7	1100	0,008	8,91		15,88
	9--8	1480	0,008	11,99		
	9--10	880	0,008	7,13		
	9--23	460	0,008	3,73		
10	10--9	880	0,008	7,13		5,18
	10--11	400	0,008	3,24		
11	11--10	400	0,008	3,24	18,94	6,72
	11--12	540	0,008	4,37		
	11--24	720	0,008	5,83		
12	12--11	540	0,008	4,37		4,78
	12--13	640	0,008	5,18		
13	13--12	640	0,008	5,18		7,13
	13--14	580	0,008	4,70		
	13--24	540	0,008	4,37		
14	14--13	580	0,008	4,70		10,26
	14--15	520	0,018	9,15		
	14--25	520	0,013	6,68		
15	15-14	520	0,018	9,15		13,37
	15--16	520	0,018	9,15		
	15--26	480	0,018	8,44		
16	16--15	520	0,018	9,15		8,09
	16--18	400	0,018	7,04		

17	17--18	340	0,018	5,98		6,51
	17--1	400	0,018	7,04		
18	18--16	400	0,018	7,04		14,25
	18--17	340	0,018	5,98		
	18--26	480	0,018	8,44		
	18--19	400	0,018	7,04		
19	19--18	400	0,018	7,04		9,50
	19--1	440	0,018	7,74		
	19--20	240	0,018	4,22		
20	20-19	240	0,018	4,22		9,85
	20--3	400	0,018	7,04		
	20--21	480	0,018	8,44		
21	21-20	480	0,018	8,44		20,58
	21--4	600	0,018	10,55		
	21--26	660	0,018	11,61		
	21--22	600	0,018	10,55		
22	22--21	600	0,018	10,55		18,76
	22--5	900	0,013	11,56		
	22--25	720	0,013	9,24		
	22--23	760	0,008	6,16		
23	23--22	760	0,008	6,16		13,12
	23--6	1100	0,008	8,91		
	23--9	460	0,008	3,73		
	23--24	920	0,008	7,45		
24	24--23	920	0,008	7,45		11,02
	24--11	720	0,008	5,83		
	24--13	540	0,008	4,37		
	24--25	540	0,008	4,37		
25	25--24	540	0,008	4,37		14,90
	25--14	520	0,013	6,68		
	25--22	720	0,013	9,24		
	25--26	540	0,018	9,50		
26	26--25	540	0,018	9,50		19,00
	26-15	480	0,018	8,44		
	26--18	480	0,018	8,44		
	26--21	660	0,018	11,61		
					30,99	296,08

3.3 Виконання гідравлічного розрахунку мережі

Гідравлічне ув'язування мережі проведено за допомогою програми ГІДРАСТ 1 з точністю до 0,01. Результати гідравлічного ув’язування мережі представлено у таблиці А.1-А.3 додатка А.

3.4 Визначення п’єзометричних відміток та перевірка забезпечення необхідних напорів

Визначення п’єзометричних відміток виконується з метою забезпечення необхідного напору у всіх вузлах водопровідної мережі та перевірки надійності її роботи в різних режимах водоспоживання. П’єзометричні відмітки встановлюються з урахуванням рельєфу місцевості, втрат напору на ділянках мережі, висоти забудови та вимог до гарантованого тиску у споживачів. Розрахунок проводиться для характерних вузлових точок системи при режимі максимального водоспоживання та під час пожежогасіння. Отримані значення дають можливість оцінити ефективність роботи мережі, визначити необхідні параметри насосного обладнання та забезпечити безперебійне водопостачання всіх категорій споживачів. П’єзометричні карти та лінії представлені на листах № 2 та 3 графічної частини кваліфікаційної роботи. Максимальний вільний напір при підключенні водоводів до мережі у вузлу № 1 при режимі максимального водоспоживання – 62 м, при режимі максимального транзиту – 97,56 м, при режимі пожежогасіння у годину максимального водоспоживання – 58,07 м.

3.5 Проєктний розрахунок водонапірної споруди

Режим роботи насосної станції II підйому приймається згідно із побудованним диференціальним графіком сумарного водоспоживання (рис. 31.1).

Насосна станція другого підйому працює у двоступеневому режимі:
I - а ступінь – 8 годин на добу, продуктивність 1,7 % від добової витрати, 624,7 $м^3$/год; II - а ступінь – 16 годин на добу, продуктивність 5,4 % від добової витрати, 1984,4 $м^3$/год.

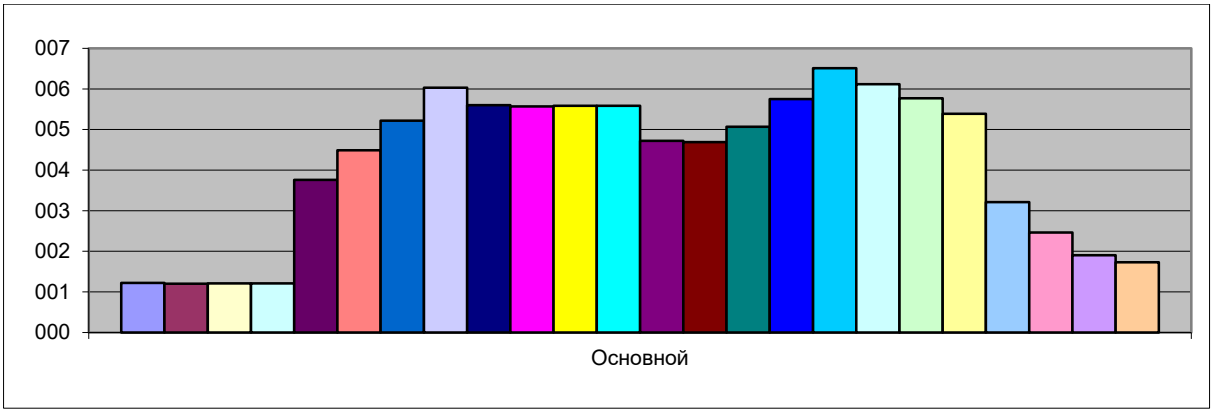


Рисунок 3.1 – Диференціальний графік сумарного водоспоживання.

Далі визначаємо місткість бака водонапірної башти і резервуарів чистої води. Регулювальні місткості резервуарів визначені табличним методом. Розрахунки приведені в таблицях 3.1 та 3.2.

Таблиця 3.1 – Розрахунок регулювальної місткості бака водонапірної башти

Години доби	Витрата води, %	Подача,%	Потрапляє в бак, %	Витрата з баку, %	Залишок у баці, %
0--1	1,21	1,7	0,49	0,00	0,49
1--2	1,20	1,7	0,50	0,00	0,99
2--3	1,20	1,7	0,50	0,00	1,49
3--4	1,20	1,7	0,50	0,00	1,99
4--5	3,76	1,7	0,00	2,06	-0,07
5--6	4,50	5,4	0,90	0,00	0,83
6--7	5,23	5,4	0,17	0,00	1,01
7--8	6,04	5,4	0,00	0,64	0,36
8--9	5,59	5,4	0,00	0,19	0,17
9--10	5,58	5,4	0,00	0,18	-0,01
10--11	5,59	5,4	0,00	0,19	-0,19
11--12	5,59	5,4	0,00	0,19	-0,38
12--13	4,71	5,4	0,69	0,00	0,31
13--14	4,70	5,4	0,70	0,00	1,01
14--15	5,07	5,4	0,33	0,00	1,35
15--16	5,75	5,4	0,00	0,35	0,99
16--17	6,51	5,4	0,00	1,11	-0,12
17--18	6,14	5,4	0,00	0,74	-0,85
18--19	5,78	5,4	0,00	0,38	-1,23
19--20	5,39	5,4	0,01	0,00	-1,23
20--21	3,20	5,4	2,20	0,00	0,98
21--22	2,46	1,7	0,00	0,76	0,21
22--23	1,89	1,7	0,00	0,19	0,02
23--24	1,72	1,7	0,00	0,02	0,00
Загалом	100,00	100	7,00	7,00	

Таблиця 3.2 – Розрахунок регулюючої ємності бака РЧВ

Години доби	Витрата води насосами, %	Подача очисними спорудами в рчв, %	Надходить в рчв, %	Витрата з рчв, %	Залишок, %
0--1	1,7	4,16	2,46	0,00	2,46
1--2	1,7	4,16	2,46	0,00	4,92
2--3	1,7	4,16	2,46	0,00	7,38
3--4	1,7	4,16	2,46	0,00	9,84
4--5	1,7	4,16	2,46	0,00	12,30
5--6	5,4	4,16	0,00	1,24	11,06
6--7	5,4	4,16	0,00	1,24	9,82
7--8	5,4	4,16	0,00	1,24	8,58
8--9	5,4	4,17	0,00	1,23	7,35
9--10	5,4	4,17	0,00	1,23	6,12
10--11	5,4	4,17	0,00	1,23	4,89
11--12	5,4	4,17	0,00	1,23	3,66
12--13	5,4	4,17	0,00	1,23	2,43
13--14	5,4	4,17	0,00	1,23	1,20
14--15	5,4	4,17	0,00	1,23	-0,03
15--16	5,4	4,17	0,00	1,23	-1,26
16--17	5,4	4,17	0,00	1,23	-2,49
17--18	5,4	4,17	0,00	1,23	-3,72
18--19	5,4	4,17	0,00	1,23	-4,95
19--20	5,4	4,17	0,00	1,23	-6,18
20--21	5,4	4,17	0,00	1,23	-7,41
21--22	1,7	4,17	2,47	0,00	-4,94
22--23	1,7	4,17	2,47	0,00	-2,47
23--24	1,7	4,17	2,47	0,00	0,00
всего	100	100			

Повний об’єм водонапірної башти визначаємо по формулі:

$$W_б = W_{рег} + W_{н\,з}\,, \qquad [3.4]$$

де $W_{рег}$ – регулювальний об’єм бака;

$W_{н\,з}$ – запас води в баге, що дорівнює 10 – хвилинній тривалості гасіння пожежі.

$$W_{н\,з} = (600 \times 105)/1000 = 63\ м^3;$$

$$W_{рег} = (1{,}99 + |-1.23|) * (36748{,}62/100) = 1183 м^3;$$

$$W_б = 1183+63=1246 \ м^3;$$

При відсутності стандартних розмірів бака його діаметр розраховуємо по формулі:

$$D_б = \sqrt[3]{W_б / 0{,}55}, \qquad [3.5]$$

$$D_б = \sqrt[3]{1246/0{,}55} = 13.2 м.$$

Висоту води в баці розраховуємо по формулі:

$$h_б = 4W_б/(\Pi D_б^2) \qquad [3.6]$$

$$h_б = (4\times1246)/(3{,}14\times13{,}2^2) = 9 м.$$

Висоту водонапірної башти визначаємо за формулою:

$$H_б=H_в+\sum h+z_{к.т.}-z_б, \qquad [3.7]$$

де $H_в$ – необхідний вільний напір у критичній точці:

$$H_в=6+4n, \qquad [3.8]$$

де n – кількість поверхів, n=9;

$$H_в=6+4\times*9=42 м;$$

$z_{к.т}$ – відмітка поверхні землі у цій точці, $z_{к.т} = 37.96 м;$

$\sum h$ – сумма втрат напору у мережі від башти до критичної точки,

$$\sum h=1,6+0,77+0,15=2,52м;$$

$z_б$ – відмітка поверхні землі у місці розташування башти, $z_б$=38,6 м.

$$H_б=42+2,52+37,96-38,6=43,88 м.$$

Башта з’єднана з мережею двома водоводами. Довжина водоводів 500м. Витрата одного водовода визначена по формулі:

$$Q_в = Q_{макс.тр}/n_в; \quad [3.9]$$

де $Q_{макс.тр}$ – витрата води при максимальному транзиті, $Q_{макс.тр}$=224,57 л/с;

$$Q_в = 224,57/2 = 112,28 \text{ л/с}.$$

Діаметр водоводів 300 мм.

Втрати напору для режиму максимального транзиту у башту:

$$h = 1.1 \times 1000i \times l, \quad [3.9]$$

де l – довжина водоводів, l=500 м.

і –питомі втрати напору, для даної витрати 112,28 л/с та діаметру 300 мм дорівнює 10,6.

$$h = 1.1 \times 10,6 \times 0,5 = 5,83 \text{ м}.$$

Втрати напору для режиму максимального водоспоживання:

і – питомі втрати напору, для даної витрати 56,65 л/с та діаметру 300 мм дорівнює 2,95;

$$h = 1.1 \times 2,95 \times 0,5 = 1,6 \text{ м}.$$

Регулювальний об’єм РЧВ, визначається аналогічно регулювальному об’єму бака водонапірної башти;

$$W'_{рег} = (7,41 + 12,3) \times (36748,32/100) = 7243 \text{м}^3.$$

РОЗДІЛ 4. ПРОЄКТУВАННЯ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ДРУГОГО ПІДЙОМУ

4.1. Визначення продуктивності та напору насосного обладнання

Годинна подача насосної станції для кожного ступеня:

$$Q_{ін.ст.} = Q_{доб}P_i/100, \quad [4.1]$$

де P_i та $Q_{ін.ст}$ - подача і-того ступеня насосної станції у відсотках $Q_{доб}$ та м^3/год, відповідно.

І ступінь:

$$Q_{ін.ст}=36748,62\times1,7/100=624,7\ м^3/год=173,52\ л/с;$$

ІІ ступінь:

$$Q_{ін.ст}=36748,62\times5,4/100=1984,4\ м^3/год=551,2\ л/с;$$

4.2 Розрахунок діаметрів всмоктувальних і напірних трубопроводів

Категорія надійності для насосної станції ІІ підйому – І, тому прийнято дві всмоктувальні лінії. При відключенні однієї решта пропускає повну розрахункову витрату.

Розрахункова витрата кожного із всмоктувальних водоводів визначена за формулою:

$$Q_{вс}=Q_{макс.н.ст.}/(n_{вс}-1), \quad [4.2]$$

де $Q_{макс.н.ст}$ – максимальна подача насосної станції, л/с;

$n_{вс}$ - кількість всмоктувальних водоводів.

$$Q_{вс}=551,2/(2-1)= 551,2л/с.$$

Приймаємо діаметр всмоктувальних ліній 700 мм, при швидкості 1,4 м/с.

Число напірних водоводів від насосної станції також повинно бути не менш двох. Розрахункова витрата кожного з напірних водоводів:

$$Q_{н.в.}=Q_{макс.н.ст.}/n_н, \quad [4.39]$$

де $n_н$ – кількість напірних водоводів.

$$Q_{н.в.}= 551,2/2=275,6\ л/с.$$

Приймаємо напірні водоводи у дві лінії, діаметром 600 мм.

4.3 Встановлення необхідного напору насосного обладнання

Необхідний напір насосів визначаємо за формулою:

$$H_н = H_б+H_0+\sum h_п +z_б-z_н, \quad [4.4]$$

де $H_б$ – висота башти від рівня землі до дна баку; визначена $H_б$=43,88 м;

H_0 – максимальна глибина води у баці башти; визначена H_0 =9м;

$\sum h_п$ – сумма втрат напору у водоводах та водопровідній мережі від насосної станції до башти; $\sum h_п$ =35,14 м;

$z_б$ – відмітка поверхні землі у місці розташування башти; $z_б$ =38,6м;

$z_н$ – відмітка осі насосу.

Відмітку осі насосу визначаємо за формулою:

$$Z_{о.н.} = Z_{в.н.} – S_{верх.ос}; \quad [4.5]$$

$$Z_{в.н.} =Z_{пож.\ РЧВ} – 05; \quad [4.6]$$

$$Z_{в.н.} =30,0-0,5=29,5м;$$

$$Z_{о.н.} = 29{,}5 - 0{,}445 = 29{,}055 \text{ м};$$

Напір при режимі максимального транзиту:

$$H_н = 43{,}88 + 9 + 35{,}14 + 38{,}6 - 29{,}055 = 97{,}56 \text{ м}.$$

За вже визначеною подачею та напором обираємо насос марки Д 630-90 n=1450 об/хв, d=450мм. Характеристика насосу приведена у додатку А.

4.4 Аналіз роботи насосної станції в умовах пожежного режиму

Розрахункова подача насосної станції при пожежі:

$$Q'_{н.ст} = Q_{н.ст} + Q_н, \qquad [4.7]$$

де $Q_{н.ст}$ – розрахункова секундна подача у годину максимального водоспоживання, визначена $Q_{н.ст} = 664.5$ л/с;

$Q_н$ – розрахункова витрата на пожежегасіння, $Q_н = 105$ л/с;

$$Q'_{н.ст} = 664.5 + 105 = 769.5 \text{ л/с}.$$

Потрібний напір насосів при пожежі:

$$H'_р = Z_{н.т.} + H_{віл.} + h_{в.п} + h_{м.п.} - Z_р, \qquad [4.8]$$

де $Z_{н.т.}$ - абсолютна позначка невигідної точки при пожежі, $Z_{н.т.} = 35{,}48$ м;

$H_{віл.}$ - вільний напір у невигідній точці при пожежі, $H_{віл} = 10$ м;

$h_{в.п}$ - втрати напору у водоводах при пожежі:

$$h_{в.п} = 1{,}1 \times i \times l \qquad [4.9]$$

$$h_{в.п} = 1{,}1 \times 1{,}67 \times 3 = 5.51 \text{ м};$$

$h_{м.п.}$ - втрати напору у мережі при пожежі від невигідної точки до точки підключення водоводів до мережі, $h_{м.п.} = 34{,}62$ м;

$Z_р$ - абсолютна позначка дна резервуару чистої води, $Z_р$ = 27,5 м;

$$H'_р = 35{,}48+10+5.51+34{,}62-27{,}5=58{,}4\ м$$

$H_р > H'_р$, тобто режим роботи насосної станції при пожежі може бути забезпечений насосами, підібраними для максимального водоспоживання, за рахунок зниження їх напору.

4.5 Підбір насосних агрегатів та приводних електродвигунів

Для насосної станції II підйому насоси підібрано для всіх ступенів подачі на підставі визначенних витрат та напорів.

При підборі насосів враховані наступні умови:

- насос, який прийнято, при забезпеченні розрахункової подачі та напору має максимальний ККД, найменші масу та габаритні розміри;
- намічені ступені подачі забезпечені однаковими насосами (шляхом їх паралельного включення);

Подача необхідної кількості води забезпечується роботою насосів марки Д 630-90 n=1450 об$^{-1}$, d=490мм – один на I ступені та 3 на II ступені.

Електродвигуни підбираються на підставі потужності та частоти обертів робочого колеса насосу.

Потужність насосу:

$$P_H = \rho g Q H /(1000\eta_H), \qquad [4.10]$$

де ρ - густина рідини, кг/м^3;

Q – максимально можлива в схемі проекту насосної станції подача насосу, тобто при пожежегасінні, м^3/с; Q= 0,256 м^3/с;

H - напір відповідний максимально можливій подачі насосу, м; H=58,07м;

$\eta_н$ - ККД насосу при подачі Q.

$$P_н=1000\times9{,}81\times0{,}256\times58{,}07/(1000\times0{,}7)=208{,}4\ кВт.$$

Потужність приводного двигуна:

$$P=kP_к/\eta_н, \quad [4.11]$$

де k- коефіцієнт запасу, який враховує можливі перевантаження, $k=1,05$

$\eta_н$ - ККД передачі (при безпосередньому з'єднанні валу насосу та електродвигуна, $\eta_н$ =1).

$$P=1,05\times208,4/1=218,9\ кВт.$$

Приймаємо електродвигуни типу АО3-355-S4 потужністю 250 кВт[7].

4.6 Розрахунок висотного розташування осі насосів і рівня підлоги насосної станції

Корпуси насосів насосних станцій II підйому розташовано під заливом від верхнього розрахункового рівня пожежного запасу води у резервуарі при пожежі. Позначка верху насосу розраховується за формулою:

$$Z_{в.н.} = Z_{пож.РЧВ} - 0.5, \quad [4.12]$$

де $Z_{пож.РЧВ}$ - пожежний рівень у РЧВ;

$$Z_{в.н.} =30,0-0,5=29,5м.$$

Позначка осі насоса розраховується за формулою:

$$Z_{о.н} = Z_{в.н.} - S_{верх.осв.}, \quad [4.13]$$

де $S_{верх.осв.}$ – за каталогом насосів $S_{верх.осв.}=0,445;$

$$Z_{о.н} =29,5-0,445=29,055\ м.$$

Відмітка фундаменту розраховується за формулою:

$$Z_{ф} = Z_{о.н.} - S_{от\ лап}, \quad [4.14]$$

де $S_{от\ лап}$ - за каталогом насосів $S_{от\ лап} =0,635\ м;$

$$Z_{ф} = 29{,}055\text{-}0{,}635=28{,}42\ м.$$

Позначка підлоги розраховується за формулою:

$$Z_{п} = Z_{ф} - 0.5, \qquad [4{,}15]$$

$$Z_{п} = 28{,}42\text{-}0{,}5=27{,}92\ м.$$

Заглиблення розраховується за формулою:

$$H = Z_{о.н} - Z_{п}, \qquad [4.16]$$

$$H=34{,}00\text{-}27{,}92=6{,}08\ м.$$

4.7 Визначення висоти машинного приміщення та вибір підйомально-транспортного обладнання

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

В якості підйомно-транспортного обладнання прийнято кран-балки підвісні ручні вантажопідйомністю до 5 т [8].

Мінімальна висота машинного залу, м.:

$$H = h_1 + h_2 + h_3 + h_4 + h_5 + 0{,}5, \qquad [4.17]$$

де h_1 - висота монорельсу кран-балки з урахуванням конструкції підвіски його до перекриття, $h_1 = 360$ *мм;*

h_2 - мінімальна висота від гака до низу монорейки, h_2 *400 мм;*

h_3 - висота строповки вантажу, h_3 = 0,5 м.;

h_4 - висота вантажу, h_4 *=1700мм;*

h_5 - максимальна висота встановленого обладнання, h_5 =*1700 мм.*

$$H = 0,46+0,4+0,5+1,7+1,7 = 4,76 \text{ м.}$$

Приймаємо висоту споруди 6 м.

4.8 Обґрунтування енергоефективних рішень у роботі насосної станції

Характеристики трубопроводів розраховуються за формулою:

$$H_i=(S_к+1,1\delta\, S_0 l)Q_1^2+H_г, \qquad [4.18]$$

де H_i – повний потрібний напір при і-тій витраті;

S_0 – питомий опір водоводу;

l – довжина водоводу;

Q_1 – витрата по водоводу;

$H_г$ – геометрична висота підйому води;

$S_к$ – усереднений опір насосної станції;

$$S_к = h_к / Q^2 \qquad [4.19]$$

де $h_к$ – втрати напору у насосній станції, $h_к$ =1,7м.

Повний напір визначено для шести точок: 0; 0,25 $Q_в$; 0,5 $Q_в$; 0,75 $Q_в$; $Q_в$; 1,25 $Q_в$. Розрахунки зведено у таблицю 4.1.

Розраховуємо обточку робочого колеса в залежності від n_s:

$$n_s = 3.6 \times 1450 \sqrt{\frac{630}{2 \times 3600}} \times \frac{1}{90^{\frac{3}{4}}} = 64.8 . \qquad [4.20]$$

Таблиця 4.1 – Розрахунок характеристики трубопроводів.

Вид показника	Значення показників Q					
	$Q_1=0$	0,25 $Q_в$	0,5 $Q_в$	0,75 $Q_в$	$Q_в$	1,25 $Q_в$
Q $м^3/с$	0	0,0689	0,1378	0,2067	0,2756	0,3445
V м/с	0	0,2	0,35	0,526	0,71	0,86
δ	0	1,244	1,138	1,075	1,035	1,015
1,1So l	0	36,234				
1,1 So δ l	0	45,0751	41,23429	38,95155	37,50219	36,77751
S_k	0	358,1051	89,52627	39,78945	22,38157	14,3242
S_k+1,1 δ S_o l	0	403,1802	130,7606	78,741	59,88376	51,10171
Q^2	0	0,004747	0,018989	0,042725	0,075955	0,11868
(S_k+1,1 δ S_o l)Q^2	0	1,913981	2,482991	3,364201	4,548492	6,064764
$H_г$	52.78					
H_i	52,78	54,69398	55,26299	56,1442	57,32849	58,84476

Коефіцієнт швидкохідності $n_s<150$, тому діаметр визначаємо за формулою:

$$Q_{об}/Q=D_{об}/D; \qquad [4.21]$$

$$D_{об} = (Q_{об}\times D)/Q;$$

$$D_{об} = (551.2\times 0.45)/690.4=0.37\ мм;$$

Таким чином обточене колесо має діаметр 370 мм, обточка виконується на 17,7%. Враховуючи значення n_s обточка може бути виконана на 15-20%, тобто умова виконується.

ВИСНОВКИ

1. У кваліфікаційній роботі виконано розроблення системи транспортування води для населеного пункту з чисельністю населення 87 490 осіб. Визначено розрахункові витрати води та сформовано графіки добового і погодинного водоспоживання.
2. У результаті проєктування прийнято кільцеву схему водопровідної мережі, загальна продуктивність системи транспортування води становить 36 748,62 м³/добу, мережа включає 15 контурів, 26 вузлів та 40 розрахункових ділянок.
3. Виконано гідравлічний розрахунок водопровідної мережі, визначено питомі, вузлові та лінійні витрати, а також п’єзометричні відмітки у характерних точках системи. Результати розрахунків підтвердили забезпечення необхідних напорів у мережі як у режимі максимального водоспоживання, так і під час пожежогасіння.
4. Проведено проєктний розрахунок насосної станції другого підйому та обґрунтовано вибір насосного обладнання. Для забезпечення надійної роботи системи прийнято насоси марки Д630-90 у кількості трьох робочих та двох резервних агрегатів, що дозволяє підтримувати стабільний режим подачі води та підвищує експлуатаційну надійність системи.
5. Запропоновані проєктні рішення спрямовані на підвищення енергоефективності та надійності функціонування системи водопостачання в умовах повоєнної відбудови. Реалізація розроблених заходів дозволить забезпечити стабільне водопостачання споживачів, знизити втрати води та оптимізувати енергоспоживання насосного обладнання.

ПЕРЕЛІК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. He C., Liu Z., Wu J. Future global urban water scarcity and potential solutions. Nature Communications. 2021. Vol. 12. Article 4667. URL: https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC8333427/ Asset management analytics for urban water mains: a literature review. Environmental Systems Research. 2023. Vol. 12. Article 12. URL: https://environmentalsystemsresearch.springeropen.com/articles/10.1186/s40068-023-00287-7

2. Urban water-related problems. Water (MDPI). 2023. Vol. 15, Issue 18. URL: https://www.mdpi.com/2073-4441/15/18/3280

3. Urban Water Consumption: A Systematic Literature Revie*w*. Water (MDPI). 2024. Vol. 16, Issue 6. URL: https://www.mdpi.com/2073-4441/16/6/838 Adamu B., Ndi H. N., Balgah S. N. Evaluation of Current Issues in Water Supply Systems and Implications for Sustainable Urban Water Management in Limbe. Current Journal of Applied Science and Technology. 2020. Vol. 39, Issue 45. C. 52–74. URL: https://journalcjast.com/index.php/CJAST/article/view/3106

4. Закон України «Про питну воду та питне водопостачання». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2918-14

5. Водний кодекс України. URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/213/95-вр

6. Постанова Кабінету Міністрів України № 690 «Про затвердження Правил надання послуг з централізованого водопостачання та централізованого водовідведення». URL: https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/690-2019-п

7. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. URL: https://online.budstandart.com/ua/catalog/doc-page.html?id_doc=54058

8. ДБН В.2.5-64:2012. Внутрішній водопровід та каналізація. URL: https://dreamdim.ua/wp-content/uploads/2019/10/DBN-V.2.5-64-2012-Vnutrishniy-vodoprovid-ta-kanalizaciya.pdf

9. ДСанПіН 2.2.4-171-10. Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною. URL: https://dbn.co.ua/load/normativy/sanpin/dsanpin_2_2_4_171_10/25-1-0-1180

12. Voichur Yu., Balan A. Method of operation of the cyber-physical water resources monitoring system. *Computer Systems and Information Technologies*, 2025. URL: https://csitjournal.khmnu.edu.ua/index.php/csit/article/view/391

13. Моніторинг сфери централізованого водопостачання та централізованого водовідведення (НКРЕКП). URL: https://www.nerc.gov.ua/monitoring-sferi-centralizovanogo-vodopostachannya-ta-centralizovanogo-vodovidvedennya

14. Yasinskyi R. V. Комп'ютеризована система для моніторингу водопостачання : бакалаврська робота. ТНТУ, 2021. URL: https://elartu.tntu.edu.ua/handle/lib/35584

15. *Smart system for monitoring water quality parameters*, Lviv Polytechnic, 2022. URL: https://doi.org/10.23939/istcmtm2022.04.018

16. Відновлення та модернізація систем водопостачання в Україні, Міністерство розвитку громад та територій України, 2023. URL: https://www.minregion.gov.ua/wp-content/uploads/2023/10/vidnovlennya_system_vodopostachannya.pdf

17. Monitoring of surface resources of water supply in the conditions of implementation of Water Framework Directives of EU. Khmelnytskyi National Academy of Municipal Economy, 2021. URL: https://khg.kname.edu.ua/index.php/khg/en/article/view/5418

18. Monitoring of spring water quality. Lviv Polytechnic, 2025. URL: https://doi.org/10.23939/ep2025.02.127

19. Основні проблеми функціонування існуючих систем водопостачання та водовідведення в Україні. Журнал «Проблеми водопостачання», 2023. URL: https://wateruse.org.ua/article/view/300804

20. Погоренко О.В. Оцінка якості питної води в мережах водоканалу м. Суми : кваліфікаційна робота магістра. Суми, 2018. URL: https://essuir.sumdu.edu.ua/bitstream/123456789/70817/1/Pogorenko_mag_2018.pdf

21.Реконструкція систем водопостачання та водовідведення : зб. наук. праць URL: https://crust.ust.edu.ua/items/56da92b3-b01a-4b1c-a034-833ffca46056

22.Заходи протидії руйнуванню водопровідних мереж. URL: https://wateruse.org.ua/article/view/345285

23. Савчук С.П. Енергоефективність насосних станцій водопостачання. URL: https://ena.lpnu.ua/

24. Міністерство розвитку громад та територій України. Відновлення систем водопостачання в умовах післявоєнної відбудови. URL: https://www.minregion.gov.ua/

25. Development the method of organizing a secure data channel in the water supply monitoring system. URL: https://journals.uran.ua/tarp/article/view/75118

26. Improving monitoring of water quality in water supply systems. URL: https://journals.uran.ua/tarp/article/view/318925

27. Наслідки руйнування Каховського водосховища для систем водопостачання України. URL: https://wateruse.org.ua/article/view/288232

Додаток А

Таблиця А.1 – Результати розрахунку для режиму максимального транзиту

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0-14	600.00	600.00	305.71	1.08	1.48
2	0-14	500.00	340.00	297.41	1.51	2.06
3	11-14	200.00	400.00	19.22	.61	1.44
4	14-12	250.00	240.00	44.22	.90	1.32
5	12-15	300.00	400.00	81.84	1.16	2.77
6	14-15	350.00	440.00	135.55	1.41	3.66
7	15- 0	300.00	360.00	97.59	1.38	3.51
8	13- 0	250.00	400.00	59.41	1.21	3.80
9	13- 0	250.00	520.00	51.32	1.05	3.77
10	12-13	300.00	480.00	99.62	1.41	4.88
11	11-12	250.00	480.00	53.59	1.09	3.77
12	9-12	250.00	660.00	36.65	.75	2.57
13	8-11	250.00	600.00	40.34	.82	2.78
14	0-11	500.00	500.00	267.28	1.36	2.44
15	0- 8	500.00	640.00	211.57	1.08	1.99
16	5- 8	300.00	900.00	56.57	.80	3.14
17	8- 9	250.00	600.00	36.71	.75	2.34
18	6- 9	250.00	720.00	39.54	.81	3.22
19	9-10	300.00	540.00	72.54	1.03	2.98
20	10-13	250.00	480.00	44.73	.91	2.70
21	10- 0	300.00	520.00	82.70	1.17	3.67
22	7-10	250.00	520.00	48.44	.99	3.39
23	7- 0	350.00	520.00	120.89	1.26	3.44
24	3- 7	200.00	540.00	25.50	.81	3.27
25	6- 7	250.00	540.00	48.75	.99	3.56
26	2- 6	300.00	920.00	64.37	.91	4.07
27	5- 6	250.00	760.00	35.00	.71	2.71
28	4- 5	350.00	1100.00	76.56	.80	3.11
29	0- 5	350.00	300.00	142.38	1.48	2.75
30	0- 4	250.00	460.00	58.36	1.19	4.24
31	1- 4	200.00	1100.00	18.33	.58	3.64
32	4- 2	200.00	460.00	34.07	1.08	4.77
33	0- 1	250.00	980.00	29.75	.61	2.60
34	0- 1	200.00	1480.00	7.74	.25	1.04
35	0- 2	300.00	880.00	44.27	.63	1.96
36	0- 2	250.00	400.00	39.09	.80	1.75
37	2- 3	300.00	720.00	76.59	1.08	4.40
38	0- 3	300.00	540.00	90.03	1.27	4.48
39	3- 0	350.00	640.00	139.17	1.45	5.61
40	15- 0	300.00	340.00	91.44	1.29	2.91

Таблиця А.2 – Результати розрахунку для режиму пожежегасіння при максимальному водорозборі

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0-14	600.00	600.00	427.17	1.51	2.85
2	0-14	500.00	340.00	410.37	2.09	3.91
3	11-14	200.00	400.00	27.12	.86	2.72
4	14-12	250.00	240.00	63.25	1.29	2.59
5	12-15	300.00	400.00	103.37	1.46	4.38
6	14-15	350.00	440.00	185.95	1.93	6.89
7	15- 0	300.00	360.00	131.25	1.86	6.35
8	13- 0	250.00	400.00	71.59	1.46	5.52
9	13- 0	250.00	520.00	55.10	1.12	4.31
10	12-13	300.00	480.00	121.44	1.72	7.25
11	11-12	250.00	480.00	70.29	1.43	6.39
12	9-12	250.00	660.00	37.44	.76	2.67
13	8-11	250.00	600.00	53.23	1.08	4.66
14	0-11	500.00	500.00	361.00	1.84	4.45
15	0- 8	500.00	640.00	276.59	1.41	3.35
16	5- 8	300.00	900.00	69.62	.98	4.61
17	8- 9	250.00	600.00	44.14	.90	3.29
18	6- 9	250.00	720.00	35.82	.73	2.68
19	9-10	300.00	540.00	76.50	1.08	3.30
20	10-13	250.00	480.00	43.66	.89	2.58
21	10- 0	300.00	520.00	71.16	1.01	2.77
22	7-10	250.00	520.00	37.01	.75	2.06
23	7- 0	350.00	520.00	71.62	.74	1.30
24	3- 7	200.00	540.00	8.64	.28	.46
25	6- 7	250.00	540.00	43.64	.89	2.90
26	2- 6	300.00	920.00	48.79	.69	2.44
27	5- 6	250.00	760.00	37.93	.77	3.15
28	4- 5	350.00	1100.00	79.73	.83	3.35
29	0- 5	350.00	300.00	180.29	1.87	4.41
30	0- 4	250.00	460.00	83.12	1.69	8.56
31	1- 4	200.00	1100.00	7.74	.25	.78
32	4- 2	200.00	460.00	38.48	1.22	5.98
33	0- 1	250.00	980.00	51.54	1.05	7.16
34	1- 0	200.00	1480.00	21.20	.67	6.39
35	2- 0	300.00	880.00	11.72	.17	.18
36	2- 0	250.00	400.00	23.72	.48	.70
37	2- 3	300.00	720.00	58.28	.82	2.65
38	3- 0	300.00	540.00	37.69	.53	.90
39	3- 0	350.00	640.00	63.75	.66	1.29
40	15- 0	300.00	340.00	118.70	1.68	4.91

Таблиця А.3 – Результати розрахунку для режиму максимального водорозбору

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	0-14	600.00	600.00	304.58	1.08	1.47
2	0-14	500.00	340.00	287.78	1.47	1.92
3	11-14	200.00	400.00	18.94	.60	1.41
4	14-12	250.00	240.00	45.98	.94	1.42
5	12-15	300.00	400.00	64.91	.92	1.80
6	14-15	350.00	440.00	130.27	1.35	3.38
7	15- 0	300.00	360.00	90.55	1.28	3.02
8	13- 0	250.00	400.00	41.00	.84	1.91
9	13- 0	250.00	520.00	24.51	.50	.97
10	12-13	300.00	480.00	72.87	1.03	2.68
11	11-12	250.00	480.00	44.85	.91	2.71
12	9-12	250.00	660.00	12.19	.25	.35
13	8-11	250.00	600.00	34.13	.70	2.05
14	0-11	500.00	500.00	246.52	1.26	2.08
15	0- 8	500.00	640.00	181.19	.92	1.49
16	5- 8	300.00	900.00	40.59	.57	1.71
17	8- 9	250.00	600.00	24.85	.51	1.15
18	6- 9	250.00	720.00	1.57	.03	.01
19	9-10	300.00	540.00	35.44	.50	.80
20	10-13	250.00	480.00	10.89	.22	.21
21	10- 0	300.00	520.00	26.32	.37	.45
22	10- 7	250.00	520.00	8.14	.17	.14
23	0- 7	350.00	520.00	21.23	.22	.15
24	7- 3	200.00	540.00	10.24	.33	.63
25	6- 7	250.00	540.00	13.48	.27	.35
26	6- 2	300.00	920.00	29.72	.42	.99
27	5- 6	250.00	760.00	23.88	.49	1.35
28	4- 5	350.00	1100.00	47.34	.49	1.29
29	0- 5	350.00	300.00	113.99	1.18	1.77
30	0- 4	250.00	460.00	49.28	1.00	3.09
31	1- 4	200.00	1100.00	.81	.03	.02
32	4- 2	200.00	460.00	20.19	.64	1.82
33	0- 1	250.00	980.00	24.64	.50	1.85
34	1- 0	200.00	1480.00	10.62	.34	1.83
35	2- 0	300.00	880.00	26.38	.37	.77
36	2- 0	250.00	400.00	38.38	.78	1.69
37	2- 3	300.00	720.00	18.89	.27	.35
38	3- 0	300.00	540.00	54.24	.77	1.74
39	0- 3	350.00	640.00	48.01	.50	.77
40	15- 0	300.00	340.00	78.00	1.10	2.15

Таблиця А.4 – Результати розрахунку для режиму максимального водорозбору (приєднання водоводів у вузол 5)

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	14- 0	600.00	600.00	142.54	.50	.37
2	14- 0	500.00	340.00	159.43	.81	.63
3	11-14	200.00	400.00	22.67	.72	1.95
4	14-12	250.00	240.00	5.04	.10	.03
5	12-15	300.00	400.00	40.91	.58	.77
6	14-15	350.00	440.00	65.31	.68	.93
7	15- 0	300.00	360.00	52.13	.74	1.08
8	13- 0	250.00	400.00	21.85	.45	.61
9	13-0	250.00	520.00	5.36	.11	.07
10	12-13	300.00	480.00	29.60	.42	.51
11	11-12	250.00	480.00	7.63	.16	.11
12	9-12	250.00	660.00	23.59	.48	1.15
13	8-11	250.00	600.00	45.89	.93	3.53
14	11- 0	500.00	500.00	204.29	1.04	1.46
15	8- 0	500.00	640.00	281.41	1.43	3.46
16	5- 8	300.00	900.00	85.20	1.21	6.69
17	9- 8	250.00	600.00	12.01	.24	.31
18	6- 9	250.00	720.00	26.01	.53	1.50
19	9- 10	300.00	540.00	5.21	.07	.03
20	10-13	250.00	480.00	9.29	.19	.16
21	0-10	300.00	520.00	12.61	.18	.12
22	7-10	250.00	520.00	1.75	.04	.01
23	0- 7	350.00	520.00	32.10	.33	.30
24	7- 3	200.00	540.00	6.11	.19	.25
25	7- 6	250.00	540.00	4.01	.08	.04
26	2- 6	300.00	920.00	34.45	.49	1.30
27	5- 6	250.00	760.00	7.23	.15	.16
28	4- 5	350.00	1100.00	80.75	.84	3.43
29	0- 5	350.00	300.00	159.09	1.65	3.44
30	0- 4	250.00	460.00	60.93	1.24	4.60
31	1- 4	200.00	1100.00	9.71	.31	1.16
32	4- 2	200.00	460.00	23.13	.74	2.33
33	0- 1	250.00	980.00	27.39	.56	2.24
34	1- 0	200.00	1480.00	7.87	.25	1.08
35	2- 0	300.00	880.00	11.82	.17	.19
36	2- 0	250.00	400.00	23.82	.49	.71
37	2- 3	300.00	720.00	11.09	.16	.14
38	3- 0	300.00	540.00	47.49	.67	1.36
39	0- 3	350.00	640.00	54.76	.57	.98
40	15- 0	300.00	340.00	39.58	.56	.62

Таблиця А.5 – Результати розрахунку для режиму максимального транзиту (приєднання водоводів у вузол 5)

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	14- 0	600.00	600.00	160.23	.57	.45
2	14- 0	500.00	340.00	168.53	.86	.69
3	11-14	200.00	400.00	25.78	.82	2.47
4	14-12	250.00	240.00	2.08	.04	.01
5	12-15	300.00	400.00	67.45	.95	1.93
6	14-15	350.00	440.00	79.02	.82	1.32
7	15- 0	300.00	360.00	68.93	.98	1.81
8	13- 0	250.00	400.00	47.86	.97	2.55
9	13- 0	250.00	520.00	39.77	.81	2.35
10	12-13	300.00	480.00	68.13	.96	2.36
11	11-12	250.00	480.00	18.01	.37	.51
12	9-12	250.00	660.00	45.18	.92	3.78
13	8-11	250.00	600.00	52.06	1.06	4.47
14	11- 0	500.00	500.00	205.23	1.05	1.47
15	8- 0	500.00	640.00	272.57	1.39	3.25
16	5- 8	300.00	900.00	91.84	1.30	7.78
17	8- 9	250.00	600.00	4.29	.09	.05
18	6- 9	250.00	720.00	51.67	1.05	5.29
19	9-10	300.00	540.00	51.02	.72	1.56
20	10-13	250.00	480.00	43.30	.88	2.54
21	10- 0	300.00	520.00	69.71	.99	2.67
22	7-10	250.00	520.00	50.46	1.03	3.65
23	7- 0	350.00	520.00	109.72	1.14	2.86
24	3- 7	200.00	540.00	29.73	.95	4.35
25	6- 7	250.00	540.00	37.34	.76	2.17
26	2- 6	300.00	920.00	78.71	1.11	5.92
27	5- 6	250.00	760.00	25.72	.52	1.55
28	4- 5	350.00	1100.00	101.34	1.05	5.22
29	0- 5	350.00	300.00	173.95	1.81	4.11
30	0- 4	250.00	460.00	65.14	1.33	5.26
31	1- 4	200.00	1100.00	21.93	.70	5.05
32	4- 2	200.00	460.00	35.23	1.12	5.08
33	0- 1	250.00	980.00	32.93	.67	3.13
34	0- 1	200.00	1480.00	10.92	.35	1.92
35	0- 2	300.00	880.00	52.21	.74	2.65
36	0- 2	250.00	400.00	47.03	.96	2.47
37	2- 3	300.00	720.00	75.31	1.07	4.27
38	0- 3	300.00	540.00	96.68	1.37	5.17
39	3- 0	350.00	640.00	132.52	1.38	5.09
40	15- 0	300.00	340.00	62.78	.89	1.44

Таблиця 2.6 - Результати розрахунку для режиму максимального водорзбору (приєднання у вузли 5 і 14)

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	14- 0	600.00	600.00	43.92	.16	.05
2	14- 0	500.00	340.00	60.77	.31	.11
3	11-14	200.00	400.00	7.91	.25	.29
4	14-12	250.00	240.00	8.58	.17	.07
5	15-12	300.00	400.00	12.92	.18	.10
6	14-15	350.00	440.00	15.02	.16	.07
7	15- 0	300.00	360.00	3.80	.05	.01
8	0-13	250.00	400.00	24.00	.49	.72
9	0-13	250.00	520.00	40.49	.82	2.43
10	13-12	300.00	480.00	26.71	.38	.43
11	12-11	250.00	480.00	4.39	.09	.04
12	12- 9	250.00	660.00	15.63	.32	.55
13	8-11	250.00	600.00	17.08	.35	.58
14	11- 0	500.00	500.00	90.91	.46	.33
15	8- 0	500.00	640.00	139.11	.71	.92
16	5- 8	300.00	900.00	32.08	.45	1.12
17	9- 8	250.00	600.00	13.64	.28	.39
18	9- 6	250.00	720.00	20.60	.42	.98
19	10- 9	300.00	540.00	36.13	.51	.83
20	13-10	250.00	480.00	44.93	.92	2.72
21	0-10	300.00	520.00	112.61	1.59	6.76
22	10- 7	250.00	520.00	78.54	1.60	8.64
23	7- 0	350.00	520.00	63.25	.66	1.03
24	7- 3	200.00	540.00	39.48	1.26	7.40
25	7- 6	250.00	540.00	9.96	.20	.20
26	6- 2	300.00	920.00	32.63	.46	1.18
27	6- 5	250.00	760.00	.96	.02	.01
28	4- 5	350.00	1100.00	18.23	.19	.24
29	0- 5	350.00	300.00	77.96	.81	.88
30	0- 4	250.00	460.00	42.29	.86	2.33
31	4- 1	200.00	1100.00	5.27	.17	.39
32	4- 2	200.00	460.00	19.44	.62	1.70
33	0- 1	250.00	980.00	23.74	.48	1.73
34	1- 0	200.00	1480.00	11.52	.37	2.12
35	2- 0	300.00	880.00	34.11	.48	1.22
36	2- 0	250.00	400.00	46.11	.94	2.38
37	3- 2	300.00	720.00	28.62	.40	.73
38	3- 0	300.00	540.00	109.48	1.55	6.63
39	3- 2	350.00	640.00	7.23	.08	.03
40	0-15	300.00	340.00	8.75	.12	.04

Таблиця А.7 - Результати розрахунку для режиму максимального транзиту (приєднання водоводів у вузли 5 та 14)

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	14- 0	600.00	600.00	52.32	.19	.06
2	14- 0	500.00	340.00	60.58	.31	.11
3	11-14	200.00	400.00	9.26	.29	.39
4	14-12	250.00	240.00	7.84	.16	.06
5	12-15	300.00	400.00	6.64	.09	.03
6	14-15	350.00	440.00	23.96	.25	.15
7	15- 0	300.00	360.00	16.05	.23	.13
8	0-13	250.00	400.00	10.44	.21	.16
9	0-13	250.00	520.00	18.53	.38	.59
10	12-13	300.00	480.00	12.73	.18	.12
11	11-12	250.00	480.00	7.27	.15	.10
12	12- 9	250.00	660.00	1.83	.04	.01
13	8-11	250.00	600.00	19.90	.41	.77
14	11- 0	500.00	500.00	80.75	.41	.27
15	8- 0	500.00	640.00	115.95	.59	.66
16	5- 8	300.00	900.00	39.19	.55	1.60
17	8- 9	250.00	600.00	8.41	.17	.17
18	6- 9	250.00	720.00	1.85	.04	.01
19	9- 10	300.00	540.00	15.91	.23	.19
20	13-10	250.00	480.00	24.00	.49	.86
21	0-10	300.00	520.00	55.89	.79	1.77
22	10- 7	250.00	520.00	43.92	.89	2.82
23	7- 0	350.00	520.00	161.47	1.68	6.14
24	3- 7	200.00	540.00	1.46	.05	.02
25	6- 7	250.00	540.00	46.79	.95	3.30
26	2- 6	300.00	920.00	38.53	.55	1.59
27	5- 6	250.00	760.00	27.35	.56	1.73
28	4- 5	350.00	1100.00	54.07	.56	1.64
29	0- 5	350.00	300.00	111.32	1.16	1.70
30	0- 4	250.00	460.00	49.72	1.01	3.14
31	1- 4	200.00	1100.00	13.95	.44	2.22
32	4- 2	200.00	460.00	29.78	.95	3.72
33	0- 1	250.00	980.00	25.49	.52	1.96
34	0- 1	200.00	1480.00	3.48	.11	.26
35	0- 2	300.00	880.00	31.35	.44	1.05
36	0- 2	250.00	400.00	26.17	.53	.84
37	2- 3	300.00	720.00	72.85	1.03	4.01
38	0- 3	300.00	540.00	73.36	1.04	3.05
39	3- 0	350.00	640.00	155.84	1.62	7.04
40	15-0	300.00	340.00	9.90	.14	.05

Таблиця А.8 – Результати розрахунку для режиму пожежегасіння при максимальному водоразборі

(приєднання водоводів у вузли 5 та 14)

номер ділянки	код ділянки	діаметр труби,мм	довжина ділянки,м	витрата води,л/с	швидкість води,м/с	втрати напору,м
1	14- 0	600.00	600.00	64.74	.23	.09
2	14- 0	500.00	340.00	81.59	.42	.19
3	11-14	200.00	400.00	11.47	.37	.57
4	14-12	250.00	240.00	12.21	.25	.13
5	15-12	300.00	400.00	7.10	.10	.03
6	14-15	350.00	440.00	24.47	.25	.16
7	15- 0	300.00	360.00	15.17	.21	.12
8	0-13	250.00	400.00	22.89	.47	.66
9	0-13	250.00	520.00	39.38	.80	2.31
10	13-12	300.00	480.00	10.63	.15	.08
11	11-12	250.00	480.00	3.10	.06	.02
12	12- 9	250.00	660.00	10.40	.21	.27
13	8-11	250.00	600.00	24.35	.50	1.11
14	11- 0	500.00	500.00	114.79	.58	.50
15	8- 0	500.00	640.00	170.32	.87	1.33
16	5- 8	300.00	900.00	48.90	.69	2.40
17	9- 8	250.00	600.00	4.10	.08	.05
18	9- 6	250.00	720.00	11.65	.24	.36
19	10- 9	300.00	540.00	13.39	.19	.14
20	13-10	250.00	480.00	46.37	.94	2.88
21	0-10	300.00	520.00	112.97	1.60	6.80
22	10- 7	250.00	520.00	82.52	1.68	9.54
23	7- 0	350.00	520.00	152.21	1.58	5.45
24	7- 3	200.00	540.00	32.68	1.04	5.18
25	6- 7	250.00	540.00	25.84	.53	1.11
26	2- 6	300.00	920.00	6.37	.09	.07
27	5- 6	250.00	760.00	16.45	.34	.69
28	4- 5	350.00	1100.00	27.18	.28	.48
29	0- 5	350.00	300.00	138.94	1.44	2.62
30	0- 4	250.00	460.00	67.60	1.38	5.66
31	4- 1	200.00	1100.00	6.22	.20	.53
32	4- 2	200.00	460.00	33.60	1.07	4.65
33	0- 1	250.00	980.00	49.98	1.02	6.76
34	1- 0	200.00	1480.00	22.78	.73	7.29
35	2- 0	300.00	880.00	32.16	.45	1.10
36	2- 0	250.00	400.00	44.16	.90	2.19
37	2- 3	300.00	720.00	39.39	.56	1.29
38	3- 0	300.00	540.00	77.02	1.09	3.34
39	3- 0	350.00	640.00	103.08	1.07	3.14
40	15-0	300.00	340.00	2.62	.04	.01