

**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 бакалавра
на тему

**«РОЗРОБКА СИСТЕМИ ВОДОЗАБЕЗПЕЧЕННЯ МІСТА ТА
ПРОМІСЛОВИХ ПІДПРИЄМСТВ з р. ПСЬОЛ»**

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»

Пушкар І.В.

Керівник проф. Карагяур А.С.

Рецензент доц. Гайдучок О.Г.

Харків - 2026 року

ХАРКІВСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ УНІВЕРСИТЕТ МІСЬКОГО
ГОСПОДАРСТВА імені О.М. Бекетова

Інститут Навчально-науковий інститут будівництва, землеустрою та цивільної інженерії

Кафедра Водопостачання, водовідведення і очищення вод

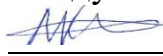
Рівень вищої освіти перший (бакалаврський)

Спеціальність 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології

Освітня програма «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології»

ЗАТВЕРДЖУЮ

Завідувач кафедри ВВіОВ

 проф. Карагяур А.С.

«25» травня 2026 року

ЗАВДАННЯ

НА КВАЛІФІКАЦІЙНУ РОБОТУ ЗДОБУВАЧУ ОСВІТИ

1. Пушкарь Ігор Володимирович
(прізвище, ім'я, по батькові)
 2. Тема роботи Розробка системи водозабезпечення міста та пром підприємств з р. Псьол
керівник роботи Карагяур Андрій Степанович, д.т.н., доц.
(прізвище, ім'я, по батькові, науковий ступінь, вчене звання)
- затверджені наказом вищого навчального закладу від «27» 02 2026 р. №187-03
2. Строк подання студентом проекту (роботи) 20.06.2026 р.
 3. Вихідні дані до кваліфікаційної роботи: запроектувати кільцеву міську водопровідну мережу для міста в Полтавській області з 2-ма промисловими підприємствами, побудувати н'єзометричні лінії, виконати проєкт споруд майданчику I-го підйому, описати заходи з організації експлуатації міської водопровідної мережі та заходи з охорони праці. Вихідні дані наведені в додатку до завдання.
 4. Зміст розрахунково-пояснювальної записки (перелік питань, які потрібно розробити) Вступ. Розділ 1. Загальні відомості. Розділ 2 Технологічна частина. Розділ 3 Організація експлуатації міської водопровідної мережі. Розділ 4 Охорона праці.








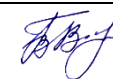


5. Перелік графічного матеріалу (з точним зазначенням обов'язкових креслень)

1. Генеральний та ситуаційний план міста. 2-3. П'єзометричні лінії.

4. Деталювання кільця водопровідної мережі. Водопровідний колодязь

5-6. Майданчик I-го підйому.

6. Консультанти розділів проекту (роботи)

Розділ	Прізвище, ініціали та посада консультанта	Підпис, дата	
		завдання видав	завдання прийняв
Загальні відомості	проф. Карагяур А.С.		
Технологічна частина	проф. Карагяур А.С.		
Організація експлуатації міської водопровідної мережі	проф. Карагяур А.С.		
Охорона праці	доц. Барбашин В.В.		
Показник оригінальності роботи	доц. Сорокіна К.Б.		
Допуск до захисту	проф. Карагяур А.С.		

7. Дата видачі завдання 25.05.2026 р.

КАЛЕНДАРНИЙ ПЛАН

№ з/п	Назва етапів кваліфікаційної роботи	Строк виконання етапів роботи	Примітка
1	Загальна відомості	25.05 – 31.05	
2	Технологічна частина	01.06 – 10.06	
3	Організація експлуатації міської водопровідної мережі	11.06 – 15.06	
4	Охорона праці	16.06 – 18.06	
5	Оформлення пояснювальної записки	25.05 – 20.06	
6	Підготовка графічного матеріалу. Виконання креслень	25.05 – 20.06	
7	Попередній захист та рецензування КР	21.06 – 22.06	

Здобувач освіти



Ігор ПУШКАРЬ

Керівник роботи



Андрій КАРАГЯУР

ДОДАТОК ДО ЗАВДАННЯ

на кваліфікаційну роботу бакалавра
здобувачу освіти 4-го курсу,
групи ГБтаВТ 2022-1 Пушкарю І.В.

1. Генеральний план населеного пункту М 1:5000.
2. Населення міста – 150 тис мешканців.
3. Житлова 5-типоверхова забудова з внутрішнім водопроводом, каналізацією і централізованим гарячим водопостачанням
4. Відомості про промислові підприємства:

Відомості про промпідприємства		№1	№2
Кількість змін		2	2
Кількість працюючих, чел.		800	700
Розподіл працюючих по змінах у % від загального числа працюючих			
	у I зміну	70	60
	у II зміну	30	40
	у III зміну	-	-
Кількість працюючих у «гарячих» цехах у % від загального числа працюючих			
	у I зміну		
	у II зміну	30	25
	у III зміну	30	25
Кількість працюючих, які користуються душем, у % від загального числа працюючих у зміну у «гарячих» цехах			
	у I зміну	80	80
	у II зміну	80	80
	у III зміну	-	-
Кількість працюючих, які користуються душем, у % від загального числа працюючих у зміну у «холодних» цехах			
	у I зміну	40	40
	у II зміну	40	40
	у III зміну	-	-
Витрати води на виробничі потреби, л/с		15	10

5. Джерело водопостачання – р. Псьол.
6. Відмітка води у річці при мінімальному розрахунковому рівні – 70 м, при максимальному розрахунковому рівні – 73 м
7. Відмітка землі в місці розташування майданчика I-го підйому – 75 м.
8. Максимальна швидкість течії – 0,3 м/с
9. Середній діаметр донних відкладень - 0,04 мм
10. Товщина криги – 400 мм
11. Довжина напірних водоводів – 1200 м (від НС 1).
12. Позначка рівня води у першій споруді станції водопідготовки - 100,00.

Здобувач освіти

Ігор ПУШКАРЬ**Керівник роботи**

Андрій КАРАГЯУР

ЗМІСТ

ВСТУП	6
1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ	7
1.1 Аналіз кліматичних та гідрологічних факторів в районі проектування	7
1.2 Визначення норм різних категорій споживання води у місті	14
1.3 Визначення основних розрахункових витрат	15
1.4 Режими водоспоживання міста. Балансові розрахунки	16
2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА	21
2.1 Розрахунок системи розподілення води у місті	21
2.2 Розрахунок майданчику I-го підйому	38
3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ	54
3.1 Умови та вимоги до роботи мережі	54
3.2 Організаційна структура служб експлуатації	56
3.3 Технічне обслуговування трубопровідних систем	57
3.4 Виявлення та усунення витоків води, ремонт пошкоджених ділянок	59
3.5 Аварійно-відновлювальні роботи	60
4 ОХОРОНА ПРАЦІ	62
4.1 Основні заходи та засоби санітарно-гігієнічного обслуговування робітників	62
4.2 Вплив виробничих шкідливостей на здоров'я робітників	64
4.3 Розрахунок безпечних відстаней при влаштуванні траншеї з укосами	66
4.4 Основні причини травматизму	67
4.5 Вплив водопровідної мережі на пожежна безпеку споживачів	69
ВИСНОВКИ	75
СПИСОК ДЖЕРЕЛ	76

ВСТУП

Кваліфікаційна робота бакалавра містить 77 аркушів, 7 рисунків, 8 таблиць, 6 аркушів графічної частини, 21 інформаційне джерело.

ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, КІЛЬЦЕ, ДІЛЯНКА, ВУЗОЛ, ВТРАТИ НАПОРУ, РУСЛОВИЙ ВОДОЗАБІР, НАСОСНА СТАНЦІЯ, ЕКСПЛУАТАЦІЯ, ОХОРОНА ПРАЦІ.

Сталий розвиток міста суттєво залежить від наявності в ньому надійної системи водозабезпечення, тому проєктування таких систем та визначення їх раціональних параметрів є актуальною задачею для спеціалістів напряму «Водна інженерія».

Мета кваліфікаційної роботи полягає у проєктуванні системи водозабезпечення міста з поверхневого джерела, а саме з р. Псел.

У роботі проаналізовано кліматичні та гідрологічні умови в районі розташування водозабірних споруд і оцінено потребу міста у воді, визначено склад системи водозабезпечення, а саме приділено увагу проєктуванню водозабірних споруд, насосної станції та міської водопровідної мережі.

Виконано розрахунок кільцевої водопровідної мережі з визначенням гідравлічних втрат на кожній ділянці та побудовано п'єзометричні графіки для двох режимів роботи системи: найбільшого водоспоживання та подачі витрати на пожежогасіння в години найбільшого навантаження. Для двох цих режимів проведено оцінку впливу на роботу мережі додаткової транзитної ділянки.

Проведено розрахунок основних елементів руслового заглибленого водозабору, суміщеного з насосною станцією.

Розглянуто заходи з організації експлуатації міської водопровідної мережі, які охоплюють профілактичне обслуговування, реагування на аварійні ситуації, впровадження сучасних технологій моніторингу та планування реконструкції.

Також оцінено основні шкідливі фактори й розроблено заходи з охорони праці при експлуатації мережі, спрямовані на запобігання травматизму та збереження здоров'я працівників. Окремо розглянуто роль водопровідної мережі у забезпеченні пожежної безпеки споживачів.

1 ЗАГАЛЬНІ ВІДОМОСТІ

1.1 Аналіз кліматичних та гідрологічних факторів в районі проєктування

Річка Псел є однією з найбільших правих приток Дніпра, що протікає територіями Курської, Сумської та Полтавської областей. Загальна довжина річки становить близько 717 км, площа водозбору — понад 22 800 км². На території Полтавської області Псел протікає переважно в південно-східному напрямку та впадає у Дніпро (Кременчуцьке водосховище) поблизу с. Максимівка Кременчуцького району [1].

Район гирлового відрізка річки Псел розташований у межах лівобережної лісостепової та степової фізико-географічних зон України. Рельєф місцевості характеризується широкою заплавою річки, терасованими схилами корінного берега та розвиненою мережею балок і яруг. Висоти поверхні в межах водозбірного басейну нижньої течії Псела коливаються від 50–80 м над рівнем моря у заплаві до 150–170 м на вододілах.

Проєктування поверхневого водозбору з річки Псел в районі її гирла вимагає детального аналізу кліматичних та гідрологічних умов, оскільки саме ці чинники визначають розрахункові витрати, рівневий режим, якість та температурний режим джерела водопостачання.

Район нижньої течії річки Псел на Полтавщині знаходиться в зоні помірно-континентального клімату з теплим літом і відносно холодною зимою. Клімат формується під впливом трансформованих атлантичних повітряних мас та континентального повітря Євразії. За кліматичним районуванням України, досліджувана територія належить до другого (II) кліматичного району [2].

Середньорічна температура повітря в районі становить +7,5...+8,5⁰С. Найхолоднішим місяцем є січень із середньою температурою –5,0...–6,5⁰С; абсолютний мінімум температури може досягати –35...–38⁰С (за спостереженнями Кременчуцької метеостанції). Найтепліший місяць — липень, із середньою температурою +21,0...+22,5⁰С; абсолютний максимум складає

+38...+40⁰С. Тривалість безморозного періоду становить у середньому 170–185 діб.

Річна кількість опадів у районі коливається в межах 500–560 мм, що є типовим для лісостепо-степової перехідної зони. Основна частка опадів (близько 65–70 %) припадає на теплий період року (квітень–жовтень), причому значна їх кількість випадає у вигляді злив. Взимку опади переважно тверді (сніг, мокрий сніг), хоча відлиги є характерним явищем. Сніговий покрив формується, як правило, у грудні та зберігається до кінця лютого – початку березня; середня його висота становить 15–25 см, проте в роки зі значними хуртовинами може сягати 40–50 см.

Відносна вологість повітря в середньому за рік складає 75–78 %. Влітку (липень) вона знижується до 60–65 %, взимку зростає до 85–90 %. Середня тривалість сонячного сяння становить 1900–2100 годин на рік.

Переважаючі напрямки вітру в районі мають виражену сезонну мінливість. У холодний період року (жовтень–березень) домінують вітри північного, північно-східного та східного напрямків, які приносять холодні та відносно сухі континентальні повітряні маси. У теплий сезон (квітень–вересень) переважають вітри північно-західного і західного напрямків, пов'язані з атлантичними циклонами. Середньорічна швидкість вітру становить 3,5–4,5 м/с. Максимальні швидкості вітру (15–25 м/с і більше) спостерігаються переважно в зимово-весняний період і можуть суттєво впливати на льодовий режим річки та умови роботи водозабірних агрегатів.

Кількість штормових днів (зі швидкістю вітру понад 15 м/с) у середньому становить 15–20 на рік. Для проектування водозбору вітровий режим має значення насамперед з точки зору нагонно-згінних явищ, коли на ділянці гирла Псела можливі короточасні підйоми або зниження рівня води внаслідок впливу вітрового нагону на Кременчуцькому водосховищі.

Сумарне випаровування з поверхні річки та прибережних угідь у теплий сезон є важливим чинником формування водного балансу басейну. Середнє річне випаровування з водної поверхні в районі становить 700–750 мм, з суходолу –

400–450 мм. Дефіцит водного балансу в середньому складає 100–150 мм, що свідчить про помірну посушливість території [2].

Посушливі явища (засухи) трапляються в середньому 2–3 рази на 10 років і можуть суттєво знижувати стік річки у вегетаційний період. Гідрологічні посухи, коли витрати у річці знижуються нижче середньомноголітніх значень понад 80 % тривалості вегетаційного сезону, є критично важливим розрахунковим сценарієм для водозабірних споруд питного і промислового водопостачання.

У нижній течії, на ділянці впадіння у Кременчуцьке водосховище, Псел являє собою рівнинну річку з розвиненою заплавою шириною 2–5 км і слабо вираженим меандруванням. Ширина русла у межень становить 40–70 м, глибина на плесах — 2,5–4,5 м, на перекатах — 0,5–1,2 м. Середній ухил водної поверхні в гирловому відрізку не перевищує 0,05–0,08 ‰. Характер ложа русла — піщано-гравійний з окремими замуленими ділянками в плесових улоговинах [3].

Берега річки в гирловому районі переважно низькі та заболочені (лівий берег) або підвищені лесові (правий берег). Заплава вкрита лучно-болотною рослинністю, подекуди – прируслові вільхово-вербові ліси. Наявність широкої заплави та розвинених заплавлених боліт і стариць зумовлює значну акумулюючу здатність долини, що пом'якшує паводкові хвилі і впливає на якість води у межень.

Водний режим річки Псел відзначається чітко вираженою весняною повінню, літньо-осінніми паводками та зимовою меженню. За класифікацією О. І. Чеботарьова, Псел відноситься до типу річок зі змішаним живленням з переважанням снігового стоку [3].

Середньорічна витрата води в гирловому створі річки (с. Максимівка) за даними багаторічних спостережень становить близько 90–110 м³/с, що відповідає середньорічному модулю стоку 3,8–4,5 л/(с·км²). Норма річного стоку (середньобагаторічна витрата) для замикаючого створу при площі водозбору ~22 400 км² складає близько 95–105 м³/с.

Весняна повінь формується внаслідок сніготанення і, як правило, настає у лютому–березні. Максимальні витрати при весняній повені в гирловому створі

можуть сягати 600–1200 м³/с (1 % забезпеченості – до 1400–1600 м³/с). Тривалість повені зазвичай становить 30–60 діб. Об'єм весняного водопілля складає 55–70 % річного стоку. Паводкові рівні під час повені перевищують меженні на 3,0–5,5 м.

Літньо-осінні паводки формуються переважно в результаті злив і можуть спостерігатися протягом усього теплого сезону. Максимальні витрати при дощових паводках значно менші від весняних і не перевищують, як правило, 200–350 м³/с.

Літньо-осіння межень характеризується витратами 15–35 м³/с. Зимова межень (грудень–лютий) є найбільш маловодним сезоном: при утворенні льодового покриву витрати можуть знижуватися до 8–15 м³/с. Мінімальні витрати забезпеченістю 95 % (для розрахунку санітарного попуску і умов роботи водозабору) становлять 6–10 м³/с.

Рівневий режим у гирловому районі Псела має виражену специфіку, зумовлену підпором від Кременчуцького водосховища. Нормальний підпірний рівень (НПР) водосховища становить 81,0 м у Балтійській системі висот. При НПР межа підпору поширюється по долині Псела на 15–25 км вище від гирла, суттєво впливаючи на рівневий режим нижнього відрізка річки [3].

У меженний період рівень води у гирловому створі Псела фактично визначається рівнем Кременчуцького водосховища і зазвичай коливається в межах 80,0–81,0 м абс. У паводковий (повіневий) сезон рівень може підніматися на 2–4 м вище НПР водосховища, однак у роки з одночасним стоком водосховища нижче НПР водний дзеркало в районі водозабору суттєво знижується.

Добові коливання рівнів (нагонно-згінного характеру), пов'язані з роботою Кременчуцької ГЕС та вітровим нагоном на водосховищі, можуть становити 0,1–0,4 м і обов'язково враховуються при визначенні відміток порогів водоприймачів.

Льодовий режим річки Псел на ділянці нижньої течії має значний вплив на вибір типу і конструкції водозабору. Початок льодових явищ (шуга, сало, береговий лід) спостерігається в середньому в кінці листопада — на початку грудня. Льодостав встановлюється у грудні–січні і триває в середньому 60–80 діб. Товщина льоду до кінця зими в середні роки становить 25–45 см, у суворі зими —

до 55–70 см [1].

Весняний льодохід на Пселі зазвичай короткочасний (5–10 діб) і може супроводжуватися утворенням заторів на ділянках з пониженим ухилом, особливо в зоні підпору водосховища. Льодохід відрізняється значними механічними навантаженнями на конструкції водозабору (льодовий тиск, удари льодин).

У зоні підпору водосховища льодостав може відрізнятися від незарегульованої ділянки: внаслідок зниженої швидкості течії тут швидше формується суцільний льодовий покрив і повільніше руйнується навесні. Можливе утворення внутрішньоводного (глибинного) льоду при різких похолоданнях до початку льодоставу, що є критичним чинником забруднення (засмічення) водоприймальних отворів.

Стік завислих речовин річки Псел у гирловому районі є відносно невеликим унаслідок значної акумуляції наносів у Кременчуцькому водосховищі. Каламутність води в меженний період не перевищує 30–80 г/м³, під час повені та паводків може зростати до 200–400 г/м³. Значення стоку завислих речовин важливі для оцінки замулення водоприймальних пристроїв та вибору технологічних схем водопідготовки.

Руслові деформації в нижній течії Псела носять переважно акумулятивний характер: у зоні підпору водосховища відбувається підпрудження наносів і поступове замулення плесових ділянок. Середня швидкість вертикального замулення в заплаві оцінюється в 0,5–1,5 мм/рік. Горизонтальне зміщення русла незначне завдяки кріпленню берегів деревно-чагарниковою рослинністю.

Якість води є одним із ключових чинників при проектуванні водозабору питного та господарсько-побутового водопостачання. Хімічний склад вод річки Псел у нижній течії формується під впливом природних процесів (вилуговування ґрунтів і порід водозбору, розклад органічних речовин заплавної боліт) та антропогенного навантаження (сільськогосподарське освоєння басейну, скиди стічних вод населених пунктів і підприємств вище за течією) [4].

За хімічним складом вода Псела відноситься до гідрокарбонатно-кальцієвого класу. Мінералізація у межень становить 350–550 мг/л, під час повені

знижується до 150–250 мг/л. Жорсткість загальна в меженний період складає 4,5–7,5 мг-екв/л (помірно жорстка вода). Концентрація нітратів на окремих ділянках перевищує фонові значення внаслідок вимивання добрив із сільськогосподарських угідь, досягаючи в паводкові роки 5–12 мг/л.

Забарвленість води суттєво зростає у паводковий та повіневий сезони через надходження гумінових речовин з боліт і лісових масивів заплави. У меженний період забарвленість знижується. Каламутність коливається синхронно з витратою. Водневий показник рН варіює від 7,2 до 8,4, що свідчить про слабколужну реакцію води.

За санітарно-хімічними показниками вода Псела потребує обов'язкової очистки для доведення її якості до вимог ДСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною» [5]. Разом з тим, відсутність великих промислових підприємств безпосередньо у гирловому районі забезпечує відносно помірний рівень антропогенного забруднення важкими металами та специфічними речовинами.

Температурний режим поверхневих вод річки Псел суттєво залежить від сезону і тісно корелює з температурою повітря. Середня температура води в річці в літній період (червень–серпень) становить $+20\dots+24^{\circ}\text{C}$, досягаючи максимуму $+26\dots+28^{\circ}\text{C}$ у липні–серпні. В осінній період (вересень–листопад) температура поступово знижується з $+18$ до $+3\dots+5^{\circ}\text{C}$. Взимку, під льодовим покривом, температура підльодової води підтримується в межах $0,1\text{--}1,0^{\circ}\text{C}$. Навесні, після скресання криги, вода прогрівається до $+5\dots+12^{\circ}\text{C}$ протягом квітня–травня [1].

Для проектування систем технічного водопостачання та оцінки умов експлуатації насосного обладнання важливо враховувати розрахункові значення температури води: мінімальна (для перевірки роботи насосів) – $0,2^{\circ}\text{C}$ (зимові межень); максимальна (для розрахунку систем охолодження) – $+27\dots+28^{\circ}\text{C}$ (серпень). Значна температура влітку може призводити до інтенсивного розвитку планктону і синьо-зелених водоростей (цвітіння води), що ускладнює роботу водоочисних споруд і вимагає передбачення відповідних технологічних рішень.

1.2 Визначення норм різних категорій споживання води у місті

Подача необхідного об'єму води до населеного пункту, на території якого розташовані два промислові об'єкти, необхідна для забезпечення потреб наступних категорій:

- фізіологічних, побутових та санітарно-гігієнічних потреб людей;
- поливання територій з зеленими насадженнями, миття вулиць та проїжджої частини;
- гасіння водою зовнішніх та внутрішніх пожеж;
- виробництво продукції, прийом душу та забезпечення водою безпосередньо працівників.

Розрахункову (а саме середньодобову) величину витрат на господарсько-питні нужди населення визначаємо за [6, табл. 1 п. 6.1.1], враховуючи чисельність жителів та рівень благоустрою будинків.

За умовами завдання до бакалаврської роботи чисельність населення міста становить 150 тисяч осіб, а житловий фонд складається з п'ятиповерхових багатоквартирних споруд, оснащених централізованою системою водопостачання (у тому числі гарячого) та каналізаційною мережею. У таких умовах допустимий діапазон становить 230-285 л на особу за добу, з якого обираємо величину $q_{ж} = 240$ л/(добу·жит.).

Показник витрат на полив територій міста встановлюємо за [6, табл. А2 Додаток А], враховуючі масштаб населеного пункту та кліматично-будівельну зону. За завданням місто розміщене у Полтавській області, яка належить до лісостепової зони. Відповідно до [6, п. 6.1.1], населений пункт із чисельністю 150 тис. осіб класифікується як середній за розміром. З огляду на ці фактори приймаємо $q_{п} = 55$ л/(добу·жит.).

Обсяг витрат на ліквідацію зовнішньої пожежі та їхню кількість, що відбувається одночасно, встановлюємо відповідно до [6, табл. 3 п. 6.2.2], враховуючи чисельність населення та кількість поверхів в житлових будівлях. Оскільки населення складає 150 тис. осіб, а забудова є п'ятиповерховою,

приймаємо, що одночасно гасити необхідно три пожежі з витратою води 40 л/с на кожну.

На промислових об'єктах вода використовується для:

- санітарно-гігієнічних та фізіологічних потреб персоналу;
- душових процедур окремих категорій працівників після завершення робочої зміни;
- виробничо-технологічних операцій.

Обсяг витрат на першу категорію залежить від рівня тепловиділення у виробничих приміщеннях, за цим критерієм цехи класифікуються як «гарячі» та «холодні» [2].

Для «гарячих» цехів встановлюємо показник споживання – 45 л на робітника протягом зміни, для «холодних» – 25 л на робітника протягом зміни.

Для визначення обсягів витрат на душові потреби застосовуємо такі параметри:

- витрата води однією душовою сіткою протягом години – 500 л;
- кількість працівників з розрахунку на одну сітку – 7 осіб (приймається залежно від типу виробництва);
- тривалість душових процедур після закінчення зміни – 45 хвилин.

Показники виробничо-технологічних витрат для кожного з двох підприємств наведені у вихідних даних завдання.

1.3 Визначення основних розрахункових витрат

Середньодобову витрату $Q_{\text{доб.сер}}$ (усереднену за рік) на господарські та питні потреби мешканців визначаємо за формулою (1) [6, п. 6.1.2].

Розрахунки показують, що $Q_{\text{доб.сер}}$ дорівнює $36000 \text{ м}^3/\text{доб.}$

Для того, щоб знайти витрату на господарські та питні потреби мешканців за добу найбільшого споживання $Q_{\text{доб.мах}}$, скористаємося формулою (2) [6,

п. 6.1.2]. Попередньо треба визначити коефіцієнт добової нерівномірності $K_{\text{доб.мах}}$. Орієнтуючись на [6, п. 6.1.2], де указано, що цей параметр можна приймати в межах 1,1 – 1,3, вибираємо $K_{\text{доб.мах}} = 1,2$.

Розрахунки показують, що $Q_{\text{доб.мах}}$ дорівнює $43200 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Для того, щоб визначити витрату води (добову) на поливання територій з зеленими насадженнями та миття вулиць $Q_{\text{полив}}$ скористаємось формулою, (1) [6, п. 6.1.2], але в розрахунки будемо підставляти норму на поливання.

Розрахунки показують, що $Q_{\text{полив}}$ дорівнює $8265 \text{ м}^3/\text{доб}$.

Приймаємо, що з $8265 \text{ м}^3/\text{доб}$ 70%, тобто $5785,5 \text{ м}^3/\text{доб}$, здійснюється за машинами для поливу, а 30% тобто $2479,5 \text{ м}^3/\text{доб}$, здійснюється вручну (переважно представниками житлово-комунальних підприємств).

Згідно завдання до бакалаврської роботи на території міста, для кого проектується водопровідна мережа знаходяться два промпідприємства, кожне з них працює в дві зміни. Також в завданні указано у відсотках розподіл працюючого персоналу за змінами, а в межах кожної зміни – відсоток працюючих в «гарячих» цехах та відсоток робітників, яким через особливості виробництва необхідно прийняти душ після зміни.

Для кожної зміни для кожного промпідприємства розраховуємо витрату на господарські та питні потреби персоналу $Q_{\text{гпп.зм}}$ за наступною формулою [2]:

$$Q_{\text{гпп.зм}} = \frac{N_{\text{гар}}q_{\text{гар}} + N_{\text{хол}}q_{\text{хол}}}{1000},$$

де $N_{\text{гар}}$, $N_{\text{хол}}$ – кількість працівників, що перебувають протягом кожної зміни в «гарячих» та «холодних» цехах, люд.;

$q_{\text{гар}}$, $q_{\text{хол}}$ – відповідні норми споживання води на господарські та питні потреби (див. п. 1.1).

Витрату води на душові процедури визначимо за такою формулою:

$$Q_{\text{душ.зм}} = \frac{N_{\text{душ}}500}{N_{\text{с}}1000},$$

де $N_{\text{душ}}$ – кількість робітників для кожної зміни, яким необхідні душові процедури, люд.;

N_c – норма, яка відображає навантаження на одну душову сітку, люд, (див. п. 1.1).

Розрахунки водоспоживання на промислових об'єктах показані в табл. 1.1.

Таблиця 1.1 – Показники водоспоживання на промислових об'єктах

Параметр		
Номер промислового об'єкта:	ПП1	ПП2
Кількість працюючого персоналу:	800	700
1-ша зміна:	560	420
в «гарячих» цехах	168	105
в «холодних» цехах	392	315
Витрати на госп.та пит. потреби, м ³ :	17,36	12,6
в «гарячих» цехах	7,56	4,725
в «холодних» цехах	9,8	7,875
<i>яким необхідно прийняти душ:</i>		
в «гарячих» цехах	134,4	84
в «холодних» цехах	156,8	126
Витрати на душові процедури, м ³	20,8	15,0
2-га зміна:	240	280
в «гарячих» цехах	72	70
в «холодних» цехах	168	210
Витрата на госп. та пит. потреби, м ³ :	7,44	8,4
в «гарячих» цехах	3,24	3,2
в «холодних» цехах	4,2	5,3
<i>яким необхідно прийняти душ:</i>		
в «гарячих» цехах	57,6	56
в «холодних» цехах	67,2	84
Витрата на душові процедури, м ³	8,9	10,0

1.4 Режими водоспоживання міста. Балансові розрахунки

Витрати води на господарські та питні потреби розподіляються нерівномірно протягом доби. Показником, що характеризує цю нерівномірність, є коефіцієнт годинної нерівномірності $K_{\text{год.мах}}$, який обчислюємо, використовуючи залежність (4) [6, п. 6.1.2]. Для розрахунку $K_{\text{год.мах}}$ необхідно визначити такі параметри, як $\alpha_{\text{мах}}$, що відображає вплив місцевих умов, режиму функціонування підприємств та рівня благоустрою житлового фонду, та $\beta_{\text{мах}}$, який залежить від

чисельності населення міста

Згідно з [6, п. 6.1.2], значення α_{\max} , рекомендовано обирати в межах 1,2-1,4. Для подальших розрахунків приймаємо $\alpha_{\max} = 1,2$.

Величину β_{\max} визначаємо за допомогою [6, табл. 2 п. 6.1.2]. При населенні міста 150 тис. жителів β_{\max} становить 1,09.

В результаті отримуємо значення коефіцієнта годинної нерівномірності $K_{\text{год.мак}} = 1,3$.

Щодо режиму поливання, приймається, що механізований полив триває рівномірно – з 6.00 до 21.00. Ручний полив здійснюється двічі за день: вранці – з 6.00 до 9.00 та увечері – з 18.00 до 21.00.

Що стосується промислових об'єктів, тут картина споживання води для господарсько-питних цілей протягом робочої зміни також нерівномірна, причому інтенсивність цього процесу відрізняється для «гарячих» і «холодних» виробничих приміщень.

Працівники користуються душем впродовж години, наступної після завершення зміни. Обсяги води, призначеної для виробничо-технологічних операцій, розподіляються рівномірно протягом усього робочого часу підприємства.

Підсумкові дані щодо балансу водоспоживання населеного пункту за добу, з урахуванням усіх категорій споживачів, наведено в табл. 1.2. На основі цих даних сформовано графік водоспоживання міста (рис. 1.1).

Таблиця 1.2 – Балансовий розрахунок водоспоживання містом

Години	% Q	м ³ /год.	полив вручн.	полив мех.	ПП №1						ПП №2						сума	
					«холодні» цеха		«гарячі» цеха		душ.	техн.	«холодні» цеха		«гарячі» цеха		душ.	техн.	м ³ /год.	% від Q _{доб.}
					% від Q _{зм}	м ³ /год	% від Q _{зм}	м ³ /год			% від Q _{зм}	м ³ /год	% від Q _{зм}	м ³ /год				
00:01	3,20	1382			18,75	0,79	15,65	0,51	8,91		18,75	0,98	15,65	0,49	10,00		1404	2,65
01:02	3,25	1404			6,25	0,00	12,05	0,00			6,25	0,00	12,05	0,00			1404	2,65
02:03	2,90	1253			12,50	0,00	12,05	0,00			12,50	0,00	12,05	0,00			1253	2,36
03:04	2,90	1253			12,50	0,00	12,05	0,00			12,50	0,00	12,05	0,00			1253	2,36
04:05	3,35	1447			18,75	0,00	12,05	0,00			18,75	0,00	12,05	0,00			1447	2,73
05:06	3,75	1620			6,25	0,00	12,05	0,00			6,25	0,00	12,05	0,00			1620	3,06
06:07	4,15	1793	413,25	385,70	12,50	0,00	12,05	0,00			12,50	0,00	12,05	0,00			2592	4,89
07:08	4,65	2009	413,25	385,70	12,50	0,00	12,05	0,00			12,50	0,00	12,05	0,00			2808	5,30
08:09	5,05	2182	413,25	385,70	18,75	0,00	15,65	0,00	0,00	54	18,75	0,00	15,65	0,00	0,00	36	3071	5,79
09:10	5,40	2333		385,70	6,25	0,61	12,05	0,91		54	6,25	0,49	12,05	0,57		36	2811	5,30
10:11	4,85	2095		385,70	12,50	1,23	12,05	0,91		54	12,50	0,98	12,05	0,57		36	2575	4,86
11:12	4,60	1987		385,70	12,50	1,23	12,05	0,91		54	12,50	0,98	12,05	0,57		36	2467	4,65
12:13	4,50	1944		385,70	18,75	1,84	12,05	0,91		54	18,75	1,48	12,05	0,57		36	2424	4,57
13:14	4,30	1858		385,70	6,25	0,61	12,05	0,91		54	6,25	0,49	12,05	0,57		36	2336	4,41
14:15	4,40	1901		385,70	12,50	1,23	12,05	0,91		54	12,50	0,98	12,05	0,57		36	2380	4,49
15:16	4,55	1966		385,70	12,50	1,23	12,05	0,91		54	12,50	0,98	12,05	0,57		36	2445	4,61
16:17	4,50	1944		385,70	18,75	1,84	15,65	1,18	20,80	54	18,75	1,48	15,65	0,74	15,00	36	2461	4,64
17:18	4,25	1836		385,70	6,25	0,26	12,05	0,39		54	6,25	0,33	12,05	0,38		36	2313	4,36
18:19	4,45	1922	413,25	385,70	12,50	0,53	12,05	0,39		54	12,50	0,66	12,05	0,38		36	2813	5,31
19:20	4,40	1901	413,25	385,70	12,50	0,53	12,05	0,39		54	12,50	0,66	12,05	0,38		36	2792	5,27
20:21	4,40	1901	413,25	385,70	18,75	0,79	12,05	0,39		54	18,75	0,98	12,05	0,38		36	2792	5,27
21:22	4,50	1944			6,25	0,26	12,05	0,39		54	6,25	0,33	12,05	0,38		36	2035	3,84
22:23	4,20	1814			12,50	0,53	12,05	0,39		54	12,50	0,66	12,05	0,38		36	1906	3,60
23:24	3,50	1512			12,50	0,53	12,05	0,39		54	12,50	0,66	12,05	0,38		36	1604	3,03
																Σ	53000	

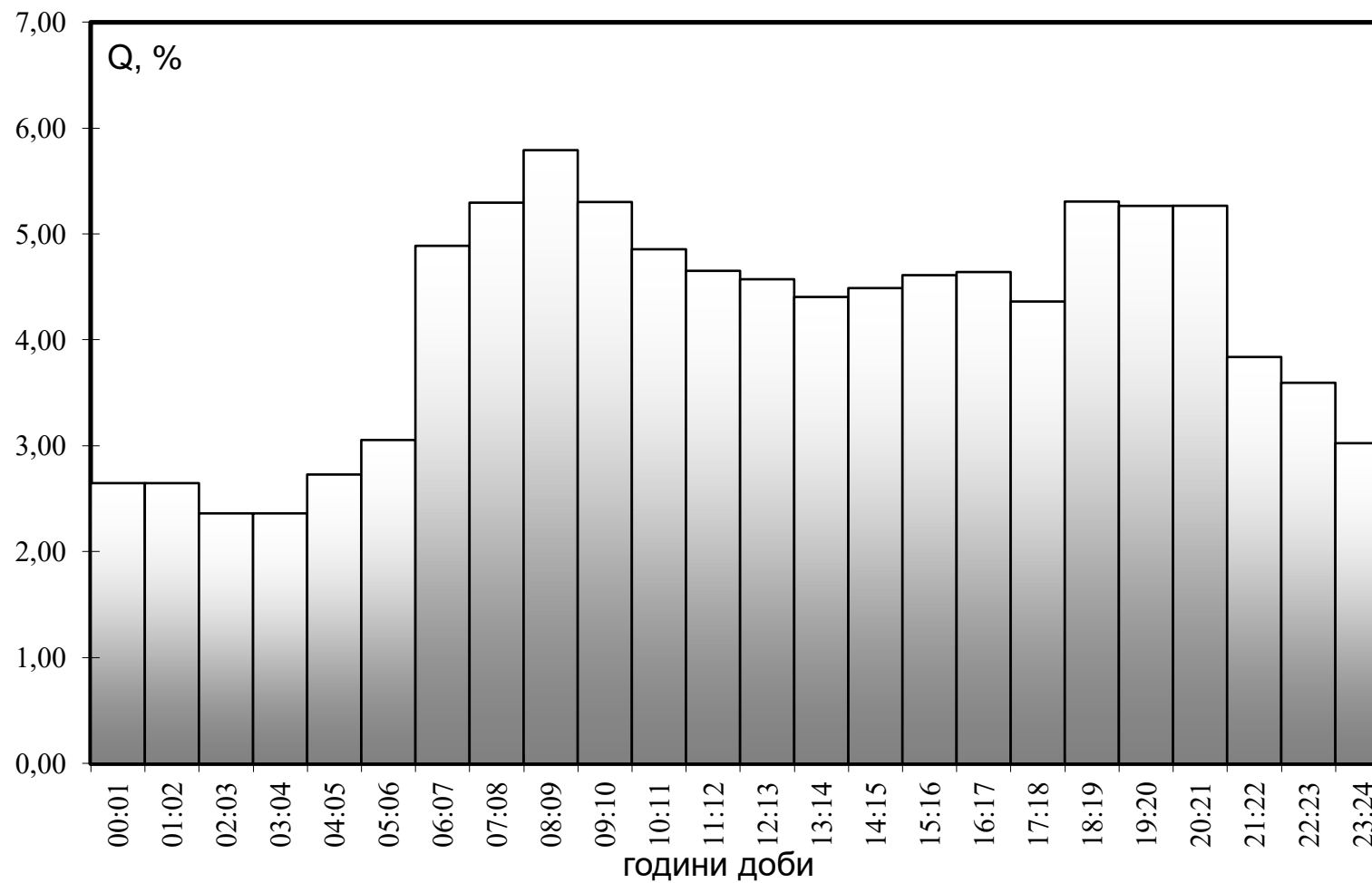


Рисунок 1.1 – Графік водоспоживання міста протягом доби

Проведений аналіз гідрологічних умов в місті розташування міста, для якого проєктується система водозабезпечення, а також кількісна оцінка потреби у воді, дозволяє рекомендувати включити до складу цієї системи водозбір з поверхневого джерела (р. Псел) з насосною станцією, а також кільцеву водопровідну мережу для подачі та розподілу води споживачам.

2 ТЕХНОЛОГІЧНА ЧАСТИНА

2.1 Розрахунок системи розподілення води у місті

2.1.1 Трасування міської мережі розподілення води

Для населеного пункту, схему якого зображено на першому аркуші графічних матеріалів проєкту, обираємо кільцеву конфігурацію водопровідної мережі: така схема забезпечує подачу води до споживачів одразу з двох напрямків, що суттєво підвищує надійність порівняно з тупиковим варіантом прокладання [7].

Кільцева мережа дозволяє у разі аварії на одній з ділянок або при проведенні планових ремонтних робіт відключати лише невелику ушкоджену частину трубопроводу, не припиняючи водопостачання на решті території населеного пункту. Це особливо важливо для об'єктів безперебійного водоспоживання – лікарень, дитячих закладів, підприємств із технологічними процесами, чутливими до перерв подачі води, а також для систем протипожежного водопостачання, де гарантована наявність води є критичним фактором.

Трасування мережі виконуємо з урахуванням наступних вимог:

- до найважливіших точок водорозбору, включно з місцями підключення промислових підприємств, вода має надходити найкоротшим маршрутом;
- довжина магістральних ділянок не повинна перевищувати 1200 метрів, тоді як перемички між ними обмежуємо довжиною до 800 метрів.

Окрім зазначених вимог, при проєктуванні трасування дотримуємося й інших принципів. Магістральні лінії прокладаємо переважно вздовж основних транспортних артерій та вулиць із найбільшою щільністю забудови, що забезпечує рівномірний розподіл навантаження по всій території та скорочує довжину розгалужень до окремих споживачів. Напрямок головних трубопроводів обираємо так, щоб він максимально співпадав із загальним напрямком руху води

від джерела водопостачання до найбільш віддалених та високо розташованих точок мережі – це дозволяє зменшити втрати напору і забезпечити стабільний тиск у всіх вузлах системи.

При виборі трас враховуємо також рельєф місцевості: по можливості уникаємо прокладання трубопроводів через ділянки із складними геологічними умовами, заболочені території, зони з високим рівнем ґрунтових вод або просідаючими ґрунтами, оскільки це підвищує вартість будівництва та ускладнює подальшу експлуатацію. Перетини з природними та штучними перешкодами – річками, залізницями, автомагістралями – плануємо в місцях, де можливе влаштування дюкерів, переходів у захисних кожухах або підвісних трубопроводів з мінімальними додатковими витратами.

Важливим є також дотримання нормативних відстаней від водопровідних мереж до інших підземних та надземних комунікацій – каналізаційних колекторів, теплових мереж, кабельних ліній, газопроводів. Це необхідно як для забезпечення самої мережі від можливого забруднення чи механічних пошкоджень, так і для зручності проведення ремонтних та обслуговуючих робіт без порушення роботи сусідніх інженерних споруд.

Кількість та розташування запірної арматури на кільцевій мережі визначаємо таким чином, щоб у разі аварії можливо було відключити ділянку мінімальної протяжності, охоплюючи якнайменшу кількість абонентів. Зазвичай запірно-регулюючу арматуру встановлюємо у вузлах розгалуження магістралей та перемичок, що дозволяє оперативно перемикати потоки води та підтримувати працездатність мережі навіть при виведенні з ладу окремих її елементів.

Графічне зображення кільцевої розподільчої мережі представлено на кресленні №1 . Від насосної станції другого підйому прокладаємо два окремих водоводи, кожен з яких підключається до окремого вузла міської мережі. Підключення водоводів передбачаємо в вузлах 7 та 8.

2.1.2 Підготовка та гідравлічний розрахунок міської системи розподілення води

Гідравлічний розрахунок кільцевої мережі здійснюється для визначення діаметрів окремих ділянок, фактичних обсягів води, які через них проходять, а також для оцінки втрат напору.

Дотримуємося наступних етапів проведення розрахунку:

- На початковому етапі приймається допущення, що водозабір відбувається рівномірно по всій довжині кожної ділянки, з урахуванням щільності прилеглої забудови. На основі цього встановлюється питома витрата – обсяг води, що припадає на одиницю загальної довжини трубопровідної системи, а також обчислюються шляхові витрати окремо для кожного відрізка мережі.
- Надалі робиться припущення, що споживання здійснюється безпосередньо у вузлових точках. Для кожного вузла обчислюється його витрата як сума половин шляхових витрат суміжних ділянок, до якої додається зосереджена витрата (за умови її наявності).
- Маючи дані про вузлові витрати, виконують орієнтовний розподіл потоків по ділянках – від точок підключення насосної станції другого підйому до місць, де потоки з'єднуються.

Обчислення виконуються для двох розрахункових ситуацій:

- період пікового водопостачання;
- ситуація, коли одночасно з максимальним споживанням виникає потреба гасіння пожежі в найбільш несприятливих точках системи.

Відповідні схематичні зображення для обох сценаріїв наведено на рис. 2.1-2.4. На цих схемах позначено:

- нумерацію кілець мережі, вузлових точок та ділянок між ними;
- значення витрат у вузлах;
- параметри ділянок – їхню протяжність, умовний діаметр, а також орієнтовний розподіл потоків;
- точки приєднання трубопроводів, що йдуть від НС-2, та магістралей водопостачання промислових об'єктів.

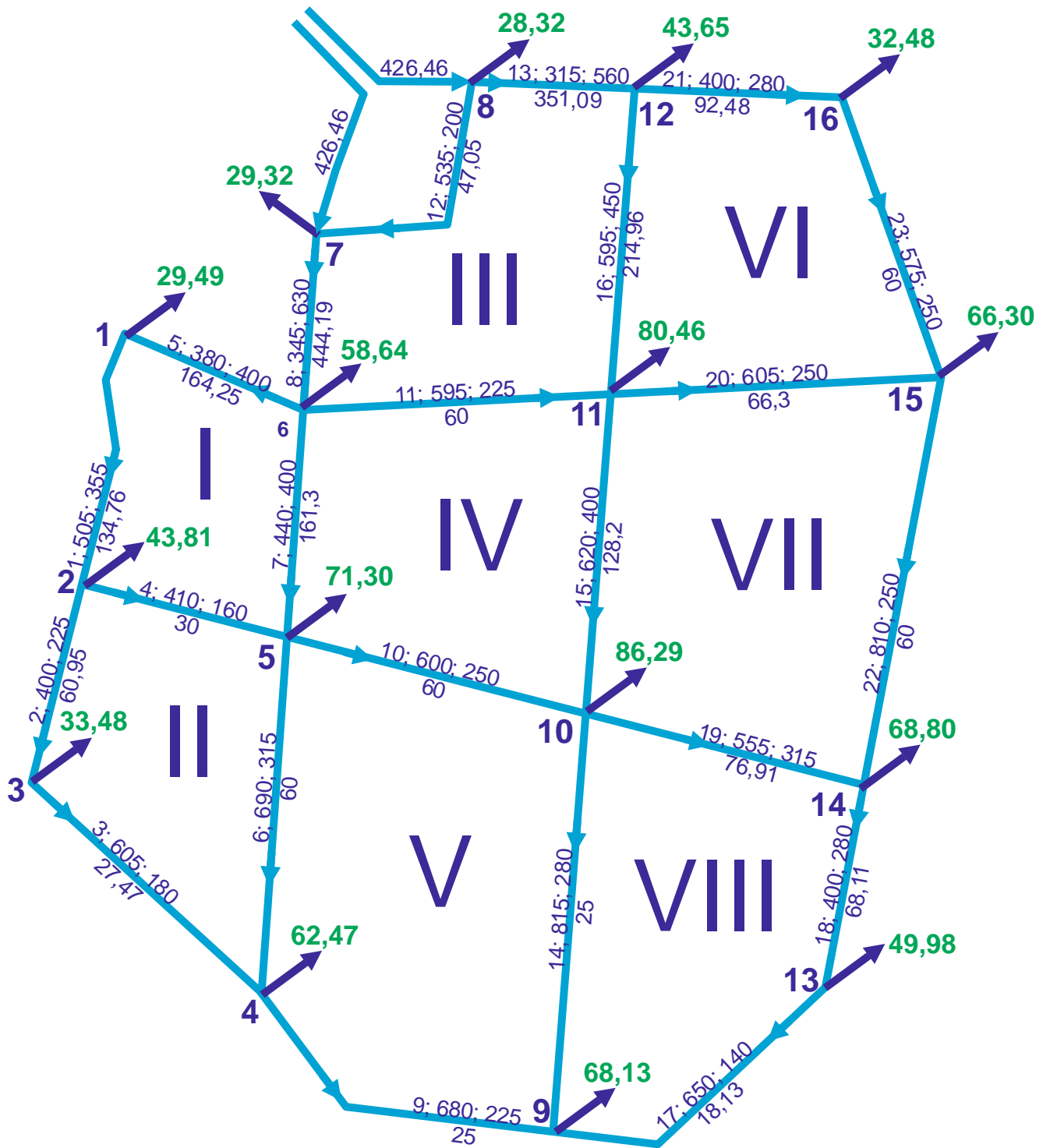


Рисунок 2.1 – Схема попереднього розподілу потоку води на ділянках у годину найбільшого споживання (варіант 1)

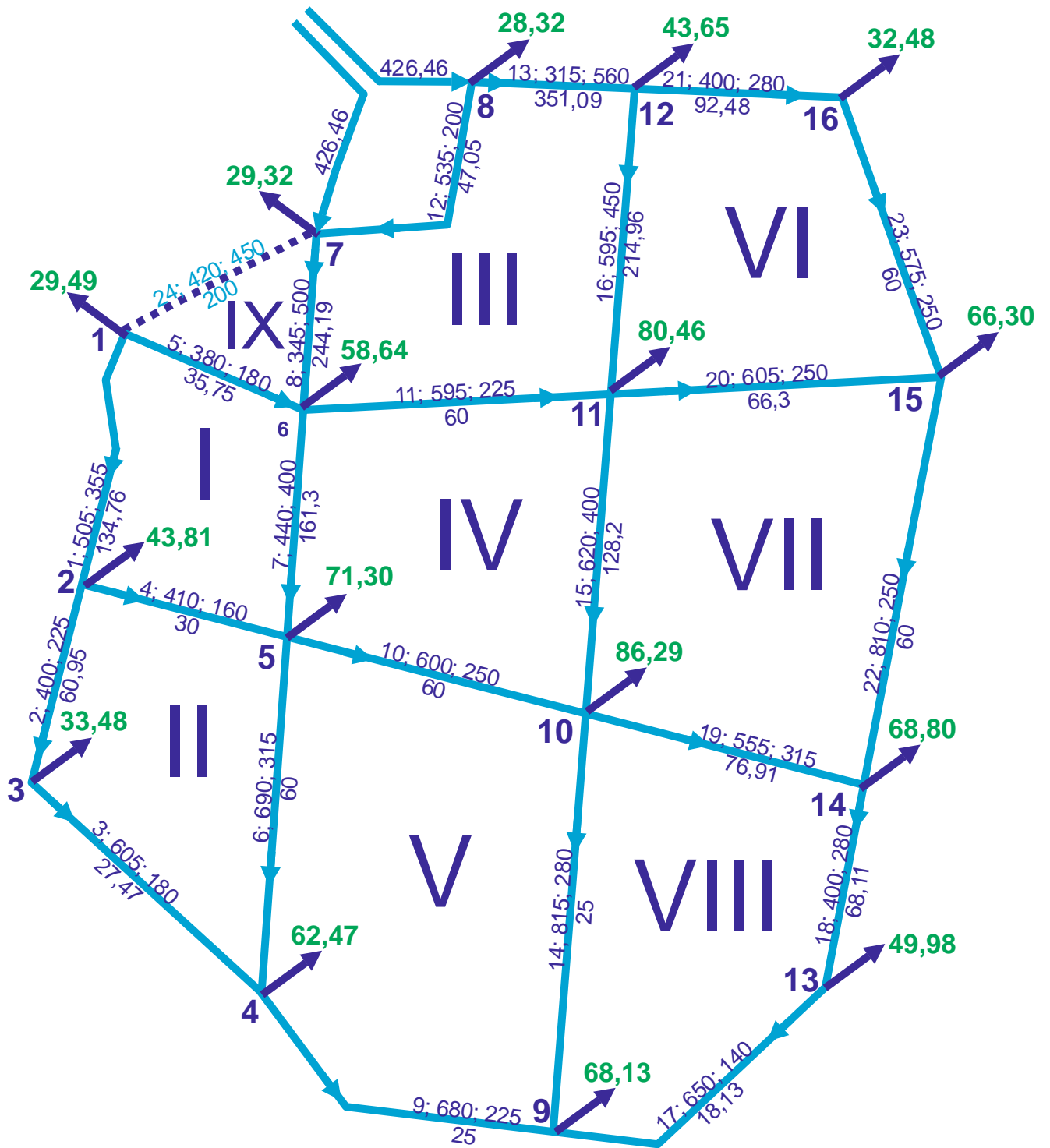


Рисунок 2.2 – Схема (варіант 2) попереднього розподілу потоків в годину пікового споживання

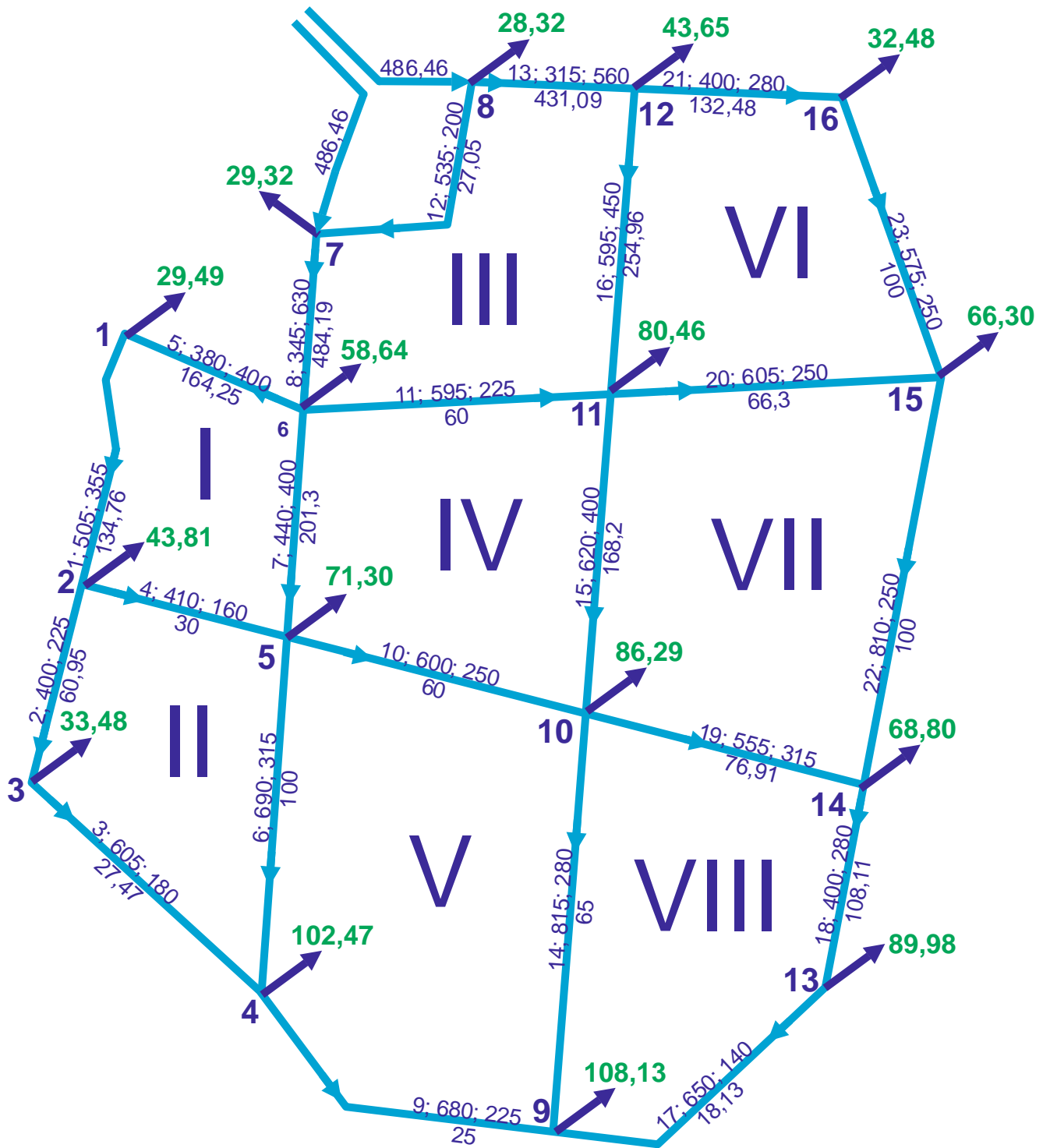


Рисунок 2.3 – Схема (варіант 1) попереднього розподілу потоків включаючи витрати на пожежогасіння в годину пікового споживання

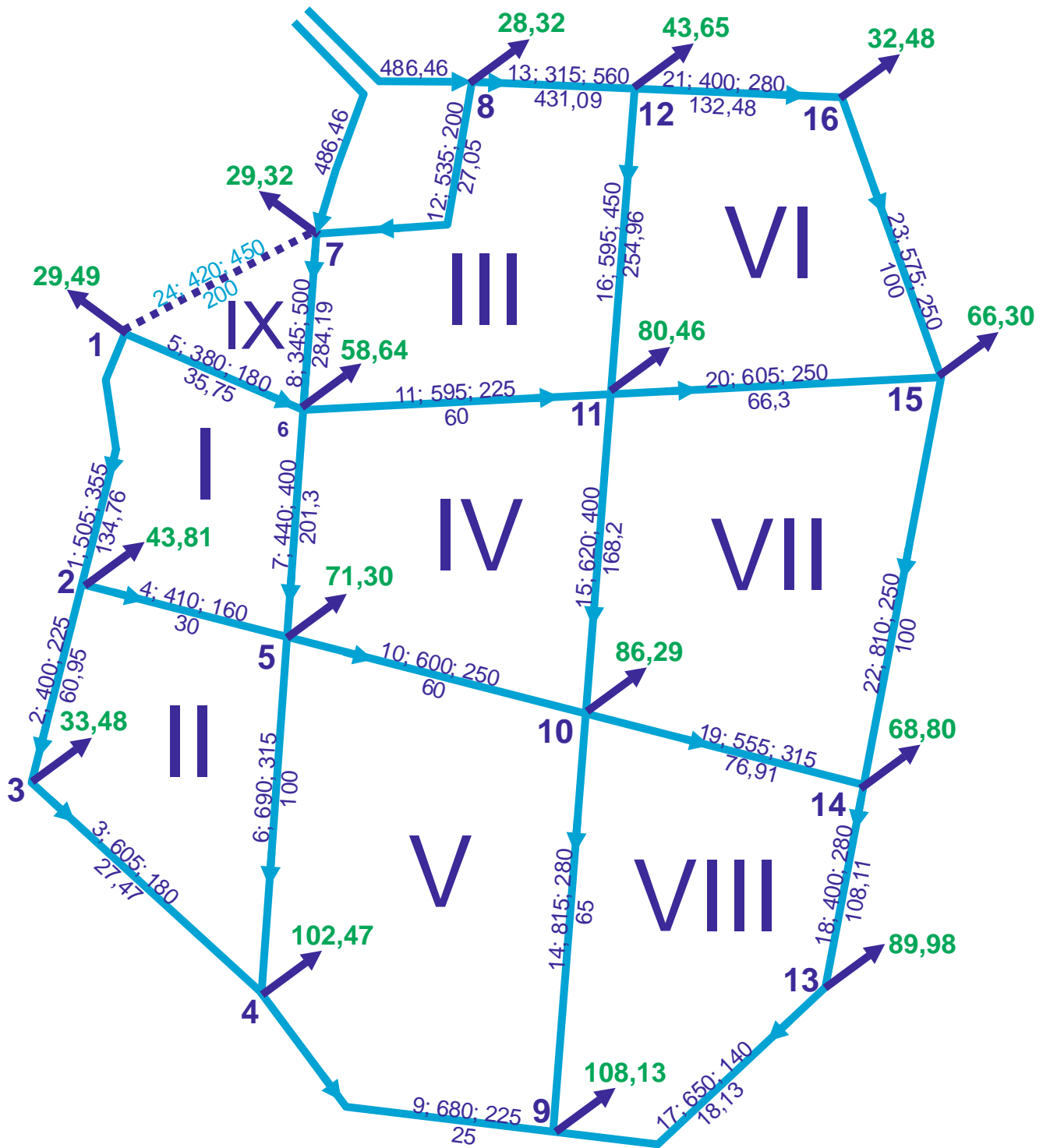


Рисунок 2.4 – – Схема (варіант 2) попереднього розподілу потоків включаючи витрати на пожежогасіння в годину пікового споживання

Відповідно до проведених обчислень, пік навантаження на мережу припадає на проміжок між 8 та 9 годинами ранку (див. табл. 1.2). При цьому загальна витрата води, що поступає в систему, становить 852,9 л/с.

Також в даній роботі було розглянуто два проєктних варіанта:

- 1) мережа складається з 8 кілець та 23 ділянок (рис. 2.1 та рис. 2.3);
- 2) додається ділянка № 24 між вузлами 1 та 7 (рис. 2.2. та рис. 2.4).

Ділянка №24 виконує роль перемички, яка дозволяє перенаправити частину потоку від вузлів 7 та 8, до яких підключено водоводи, до лівої частини мережі більш коротким шляхом. Також наявність перемички №24 дає можливість скоротити витрати на ділянках 8 та 5, відповідно зменшити їх діаметри.

Слід відмітити, що вздовж перемички №24 відбір води не відбувається, тому шляхова витрата на даній ділянці дорівнює нулю.

В процесі виконання даної роботи передбачається оцінити ефективність даного проєктного рішення.

Поетапно виконаємо розрахунки.

Визначаємо питому шляхову витрату за формулою:

$$q_{\text{пит}} = \frac{Q_{\text{р.год}} - \Sigma Q_{\text{зосер.}}}{\Sigma L},$$

де $Q_{\text{р.год}}$ – розрахункова витрата в годину пікового споживання, л/с; $Q_{\text{р.год}} = 852,9$ л/с (табл. 1.2);

$Q_{\text{зосер.}}$ – сума витрат на промислових об'єктах в годину пікового споживання, л/с ;

$\Sigma Q_{\text{зосер.}} = 25$ л/с;

ΣL – довжина усіх ділянок мережі, з урахуванням наявності споживачів, м; $\Sigma L = 12425$ м (креслення 1, Генплан міста).

$$q_{\text{пит}} = \frac{852,9 - 25}{12425} = 0,0666 \text{ (л/с)/м.}$$

Для кожної ділянки мережі обчислюємо шляхові витрати за наступною формулою:

$$Q_{\text{шлях}} = q_{\text{пит}} L_{\text{діл}},$$

де $L_{\text{діл}}$ – довжина (протяжність) ділянки мережі (креслення 1, Генплан міста), м.

В табл. 2.1 приведений розрахунок значень шляхових витрат.

Таблиця 2.1 – Розрахунок шляхових витрат

Номер ділянки	Довжини ділянок з урахуванням наявності споживачів, м	Питома шляхова витрата, (л/с)/м	Шляхова витрата, л/с
1	505	0,0666	33,65
2	400		26,65
3	605		40,31
4	410		27,32
5	380		25,32
6	690		45,98
7	440		29,32
8	345		22,99
9	580		38,65
10	600		39,98
11	595		39,65
12	535		35,65
13	315		20,99
14	815		54,31
15	620		41,31
16	595		39,65
17	650		43,31
18	400		26,65
19	555		36,98
20	605		40,31
21	400		26,65
22	810		53,97
23	575		38,31
	12425		827,9

Розраховуємо вузлові витрати для кожного вузла мережі за формулою

$$Q_{\text{вуз}} = Q_{\text{зосер.}} + 0,5\Sigma Q_{\text{шлях}}$$

де $\Sigma Q_{\text{шлях}}$ – сума шляхових витрат на тих ділянках, які підходять до даного вузла, л/с;

$Q_{\text{зосер.}}$ – зосереджена витрата у вузлі (в нашому випадку витрати на потреби промпідприємств, які розташовані в вузлах 9 та 13), л/с, (креслення 1, Генплан).

Результати розрахунку вузлових витрат показано в табл. 2.2.

Таблиця 2.2 – Розрахунок вузлових витрат мережі

Номер вузла	Номери ділянок, що утворюють вузол				Зосереджена витрата у вузлі, л/с	Вузлова витрата, л/с
1	1	5	0	0	0	29,49
2	1	2	4	0	0	43,81
3	2	3	0	0	0	33,48
4	3	6	9	0	0	62,47
5	4	6	7	10	0	71,30
6	5	7	11	8	0	58,64
7	8	12	0	0	0	29,32
8	12	13	0	0	0	28,32
9	9	14	17	0	0	68,13
10	10	14	15	19	0	86,29
11	11	15	16	20	0	80,46
12	13	16	21	0	0	43,65
13	17	18	0	0	15	49,98
14	18	19	22	0	10	68,80
15	20	22	23	0	0	66,30
16	21	23	0	0	0	32,48
					Сума	852,9

Обов'язково перевіряємо виконання цієї умови:

$$\Sigma Q_{\text{вузл.}} = Q_{\text{р.год.}}$$

Розраховані вузлові витрати наносимо на схему кільцевої мережі (рис. 2.1 та 2.2), позначаючи точки приєднання водоводів — у нашому випадку це вузли 1 та 3.

Попередній розподіл витрат по ділянках виконується з урахуванням першого закону Кірхгофа: сума витрат, що надходять у вузол через ділянки або водоводи, повинна дорівнювати сумі витрат, що з нього виходять (як транзитних, так і вузлових).

Окремо виконуються розрахунки на випадок пожежі, що виникає в годину пікового водоспоживання — це дозволяє оцінити, чи забезпечать необхідну пропускну здатність ділянки мережі. Найгірший сценарій виникає тоді, коли осередки пожеж припадають на найвіддаленіші від точок підключення водоводів вузли або на вузли, розташовані на найвищих позначках — саме там вільний напір буде мінімальним. У даному випадку такими точками прийняті вузли 4, 9, 13.

До вузлових витрат в цих точках додається витрата, що йде на гасіння однієї пожежі – 40 л/с на кожен вузол.

На схемах (рис. 2.3 та 2.4) додаткові протипожежні витрати розподіляються по ділянках з максимальними діаметрами, що з'єднують найкоротшим шляхом точки підключення водоводів із вузлами, де виникають пожежі.

2.1.3 Визначення діаметрів трубопроводів

Для облаштування водоводів від насосної станції другого підйому, а також окремих ділянок мережі водопостачання, заплановано застосування напірних труб із поліетилену.

Поліетиленові труби демонструють низку важливих переваг порівняно з традиційними металевими виробами зі сталі чи чавуну, тому сьогодні їх часто обирають для облаштування систем водопостачання.

Насамперед варто відзначити їхню стійкість до корозії: на відміну від металу, такий матеріал не окислюється і не руйнується під дією вологи та агресивних хімічних середовищ, завдяки чому мережа здатна служити понад 50 років.

Внутрішня поверхня труб дуже гладка, тому потік рідини зустрічає мінімальний опір – це знижує втрати тиску і дозволяє пропускати більший об'єм води при незмінному діаметрі труби.

Окрім того, легкість матеріалу значно спрощує логістику, розвантаження та укладання – окремі секції з'єднуються методом зварювання, що дає герметичні шви без потреби у фланцях чи інших додаткових кріпленнях.

Поліетилену притаманна також гнучкість: він добре переносить незначні рухи ґрунту, раптові стрибки тиску (гідроудари) та перепади температур, не втрачаючи герметичності з'єднань.

Важливо й те, що внутрішні стінки таких труб практично не накопичують відкладень і не заростають мікроорганізмами, а отже якість питної води залишається стабільною протягом усього терміну служби.

І нарешті, з економічної точки зору поліетиленові системи виграють за рахунок меншої вартості самих труб, нижчих витрат на монтаж та обслуговування – це робить їх вигідними як на старті будівництва, так і впродовж усього циклу експлуатації.

Визначення діаметрів окремих ділянок кільцевої водопровідної мережі та водоводів, що підводять воду від насосної станції 2-го підйому, здійснюється на основі попередньо розподілених витрат, характерних для години пікового водоспоживання, а також з урахуванням раціонального інтервалу швидкостей руху рідини. Зазначений інтервал встановлюється відповідно до техніко-економічного обґрунтування [6, п. 12.44]. У межах даного проєкту прийнято значення 0,7–1,5 м/с як базовий діапазон, проте за потреби на окремих ділянках допускається його розширення до 0,5–2,0 м/с.

Отримані результати розрахунків, зокрема діаметри для кожної з ділянок мережі, наведено на відповідних розрахункових схемах (рис. 2.1-2.4).

2.1.4 Ув'язування кільцевої мережі водопостачання

Гідравлічне ув'язування кільцевої водопровідної мережі полягає в коригуванні початкового розподілу потоків таким чином, щоб досягти двох умов одночасно. По-перше, у кожному вузлі мережі має зберігатися нульовий баланс витрат води. По-друге, для будь-якого замкнутого контуру повинна виконуватися рівність втрат напору: сума втрат на ділянках, де вода рухається за годинниковою стрілкою, повинна співпадати із сумою втрат на ділянках із протилежним напрямком течії.

Для розрахунків прийнято допустиму похибку ув'язування на рівні 0,01 м.

Для можливості проведення указаних розрахунків на кафедрі ВВіОВ ХНУМГ імені О.М. Бекетова було розроблено спеціальну комп'ютерну програму.

Розрахунки виконували для випадків та проєктних варіантів, відображених на рис 2.1-2.4. Їх результати представлені, відповідно в табл. 2.3-2.6.

Таблиця 2.3 – Результати ув'язування (варіант 1) кільцевої мережі водопостачання в пікову годину споживання

№ ділянки	Витрата (л/с)	Вт. напору h (м) ≥ 0	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)	D зовн. (мм)	σ стінки (мм)	D вн. розрах. (мм)	Довжина (м)
1	91,38	2,18	→ прямий	1,1891	4,320	355	21,1	312,8	505
2	41,68	4,27	→ прямий	1,3510	10,669	225	13,4	198,2	400
3	8,20	0,95	→ прямий	0,4153	1,567	180	10,7	158,6	605
4	5,89	0,63	→ прямий	0,3770	1,546	160	9,5	141	410
5	120,87	1,49	→ прямий	1,2378	3,919	400	23,7	352,6	380
6	82,39	4,58	→ прямий	1,3612	6,640	315	18,7	277,6	690
7	195,62	4,30	→ прямий	2,0033	9,782	400	23,7	352,6	440
8	410,66	1,27	→ прямий	1,6963	3,692	630	37,4	555,2	345
9	28,12	3,43	→ прямий	0,9114	5,050	225	13,4	198,2	680
10	47,82	4,76	→ прямий	1,2534	7,932	250	14,8	220,4	600
11	35,53	4,69	→ прямий	1,1515	7,876	225	13,4	198,2	595
12	13,52	1,25	→ прямий	0,5543	2,329	200	11,9	176,2	535
13	384,62	1,90	→ прямий	2,0100	6,044	560	33,2	493,6	315
14	45,56	3,26	→ прямий	0,9525	3,995	280	16,6	246,8	815
15	164,76	4,38	→ прямий	1,6873	7,060	400	23,7	352,6	620
16	257,71	5,30	→ прямий	2,0861	8,908	450	26,7	396,6	595
17	-5,55	1,81	← реверс	0,4644	2,788	140	8,3	123,4	650
18	44,43	1,52	→ прямий	0,9287	3,808	280	16,6	246,8	400
19	80,72	3,55	→ прямий	1,3338	6,388	315	18,7	277,6	555
20	48,02	4,84	→ прямий	1,2587	7,995	250	14,8	220,4	605
21	83,26	5,02	→ прямий	1,7405	12,561	280	16,6	246,8	400
22	32,50	3,08	→ прямий	0,8519	3,809	250	14,8	220,4	810
23	50,78	5,11	→ прямий	1,3311	8,892	250	14,8	220,4	575

Таблиця 2.4 – Результати ув'язування (варіант 2) кільцевої мережі водопостачання в пікову годину споживання

№ ділянки	Витрата (л/с)	Вт. напору h (м) ≥ 0	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)	D зовн. (мм)	σ стінки (мм)	D вн. розрах. (мм)	Довжина (м)
1	105,67	2,87	→ прямий	1,3750	5,693	355	21,1	312,8	505
2	47,07	5,38	→ прямий	1,5257	13,443	225	13,4	198,2	400
3	13,59	2,47	→ прямий	0,6881	4,090	180	10,7	158,6	605
4	14,78	3,65	→ прямий	0,9467	8,895	160	9,5	141	410
5	18,09	2,67	→ прямий	0,9155	7,037	180	10,7	158,6	380
6	78,75	4,20	→ прямий	1,3011	6,094	315	18,7	277,6	690
7	184,31	3,84	→ прямий	1,8876	8,736	400	23,7	352,6	440
8	166,48	0,77	→ прямий	1,0919	2,235	500	29,7	440,6	345
9	29,87	3,85	→ прямий	0,9682	5,664	225	13,4	198,2	680
10	49,05	4,99	→ прямий	1,2856	8,324	250	14,8	220,4	600

№ ділянки	Витрата (л/с)	Вт. напору h (м) ≥ 0	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)	D зовн. (мм)	σ стінки (мм)	D вн. розрах. (мм)	Довжина (м)
11	35,13	4,59	→ прямий	1,1386	7,708	225	13,4	198,2	595
12	16,10	1,74	→ прямий	0,6602	3,246	200	11,9	176,2	535
13	382,04	1,88	→ прямий	1,9965	5,967	560	33,2	493,6	315
14	44,11	3,06	→ прямий	0,9221	3,757	280	16,6	246,8	815
15	162,26	4,25	→ прямий	1,6617	6,858	400	23,7	352,6	620
16	255,49	5,21	→ прямий	2,0681	8,763	450	26,7	396,6	595
17	-5,85	2,00	← реверс	0,4894	3,080	140	8,3	123,4	650
18	44,13	1,50	→ прямий	0,9224	3,759	280	16,6	246,8	400
19	80,91	3,56	→ прямий	1,3368	6,415	315	18,7	277,6	555
20	47,90	4,81	→ прямий	1,2554	7,956	250	14,8	220,4	605
21	82,90	4,98	→ прямий	1,7330	12,458	280	16,6	246,8	400
22	32,02	3,00	→ прямий	0,8393	3,702	250	14,8	220,4	810
23	50,42	5,04	→ прямий	1,3216	8,772	250	14,8	220,4	575
24	246,76	3,45	→ прямий	1,9974	8,203	450	26,7	396,6	420

Таблиця 2.5 – Результати ув'язування (варіант 1) кільцевої мережі водопостачання при пожежогасінні

№ ділянки	Витрата (л/с)	Вт. напору h (м) ≥ 0	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)	D зовн. (мм)	σ стінки (мм)	D вн. розрах. (мм)	Довжина (м)
1	105,73	2,88	→ прямий	1,3758	5,699	355	21,1	312,8	505
2	52,28	6,56	→ прямий	1,6944	16,405	225	13,4	198,2	400
3	18,80	4,58	→ прямий	0,9515	7,571	180	10,7	158,6	605
4	9,64	1,62	→ прямий	0,6175	3,949	160	9,5	141	410
5	135,22	1,84	→ прямий	1,3848	4,850	400	23,7	352,6	380
6	121,09	9,52	→ прямий	2,0007	13,803	315	18,7	277,6	690
7	239,87	6,34	→ прямий	2,4565	14,412	400	23,7	352,6	440
8	474,42	1,68	→ прямий	1,9596	4,857	630	37,4	555,2	345
9	37,42	5,91	→ прямий	1,2128	8,691	225	13,4	198,2	680
10	57,12	6,67	→ прямий	1,4972	11,118	250	14,8	220,4	600
11	40,69	6,06	→ прямий	1,3189	10,192	225	13,4	198,2	595
12	17,28	1,99	→ прямий	0,7087	3,714	200	11,9	176,2	535
13	440,86	2,47	→ прямий	2,3039	7,833	560	33,2	493,6	315
14	76,72	8,76	→ прямий	1,6037	10,752	280	16,6	246,8	815
15	210,12	6,95	→ прямий	2,1519	11,206	400	23,7	352,6	620
16	304,14	7,26	→ прямий	2,4619	12,203	450	26,7	396,6	595
17	-6,01	2,10	← реверс	0,5024	3,237	140	8,3	123,4	650
18	83,97	5,11	→ прямий	1,7553	12,765	280	16,6	246,8	400
19	104,23	5,76	→ прямий	1,7221	10,381	315	18,7	277,6	555
20	54,25	6,10	→ прямий	1,4219	10,081	250	14,8	220,4	605
21	93,07	6,21	→ прямий	1,9455	15,522	280	16,6	246,8	400
22	48,54	6,61	→ прямий	1,2723	8,161	250	14,8	220,4	810
23	60,59	7,15	→ прямий	1,5882	12,437	250	14,8	220,4	575

Таблиця 2.6 – Результати ув'язування (варіант 2) кільцевої мережі водопостачання при пожежогасінні

№ ділянки	Витрата (л/с)	Вт. напору h (м) ≥ 0	Напрямок потоку	Швидкість (м/с)	1000·i (‰)	D зовн. (мм)	σ стінки (мм)	D вн. розрах. (мм)	Довжина (м)
1	109,70	3,09	→ прямий	1,4275	6,113	355	21,1	312,8	505
2	53,48	6,85	→ прямий	1,7333	17,129	225	13,4	198,2	400
3	20,00	5,15	→ прямий	1,0122	8,516	180	10,7	158,6	605
4	12,41	2,62	→ прямий	0,7950	6,382	160	9,5	141	410
5	7,09	0,45	→ прямий	0,3590	1,188	180	10,7	158,6	380
6	120,18	9,39	→ прямий	1,9856	13,605	315	18,7	277,6	690
7	236,17	6,16	→ прямий	2,4186	13,992	400	23,7	352,6	440
8	270,48	1,94	→ прямий	1,7740	5,621	500	29,7	440,6	345
9	37,70	6,00	→ прямий	1,2220	8,817	225	13,4	198,2	680
10	57,11	6,67	→ прямий	1,4969	11,114	250	14,8	220,4	600
11	40,08	5,89	→ прямий	1,2991	9,904	225	13,4	198,2	595
12	16,94	1,91	→ прямий	0,6948	3,577	200	11,9	176,2	535
13	441,20	2,47	→ прямий	2,3056	7,845	560	33,2	493,6	315
14	76,49	8,71	→ прямий	1,5990	10,692	280	16,6	246,8	815
15	209,88	6,93	→ прямий	2,1494	11,182	400	23,7	352,6	620
16	304,46	7,28	→ прямий	2,4646	12,228	450	26,7	396,6	595
17	-6,07	2,14	← реверс	0,5073	3,298	140	8,3	123,4	650
18	83,91	5,10	→ прямий	1,7541	12,749	280	16,6	246,8	400
19	104,20	5,76	→ прямий	1,7217	10,376	315	18,7	277,6	555
20	54,20	6,09	→ прямий	1,4207	10,064	250	14,8	220,4	605
21	93,09	6,21	→ прямий	1,9458	15,526	280	16,6	246,8	400
22	48,51	6,60	→ прямий	1,2715	8,151	250	14,8	220,4	810
23	60,61	7,15	→ прямий	1,5885	12,443	250	14,8	220,4	575
24	203,60	2,39	→ прямий	1,6481	5,693	450	26,7	396,6	420

2.1.5 Споруди, що влаштовуються на водопровідній мережі

Проектні рішення передбачають розташування на трасі міської водопровідної мережі низки інженерних споруд і технологічного обладнання, які забезпечують надійну та безперебійну роботу всієї системи.

Насамперед йдеться про оглядові колодязі – конструктивні елементи, що дають змогу здійснювати доступ до арматури, проводити її обслуговування, ремонт та контроль технічного стану трубопроводу. Усередині цих колодязів монтується кілька видів арматури, кожна з яких виконує власну функцію.

Запірно-регулююча арматура представлена поворотними дисковими затворами. Саме цей тип обладнання обрано для перекриття та регулювання потоку води замість традиційних засувок. Перевага дискових затворів полягає в їхніх компактніших габаритних розмірах і меншій масі, що спрощує монтаж, знижує навантаження на конструкції колодязів і зменшує загальну вартість облаштування вузлів мережі.

Захисна арматура – це вантузи. Вони призначені для випуску повітря, яке накопичується у трубопроводі та може порушувати гідравлічний режим роботи мережі. Місця їх встановлення визначено не випадково: вантузи монтуються у вузлових точках та на ділянках з максимальними геодезичними позначками трубопроводу, оскільки саме там повітряні скупчення утворюються найінтенсивніше через особливості рельєфу.

Водорозбірна арматура представлена пожежними гідрантами, які забезпечують можливість швидкого підключення пожежної техніки та подачі води у разі виникнення надзвичайних ситуацій, пов'язаних із загорянням.

Окрім арматурного обладнання, проєкт включає влаштування бетонних упорів. Ці конструкції встановлюються у місцях поворотів трасування та у точках розгалуження трубопровідної мережі. Їхнє основне призначення – сприймати та гасити динамічні навантаження, що виникають внаслідок зміни напрямку руху водного потоку. Без таких упорів існує ризик зсуву труб, розгерметизації стиків та аварійних протікань.

Ще одним важливим елементом мережі є компенсатори. Їхня роль полягає у поглинанні деформацій, спричинених температурними коливаннями, які призводять до подовження або скорочення трубопроводу у повздовжньому напрямку. Застосування компенсаторів дозволяє уникнути виникнення надмірних механічних напружень у матеріалі труб та з'єднаннях, що суттєво підвищує довговічність експлуатації системи.

Особливо це актуально для поліетиленових труб, які найбільш схильні до температурних деформацій. Серед особливостей поліетилену, що відрізняють його від традиційних матеріалів трубопровідних мереж – сталі та чавуну, –

виділяється підвищена чутливість до зміни температурного режиму. Коефіцієнт лінійного теплового розширення цього полімеру значно перевищує аналогічний показник металів, тому навіть незначні сезонні чи добові коливання температури повітря або транспортованого середовища спричиняють відчутну зміну геометричних параметрів трубопроводу. Збільшення температури викликає подовження ділянки, а її зниження – навпаки, скорочення; величина цих змін залежить від протяжності трубопроводу та різниці температур, за яких він експлуатується.

Найбільш чутливими до подібних коливань є ділянки мережі, прокладені відкритим способом або на незначній глибині, де відсутній стабілізуючий вплив ґрунту. У холодний період року стиснення матеріалу провокує появу розтягувальних зусиль у вузлах кріплення та з'єднувальних елементах. Натомість у теплу пору, коли труба розширюється, трасування може втрачати прямолінійність — виникає так зване «хвилеутворення», а фасонні частини й арматура отримують додаткове механічне навантаження.

Відсутність належної компенсації подібних деформацій загрожує низкою негативних наслідків для системи водопостачання. По-перше, страждає герметичність стиків: надлишкові напруження здатні порушувати щільність з'єднань, особливо у точках контакту з жорсткими елементами — фітінгами, запірною арматурою чи колодязними конструкціями. По-друге, багаторазове повторення циклів розширення-стиснення поступово викликає втомне зношування матеріалу в місцях концентрації напружень, що з часом провокує формування мікротріщин і подальші витіки.

Особливої уваги потребують точки врізок та вузли підключення до стаціонарних споруд. За умови, якщо трубопровід не має можливості вільно змінювати свою довжину при температурних коливаннях, усе деформаційне навантаження концентрується саме в цих місцях, суттєво підвищуючи ризик виходу з ладу.

Серед практичних заходів, що дозволяють мінімізувати негативний вплив, є обґрунтований вибір глибини прокладання, який забезпечує рівномірний

температурний режим протягом року та зменшує вплив зовнішніх температурних перепадів на роботу системи.

Таким чином, комплексне поєднання перелічених споруд та обладнання – оглядових колодязів з відповідною арматурою, бетонних упорів, компенсаторів – створює технічно обґрунтовану та економічно доцільну конфігурацію водопровідної мережі, здатну забезпечити стабільне водопостачання споживачів за різних режимів роботи системи.

2.2 Розрахунок майданчику I-го підйому

2.2.1 Вибір типу водозабору та режиму його роботи

Ділянку для зведення гідротехнічних споруд водозабору з поверхневого джерела підбираємо з урахуванням стійкості берегової лінії та сприятливих топографічних характеристик місцевості. Конструкцію розміщуємо за течією, обов'язково вище точки скидання господарсько-побутових стоків міста, водночас зберігаючи близькість до населеного пункту з протилежного боку [8].

Зважаючи на пологий характер рельєфу як берегової зони, так і самого русла в обраному місці, проектним рішенням обираємо споруду руслового типу. Задля підвищення експлуатаційної надійності оголовок та сам водоприймач поділяємо на дві самостійні секції [6, п.9.2.5]. У свою чергу, кожна з них містить два послідовно з'єднаних відділення – приймальне та всмоктувальне, через які проходить вода.

В джерелі в районі місця розташування водозабору в товщі води та на прилеглих конструкціях гідротехнічних споруд спостерігається інтенсивний розвиток планктонних водоростей. Одночасно фіксується значне біологічне обростання твердих поверхонь – баянусами, дрейсеною, мідіями та іншими двостулковими молюсками, а також моховатками й губками. Масштаби цього явища настільки значні, що створюють суттєві перешкоди для нормального

функціонування гідротехнічних споруд водозабору. Указані фактори свідчать, що умови забору води є середніми [6, п.9.2.3].

Слід відмітити, що система водопостачання (отже водозабірні споруди та насосна станція як її складові також) відноситься до I категорії надійності. Таке рішення прийняте на основі того, що населення міста для якого ця система проєктується, складає 150 тис. мешканців, що більше значення (50 тис. меш.), указанного в [6, п.8.4].

Приймаємо технічне рішення щодо сумісного розміщення водозабірної споруди та насосної станції 1-го підйому. Таке рішення обумовлено комплексом наступних інженерних, економічних та експлуатаційних міркувань:

- 1) З інженерної точки зору, суміщена схема дозволяє скоротити довжину всмоктувальних трубопроводів до мінімуму, що суттєво знижує гідравлічні втрати та ризик виникнення кавітаційних явищ у робочих колесах насосів. Безпосереднє сполучення приймальної камери з насосним відділенням забезпечує стабільний підпір на вході в насоси та спрощує регулювання режимів водозабору залежно від коливань рівня води у джерелі.
- 2) З економічної точки зору, об'єднання двох споруд в одному будинку дозволяє суттєво скоротити витрати на будівництво – виключається необхідність зведення окремих фундаментів, огорожувальних конструкцій, покриттів та інженерних мереж (опалення, вентиляція, електропостачання). Крім того, зменшуються витрати на облаштування під'їзних шляхів, огороження та благоустрій прилеглої території.
- 3) З точки зору надійності та зручності експлуатації, суміщена компоновка забезпечує можливість цілодобового обслуговування всього водозабірною вузла силами чергового персоналу без переміщення між окремими об'єктами. Це особливо важливо в умовах паводків, льодоходу та інших несприятливих гідрологічних ситуацій, коли оперативне втручання обслуговуючого персоналу є критично необхідним.

Суміщена схема є доцільною за умови, що відмітка осі насосів забезпечує допустиму вакуумметричну висоту всмоктування, а конструктивне рішення

будинку дозволяє забезпечити достатній захист насосного обладнання від затоплення при максимальних рівнях води у джерелі. Зазначені вимоги треба врахувати при виборі відміток підлоги машинного залу та конструкції вхідних отворів водоприймача.

Таким чином, суміщене влаштування водозабірної споруди та насосної станції 1-го підйому є технічно обґрунтованим та економічно доцільним рішенням, що забезпечує надійну та ефективну роботу системи водопостачання.

Експлуатацію майданчика першого підйому організуємо за рівномірним добовим графіком. Якщо протипожежний резерв води витрачається, його поповнення відбувається завдяки тимчасовому зменшенню обсягів подачі на інші водоспоживчі потреби.

2.2.2 Визначення розрахункової продуктивності водозабірної споруди

Продуктивність водозабірних споруд обчислюється з урахуванням внутрішніх витрат самої станції водопідготовки на власне технологічне забезпечення:

$$Q_p = \alpha \cdot Q_{\text{корис}},$$

де α – коефіцієнт, що враховує додаткові обсяги води, необхідні станції для забезпечення власних технологічних процесів. Оскільки промивні стоки, що утворюються під час регенерації фільтрувальних установок, планується повертати у виробничий цикл повторно, значення цього коефіцієнта приймається на рівні $\alpha = 1,03$;

$Q_{\text{корис}}$ – витрата води, що відповідає обсягу водопостачання, потрібному місту протягом доби в час з найвищим значенням споживання води населенням

$$Q_{\text{корис}} = 53000 \text{ м}^3/\text{доб.}$$

$$Q_p = 53000 \cdot 1,03 = 54590 \text{ м}^3/\text{доб} = 2275 \text{ м}^3/\text{год} = 632 \text{ л/с.}$$

Для подальших розрахунків визначимо, що значення витрати, що відповідає 70% від розрахункової, буде дорівнювати – $1593 \text{ м}^3/\text{год} = 442 \text{ л/с}$, а значення

витрати, що відповідає 50% від розрахункової, буде дорівнювати – $1138 \text{ м}^3/\text{год} = 316 \text{ л/с}$.

2.2.3 Підбір решіток та сіток

Розраховуємо необхідну площу двох типів водоприймальних отворів (вікон):

- 1) крізь які вода потрапляє через решітки в оголовок;
- 2) в яких встановлені сміттєзатримуючі сітки.

Розрахунок для двох типів вікон виконуємо за однією формулою:

$$\Omega = 1,25 \cdot \frac{Q_p}{v_B} \cdot K_{ст},$$

де v_B – швидкість води, яку в вікнах для решіток приймемо рівною $v_B = 0,3 \text{ м/с}$ [6, п. 9.2.14], а вікнах для сіток – $v_B = 0,6 \text{ м/с}$;

Q_p – розрахункова пропускна здатність однієї секції споруди, що приймається рівною значенню 50% від сумарної продуктивності [6, п. 9.2.13], тобто $Q_p = 316 \text{ л/с} = 0,316 \text{ м}^3/\text{с}$;

$K_{ст}$ – коефіцієнт, який враховує зменшення живого перерізу внаслідок наявності стрижнів (для решіток) чи дроту (для сіток).

Для решіток цей параметр обчислюємо за такою залежністю

$$K_{ст} = \frac{a_{ст} + c_{ст}}{a_{ст}},$$

де $a_{ст}$ – відстань між краями сусідніх стрижнів решітки, приймаємо $a_{ст} = 5 \text{ см}$ [9];

$c_{ст}$ – діаметр (товщина) самих стрижнів конструкції, приймаємо $c_{ст} = 1 \text{ см}$ [9].

$$K_{ст} = \frac{5 + 1}{1} = 1,2.$$

Для сіток $K_{ст}$ обчислюється інакше (враховується наявність не тільки вертикального, але і горизонтального дроту):

$$K_{ст} = \left(\frac{a_{ст} + c_{ст}}{a_{ст}} \right)^2,$$

де $a_{ст}$ – розмір комірки сітчастого полотна, приймаємо $a_{ст} = 2 \text{ мм}$;

$c_{ст}$ – діаметр дроту, з якого виготовлена сітчасте полотно, приймаємо $c_{ст} = 1$ мм.

$$K_{ст} = \left(\frac{2 + 1}{25} \right)^2 = 2,25.$$

Виконуємо обчислення площі решіток, встановлених на оголовку:

$$\Omega = 1,25 \cdot \frac{0,316}{0,3} \cdot 1,2 = 1,58 \text{ м}^2.$$

За результатами розрахунку для кожної секції оголовку обираємо решітки з такими розмірами 1250x1500 мм та масою 135 кг [9].

Далі обчислюємо необхідну площу сіток:

$$\Omega = 1,25 \cdot \frac{0,316}{0,6} \cdot 2,25 = 1,48 \text{ м}^2.$$

Враховуючи, що гідрологічні умови джерела водопостачання можна охарактеризувати як середні, доцільним рішенням стає монтаж обертових сіток із зовнішнім способом подачі рідини. Для цієї мети обираємо обладнання марки ТН-1500 з наступними характеристиками:

- продуктивність (пропускна здатність) – 1,5-3 м³/с;
- ширина сітчастого полотна – 1500 мм;
- розмір комірок сітчастого полотна – 2x2мм ;
- радіус робочого елемента – 730 мм ;
- відстань від вісі нижньої зірочки механізму до дна водоприймача – 1000 мм;
- відстань від вісі верхньої зірочки до підлоги службового павільйону – 1100 мм;
- загальна висота обертового сітчастого механізму над рівнем підлоги службового павільйону – 2695 мм.

Для забезпечення необхідної площі контакту сітки з водою її треба занурити на глибину

$$H_c = \frac{\Omega}{B_c} = \frac{1,48}{1,5} = 1,0 \text{ м.}$$

2.2.4 Розрахунок самопливних ліній

Розрахунок трубопроводів самопливних ліній проводиться для двох розрахункових випадків – нормального функціонування та аварійної ситуації. Виготовлення самопливних ліній приймаємо з сталевих труб [6, п. 9.2.23]. Підбір діаметрів здійснюється на основі допустимих швидкостей потоку, наведених у [6, п. 9.2.23].

1) параметри за нормальних умов:

$$Q=316 \text{ л/с}; \quad d=600 \text{ мм}; \quad v=1,06 \text{ м/с}; \quad 1000i=2,30.$$

Величину сумарних втрат напору (по довжині та на місцеві опори) визначають за такою формулою:

$$\Delta h_{\text{с.л.}} = 1000i \cdot l_c + \sum \xi \frac{v^2}{2 \cdot g};$$

де l_c – довжина самопливного трубопроводу, $l_c = 40 \text{ м}$.

$\sum \xi$ – сумарний коефіцієнт місцевих гідравлічних опорів, який включає: звуження на вході в оголовок, вхідну ділянку труби, трійник, засувку та вихід потоку з трубопроводу:

$$\sum \xi = \xi_{\text{звуж}} + \xi_{\text{вихід}} + \xi_{\text{тр}} + \xi_{\text{зас}} + \xi_{\text{вих}} = 0,5 + 0,25 + 0,1 + 0,2 + 1 = 2,05.$$

$$\Delta h_{\text{с.л.}} = 2,30 \cdot 0,04 + 2,05 \cdot \frac{1,06^2}{2 \cdot 9,81} = 0,21 \text{ м};$$

2). параметри за аварійних умов (лінії, що залишилися в роботі повинні пропустити 100% витрати:

$$Q = 632 \text{ л/с}; \quad d=600 \text{ мм}; \quad v=2,11 \text{ м/с}; \quad 1000i=8,98.$$

У разі виникнення аварійної ситуації втрати напору зазнають збільшення:

$$\Delta h_{\text{с.л.}} = 8,98 \cdot 0,04 + 2,05 \frac{2,11^2}{2 \cdot 9,81} = 0,82 \text{ м}.$$

Значення втрат напору при аварійній ситуації є розрахунковою величиною [6, п. 9.2.23].

2.2.5 Встановлення розрахункових рівнів води у водоприймальній споруді

Розрахунковий рівень води у приймальному відділенні визначається з урахуванням втрат напору на решітках та у самопливних лініях:

$$z_{p.pr} = z_{ГНВ} - h_r - h_{c.l.},$$

де $z_{ГНВ}$ – позначка мінімально можливого горизонту у річці, $z_{ГНВ} = 70$ м;

h_r – втрати напору при проходженні води крізь решітки, приймаємо 0,1 м;

$h_{c.l.}$ – розрахункові втрати напору в самопливних трубопроводах, $h_{c.l.} = 0,82$ м.

$$z_{p.pr} = 70 - 0,10 - 0,82 = 69,08 \text{ м}$$

Для всмоктувального відділення розрахунковий рівень встановлюється з урахуванням додаткового опору, що виникає на обертових сітках:

$$z_{p.вс} = z_{p.pr} - h_{c.т},$$

де $h_{c.т}$ – втрати напору при проходженні води крізь обертові сітки, приймаємо $h_{c.т} = 0,3$ м.

$$z_{p.вс} = 69,08 - 0,3 = 68,78 \text{ м.}$$

2.2.6 Визначення розрахункового напору насосної станції, підбір насосів

Значення необхідного напору насосів першого підйому формується з кількох складових [10-12]:

$$H_{н.с.} = H_r + h_{вс} + h_n + h_{c.т} + h_b,$$

де H_r – геометрична висота підйому води, що подається на очисні споруди, визначається з урахуванням відмітки рівня у вертикальному змішувачі $z_{o.c.} = 95,00$ м:

$$H_r = z_{o.c.} - z_{p.вс},$$

$$H_r = 100,00 - 68,8 = 31,2 \text{ м.}$$

$h_{вс}$ – втрати напору в всмоктувальних лініях, приймаємо $h_{c.т} = 0,5$ м;

$h_{c.т}$ – втрати напору у внутрішніх комунікаціях насосної станції I-го підйому, приймаємо $h_{c.т} = 4,0$ м;

h_b – вільний напір для забезпечення виливу у змішувач, приймаємо $h_b = 1,0$ м;

h_H – втрати напору у водоводах, якими вода транспортується до очисних споруд; обчислюються, враховуючи за довжиною напірних ліній $l_H = 1,2$ км із коефіцієнтом 1,1 для врахування місцевих опорів

$$h_H = 1,1 \cdot 1000i \cdot l_H.$$

Водоводи проектуємо дволінійними: кожна нитка розрахована на пропуск половини загальної витрати (361 л/с); матеріал трубопроводів – поліетилен.

$$d = 630 \text{ мм}; \quad v = 1,49 \text{ м/с}; \quad 1000i = 2,85.$$

$$h_H = 1,1 \cdot 2,85 \cdot 1,2 = 3,76 \text{ м}.$$

Встановимо сумарний необхідний напір насосних агрегатів першого підйому відповідно до наведених вище складових

$$H_{H.c.} = 31,2 + 0,5 + 4,0 + 1,0 + 3,76 = 40,5 \text{ м}.$$

Оскільки насосна станція належить до I категорії надійності необхідно передбачити встановлення мінімум двох робочих та двох резервних насосних агрегатів [6, п. 11.2].

Приймаємо відцентрові насоси марки Д 1250-63. Приведемо перелік їх характеристик [13] та графіки залежностей основних параметрів від подачі (рис. 2.5):

- діаметр робочого колеса насоса $D_{pk} = 390$ мм;
- робочий напір насоса $H = 42$ м;
- потужність насоса на валу $N = 160$ кВт;
- ККД насоса $\eta = 83$ %;
- кавітаційний запас $\Delta h_{доп} = 5,5$ м;
- частота обертання робочого колеса насоса при частоті струму 50 Гц
 $n = 1450$ об/хв;
- діаметр всмоктувального патрубку насоса $D_{вс.п} = 350$ мм;
- діаметр напірного патрубку насоса $D_{нап.п} = 250$ мм.

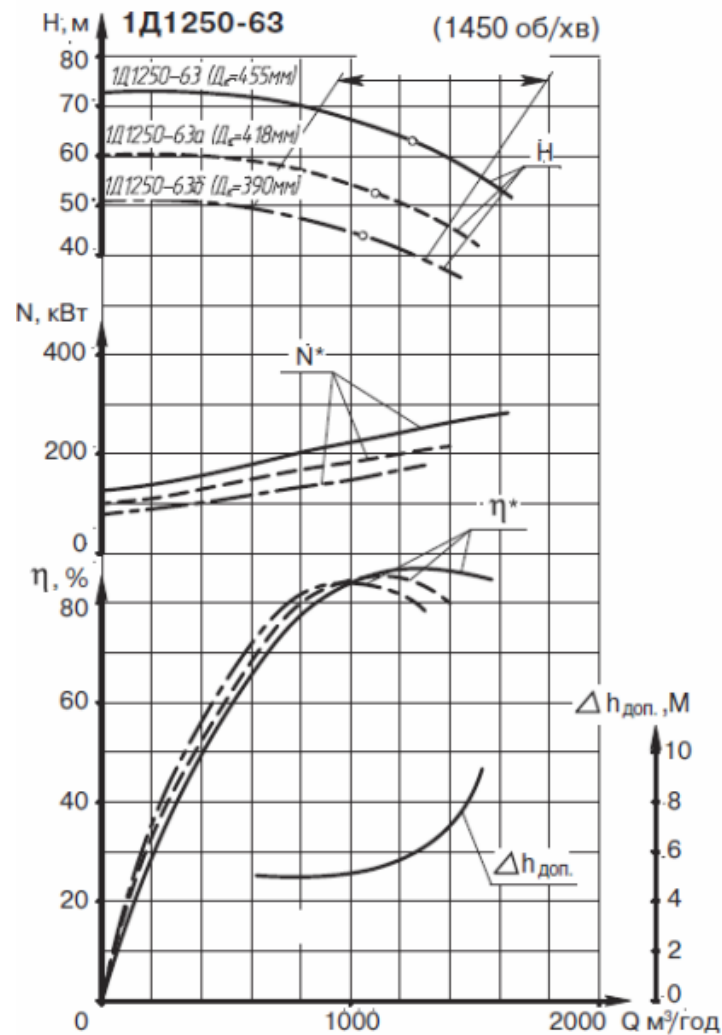


Рисунок 2.5 – Робочі характеристики основних параметрів насоса Д 1250-63 [13]

На рис. 2.6 побудовано Q–H характеристики двох насосних агрегатів та двох водоводів проаналізовано сумісні режими роботи такої системи з урахуванням аварійного відключення одного водоводу.

Характеристика водоводів описується залежністю:

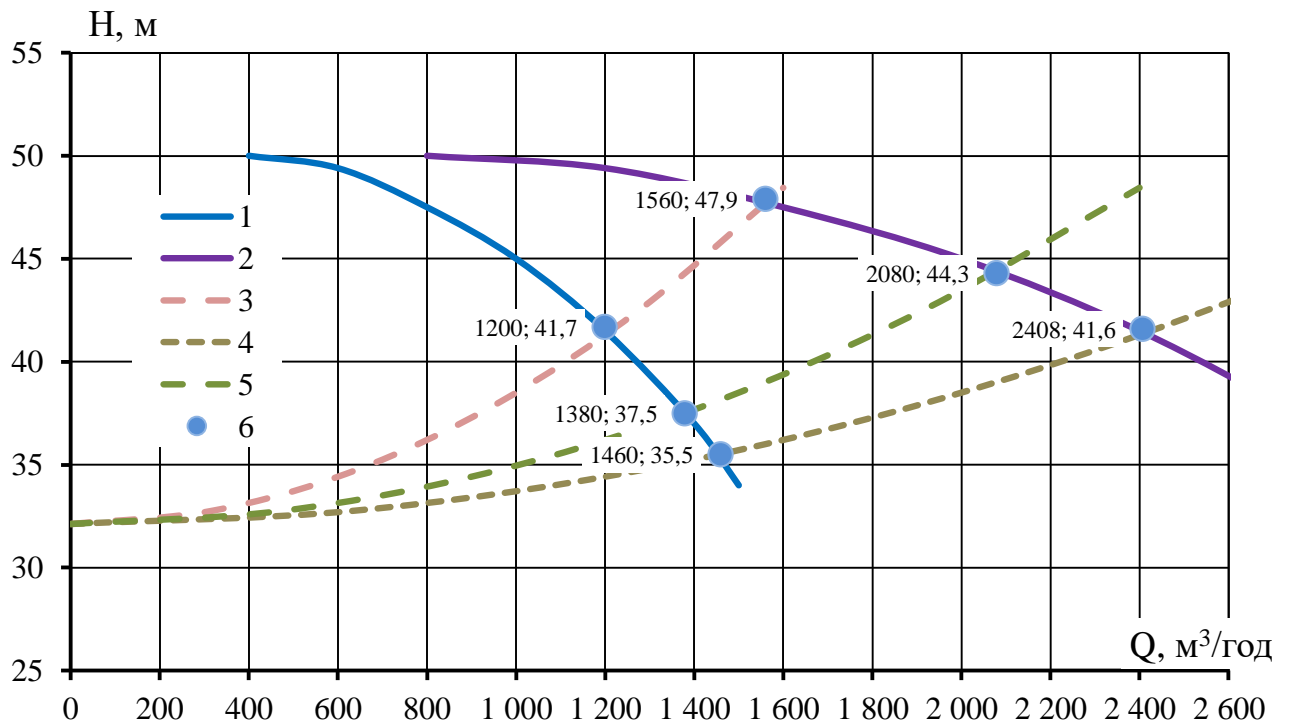
$$H = H_{ст} + S_{пр} \cdot Q^2,$$

де $H_{ст} = H_{г} + h_{в}$ – статичний напір в водоводах,

$$H_{ст} = 31,12 + 1,0 = 32,12 \text{ м};$$

$S_{пр}$ – коефіцієнт, що описує опір системи водоводів:

$$S_{пр} = \frac{h_{вс} + h_{ст} + h_{н}}{(0,5 \cdot Q_{н.ст.})^2} = \frac{0,5 + 4,0 + 3,76}{(0,5 \cdot 2275)^2} = 6,378 \cdot 10^{-6} \text{ м}/(\text{м}^3/\text{ГОД})^2.$$



- 1 – Q-H характеристика НС1 (працює один насос);
- 2 – Q-H характеристика НС1 (працює два насоса);
- 3 – Q-H характеристика одного водовода;
- 4 – Q-H характеристика двох водоводів;
- 5 – Q-H характеристика роботи двох водоводів з двома перемичками при аварії;
- 6 – робочі точки системи «насоси-водоводи»

Рисунок 2.6 – Графіки сумісної роботи системи «насоси-водоводи»

Перевірку пропускнув спроможності системи виконуємо для аварійного режиму, а саме виходу з ладу однієї нитки. Відповідно до нормативних вимог у такому режимі робоча частина системи має забезпечувати не менше 70 % розрахункової витрати, що в даному випадку становить 1593 м³/год. Графіки (рис. 2.6) засвідчили: при роботі лише однієї нитки не забезпечується подача мінімально допустимої аварійної витрати.

$$1560 \text{ м}^3/\text{год} < 1593 \text{ м}^3/\text{год}.$$

З метою усунення цього недоліку передбачено влаштування двох поперечних перемичок, які ділять кожен водовід на приблизно три рівні секції. Завдяки такому рішенню аварійне пошкодження охоплює лише одну третину нитки, а не весь трубопровід. Перевірочні розрахунки підтвердили, що в усіх варіантах подача при цьому перевищує встановлене мінімальне аварійне значення.

$$2080 \text{ м}^3/\text{год} > 1593 \text{ м}^3/\text{год}.$$

2.2.6 Визначення відмітки осі основних насосів

Проведемо розрахунки відмітки вісі насосів для двох випадків:

1) З урахуванням необхідності розташування на такій висоті відносно рівня води у всмоктувальному відділенні, щоб не допустити виникнення явища кавітації:

$$Z_{\text{в.н.}} = Z_{\text{р.вс}} + H_{\text{г.в.}},$$

де $H_{\text{г.в.}}$ – максимальна геометрична висота всмоктування, яка знаходиться з наступного виразу:

$$H_{\text{г.в.}} = H_{\text{а}} - h_{\text{т}} - h_{\text{доп}} - \frac{V_{\text{вс.патр.}}^2}{2 \cdot g},$$

де $H_{\text{а}}$ – напір, що відповідає атмосферному тиску, $H_{\text{а}} = 10$ м;

$h_{\text{т}}$ – напір, що відповідає тиску пароутворення, при температурі води 20°C , цей параметр дорівнює $h_{\text{т}} = 0,24$ м;

$V_{\text{вс.патр.}}$ – швидкість течії рідини у всмоктувальному патрубку, м/с:

$$V_{\text{вс.патр.}} = \frac{4 \cdot Q}{\pi \cdot d_{\text{вс.патр.}}^2} = \frac{4 \cdot 0,361}{3,14 \cdot 0,35^2} = 3,75 \text{ м/с}.$$

$$H_{\text{г.в.}} = 10 - 0,24 - 5,5 - \frac{3,75^2}{2 \cdot 9,81} = 3,54 \text{ м},$$

$$Z_{\text{в.н.}} = 68,8 + 3,54 = 72,34 \text{ м}.$$

Всмоктувальна спроможність насоса дозволяє розташувати його вище рівня води у всмоктувальному

2) З урахуванням [6, п.11.3] щодо вимоги розміщення основних насосних агрегатів на насосних станціях I категорії під заливом, тобто нижче рівня води в всмоктувальному відділенні:

$$Z_{в.н.} = z_{р.вс} - F,$$

де h – мінімально можлива відстань між поверхнею води та віссю насосу, $F = 0,665$ м [13].

$$Z_{в.н.} = 68,8 - 0,665 = 68,10 \text{ м.}$$

У якості розрахункової приймаємо відмітку $z_{в.н.} = 68,1$ м.

2.2.7 Розміри споруд майданчика I-го підйому

В підземній частині будівлі водозабору розміщуються приймальне та всмоктувальне відділення, розділені на дві секції, та машинна зала насосної станції.

При проектуванні водозабірною комплексу, суміщеного з насосною станцією, розміри підземної частини встановлюються виходячи з необхідності розміщення технологічного обладнання: решіток, сіток, насосних агрегатів, трубопровідних систем, запірної та захисної арматури. Тип такої насосної станції – заглиблений, тобто підземна частина відокремлена від наземної перекриттям. Форма та розмір споруди в плані – прямокутник з розмірами 15x18 м.

Глибина підземних частин встановлюється для водоприймача відповідно до відміток розташування решіток, сіток і воронки всмоктувальних патрубків; для насосної станції відповідно до позначок установки основних агрегатів і прокладки трубопровідних комунікацій.

Виконання підземної частини передбачається з монолітного залізобетону опускним способом.

В наземній частині водозабору розташовано павільйон, в який виходить верхня частина сіткового механізму, майданчик для обслуговування обладнання, вантажопідйомне обладнання, диспетчерська, санвузол, електрощитова, трансформаторна, підсобні приміщення.

Планова конфігурація наземних частин усіх об'єктів – прямокутна.

Прийняті такі розміри:

- водоприймач з насосною станцією – 15×18 м;
- камера перемикачів – 6×6 м.

Будівля камера перемикачів приймається напівзаглибленого типу, тобто наземна та підземна частина мають спільний об'єм.

Несучі та огорожуючі конструкції наземних будівель виконуються зі збірного залізобетону.

На висоту наземної частини будівель впливають наступні чинники: розміри та компонування технологічного обладнання, характеристики вантажопідійомних механізмів, параметри транспортних засобів, а також розміри найбільш великогабаритних елементів. З урахуванням кратності висоти 1,2 м прийнято для водозабору – 7,2 м, для камери перемикачів – 4,8 м.

В камерах перемикачів монтуються напірні колектори з запірно-регулюючою та запобіжною арматурою та гасії гідравлічних ударів.

Підбір трубопровідних комунікацій (всмоктувальних та напірних), а також встановленого на них обладнання, здійснюємо відповідно до розрахункових витрат і рекомендованого діапазону швидкостей течії води згідно з [6, п. 11.8].

Трубопровідна арматура підбирається за каталогом [14] залежно від умовного діаметру та робочого тиску в місці встановлення.

У машинній залі насосної станції передбачається влаштування дренажного лотка та приймка, а також встановлення заглиблених дренажних насосів (робочого та резервного).

Як основне вантажопідійомне обладнання приймаються кран-балки: вантажопідійомністю 5 т – для будівлі водозабору-насосної станції, вантажопідійомністю 1 т – для камери перемикачів. Вибір здійснюється за каталогом [15].

Водоприймальні отвори та отвори між секціями водозаборів обладнуються щитовими затворами для можливості їх перекриття під час ремонту.

Рибозахисні вимоги забезпечуються за допомогою електричного поля навколо стрижнів.

2.2.8 Видалення забруднень з відділень водозабору, промивка решіток, самопливних ліній та сіток

Видалення наносів і осаду з відділень водозабору здійснюється за допомогою гідроелеваторів. Для автоматичного промивання обертових сіток передбачається підведення трубопроводу від напірних ліній насосних станцій.

Особливо проблемними елементами водозабору для видалення наносів є вхідні решітки на оголовку та самопливні лінії, так як до них відсутній безпосередній доступ.

Одним з найефективніших сучасних способів відновлення нормальної роботи водозаборів є імпульсний метод промивки [16], який ми і приймаємо для водозабору, що проектується.

Імпульсний метод промивки ґрунтується на створенні в трубопроводі або решітці короткочасних гідравлічних імпульсів – різких стрибків тиску та швидкості потоку, що виникають внаслідок раптового відкривання або закривання запірної арматури. Гідравлічний удар, що генерується при цьому, формує хвилю підвищеного тиску, яка поширюється вздовж трубопроводу та здатна руйнувати і вимивати відкладення на внутрішніх стінках самопливних ліній та на поверхнях решіток.

На відміну від безперервного зворотного промивання, при якому вода подається під сталим тиском, імпульсна промивка створює знакозмінні швидкісні навантаження на забруднення. Чергування різких прискорень і сповільнень потоку забезпечує відшарування осадів, що міцно утримуються адгезійними та біохімічними зв'язками, і винесення їх у відкриту водойму.

Перед початком промивки виконують підготовчі роботи: водозабірня секція, що підлягає обробці, відключається від загального колектора шляхом закривання засувки на самопливній лінії з боку берегового колодезя. До напірного патрубку, передбаченого в конструкції самопливної лінії або встановленого

тимчасово, підключається промивний агрегат – вакуум-насос або насосна установка з ємністю-акумулятором (ресивером) або спеціальний імпульсний генератор тиску. Ресивер заповнюється водою під тиском, що перевищує робочий тиск у трубопроводі в 1,5–2,5 рази, але не виходить за межі допустимого за умовами міцності труб.

Імпульс подається шляхом миттєвого відкривання швидкодіючого клапана або засувки з пневматичним чи гідравлічним приводом. Тривалість одного імпульсу становить від 0,5 до 3 с залежно від діаметра та довжини самопливної лінії, а також ступеня забруднення. Після кожного імпульсу виконується пауза тривалістю 10–30 секунд для оцінки ефекту та часткового відновлення тиску. Цикл повторюється від 5 до 20 разів до досягнення необхідного ефекту промивки, що контролюється за зміною перепаду тиску на решітці або за витратою через водоприймальний отвір.

Вхідні решітки водоприймачів схильні до засмічення габаритним сміття, листям, водоростями та молюсками – дрейсеною, яка є особливою проблемою для водозабору, що проектується. При імпульсній промивці решіток потік спрямовується у зворотному напрямку – від берегового колодязя через самопливну лінію до решітки. Різкий скид тиску через решітку відриває та вимиває забруднення у відкриту водойму.

Для підвищення ефективності очищення від біологічних обростань передбачаємо поєднувати імпульсну промивку з короткочасною подачею розчину хлору або іншого дезінфектанту безпосередньо перед серією імпульсів. Хімічний агент послаблює адгезію мікроорганізмів до поверхні решітки, а гідравлічний удар механічно видаляє розрихлений наліт. Такий комбінований підхід дозволяє відновити пропускну здатність решіток до 90–95% від проектної навіть при значному ступені закольматованості.

Імпульсний метод має суттєві переваги перед традиційними способами очищення. По-перше, він не вимагає виведення водозабірної секції з роботи на тривалий термін — уся операція промивки займає від 30 хвилин до 2–3 годин. По-друге, метод ефективний для самопливних ліній значної довжини (до 100–150 м)

та великого діаметра (до 1200 мм), де механічне прочищення практично неможливе. По-третє, обладнання для імпульсної промивки є мобільним і може використовуватись на кількох водозаборах по черзі, що знижує капітальні витрати.

Разом з тим метод має певні обмеження. Його застосування вимагає ретельного розрахунку допустимого тиску імпульсу з урахуванням матеріалу та стану труб, оскільки надмірний гідравлічний удар може призвести до розриву трубопроводу або пошкодження стикових з'єднань. Для сталевих трубопроводів з незадовільним технічним станом необхідна попередня інструментальна діагностика. Також слід враховувати, що забруднення, вимиті в акваторію водозабору, можуть тимчасово підвищити каламутність води у водоприймачах сусідніх секцій, тому промивку бажано проводити в нічний час або при зниженому відборі води.

Регулярність проведення імпульсної промивки визначається за результатами моніторингу диференціального тиску на решітках і витратними характеристиками самопливних ліній. На водозаборах, розташованих на водоймах з інтенсивним розвитком біомаси, профілактичну промивку рекомендується виконувати не рідше одного разу на місяць у вегетаційний сезон та одного разу на квартал – у зимовий період.

3 ОРГАНІЗАЦІЯ ЕКСПЛУАТАЦІЇ МІСЬКОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Міська водопровідна мережа є одним із найважливіших інфраструктурних об'єктів будь-якого населеного пункту. Вона забезпечує безперебійне водопостачання житлових будинків, промислових підприємств, закладів охорони здоров'я, освіти та інших споживачів. Від якості організації її експлуатації залежать здоров'я мешканців міста, стабільність роботи виробничих потужностей і, зрештою, рівень соціально-економічного добробуту суспільства загалом.

Водопровідні мережі являють собою складні інженерно-технічні системи, що включають десятки кілометрів трубопроводів різних діаметрів, насосні станції, водонапірні башти, регулювальні вузли, засувки, клапани та інші елементи. Управління таким господарством вимагає чіткої організаційної структури, висококваліфікованого персоналу, сучасних технологій моніторингу та ремонту, а також продуманого нормативного і фінансового забезпечення [17].

3.1 Умови та вимоги до роботи мережі

Водопровідна мережа функціонує в умовах постійно змінного водоспоживання, яке залежить від часу доби, дня тижня, пори року та різноманітних ситуативних факторів. Добові графіки водоспоживання, як правило, мають два характерних піки – ранковий і вечірній – і нічний мінімум. Сезонні коливання обумовлені зміною температурного режиму, поливом зелених насаджень у теплий період, туристичним та рекреаційним навантаженням. Усе це ставить перед службами експлуатації завдання забезпечення стабільного тиску і достатнього витоку води за будь-яких умов.

Дотримання норм щодо якості води в мережі – першочерговий обов'язок водопостачальних підприємств, що вимагає не лише якісного очищення води на станціях, а й забезпечення санітарної безпеки усієї системи розподілу. Порушення герметичності трубопроводів, наявність так званих «мертвих зон» із застійною водою, зворотні перетоки – всі ці фактори можуть призвести до вторинного

забруднення питної води і становлять серйозну санітарно-епідеміологічну загрозу.

3.2 Організаційна структура служб експлуатації

Експлуатація міської водопровідної мережі здійснюється, як правило, комунальними підприємствами водопостачання та водовідведення або спеціалізованими акціонерними товариствами. Організаційна структура таких підприємств повинна відповідати масштабам обслуговуваної мережі, складності технологічних процесів і вимогам чинного законодавства. У великих містах підприємства водопостачання мають розгалужену ієрархічну структуру, що включає центральний апарат управління і виробничі підрозділи, розподілені за районами міста.

Центральний апарат здійснює загальне керівництво, стратегічне планування, фінансовий менеджмент, розробку технічної політики та взаємодію з органами державного нагляду і місцевого самоврядування. До складу виробничих підрозділів входять ділянки (або служби) з обслуговування мережі, аварійно-диспетчерська служба, лабораторія контролю якості води, відділ технічного обліку і метрології, служба механізації та транспорту. Важливою складовою є відділ капітального ремонту і реконструкції, що займається плануванням і виконанням робіт з модернізації мережі.

Районні ділянки або виробничі дільниці є первинною ланкою системи технічного обслуговування і відповідають за стан мережі на закріпленій за ними території. Кожна дільниця має майстра, бригади слюсарів-водопровідників, зварювальників, машиністів насосних установок. Між дільницями розподіляється і чітко документується відповідальність за конкретні ділянки трубопроводів, споруди і обладнання. Така децентралізація дозволяє оперативно реагувати на аварії та несправності, не чекаючи вказівок з центру.

Ефективна робота водопровідної мережі неможлива без висококваліфікованого персоналу. Персонал підприємств водопостачання

поділяється на кілька категорій: інженерно-технічні працівники, робітники основних і допоміжних спеціальностей, диспетчерський персонал. Інженери-гідраліки, технологи, фахівці з автоматики та телемеханіки є ключовими фігурами в організації грамотної технічної політики підприємства.

Підготовка та підвищення кваліфікації персоналу мають проводитися на систематичній основі. Це особливо актуально у зв'язку з постійним впровадженням нових технологій і обладнання – систем автоматизованого управління, безтраншейних методів відновлення трубопроводів, нових матеріалів і конструкцій. Регулярне навчання, участь у галузевих конференціях, обмін досвідом з вітчизняними та зарубіжними підприємствами водопостачання є обов'язковими умовами підтримання технічного рівня організації.

Суттєвим аспектом є охорона праці та техніка безпеки персоналу. Роботи в колодязях, камерах, підземних спорудах пов'язані з ризиком отруєння газами, задухи, обрушення конструкцій. Тому всі категорії персоналу повинні проходити обов'язковий інструктаж, мати допуски до відповідних видів робіт і бути забезпечені засобами індивідуального захисту. Суворе дотримання правил охорони праці є невід'ємною умовою культури безпечного виробництва.

3.3 Технічне обслуговування трубопровідних систем

Система планово-попереджувального ремонту (ППР) є основою організації технічного обслуговування водопровідної мережі. Вона передбачає проведення регламентних робіт у заздалегідь встановлені терміни незалежно від технічного стану конкретного об'єкта. Перевага такого підходу полягає у запобіганні аварій шляхом своєчасного виявлення та усунення дефектів на ранній стадії їхнього розвитку. Недолік – певна надлишковість, оскільки частина обладнання замінюється або ремонтується до закінчення реального ресурсу.

Система ППР включає технічний огляд, поточний ремонт і капітальний ремонт. Технічні огляди проводяться з найбільшою частотою і передбачають зовнішній огляд доступних елементів мережі, перевірку роботи засувки і

гідрантів, контроль тиску та витоку. Поточний ремонт охоплює усунення дрібних несправностей, підтяжку з'єднань, заміну ущільнень, прочищення трубопроводів. Капітальний ремонт виконується з певною міжремонтною періодичністю і передбачає відновлення або повну заміну елементів, що вичерпали свій ресурс [18].

Планування ремонтних робіт здійснюється на основі технічної документації, яка ведеться по кожному об'єкту мережі. Ця документація включає виконавчі креслення, паспорти трубопроводів і споруд, журнали оглядів і ремонтів, акти огляду та дефектні відомості. Наявність повної і достовірної технічної документації – неодмінна умова грамотної організації технічного обслуговування. На жаль, у багатьох українських містах ця документація є неповною або застарілою, що суттєво ускладнює роботу служб експлуатації.

Промивка трубопроводів є обов'язковою операцією після будь-яких ремонтних втручань, а також проводиться в профілактичних цілях у частинах мережі зі зниженою швидкістю руху води. В останньому випадку відкладення осадів і розмноження мікроорганізмів можуть суттєво погіршити якість води, що подається споживачам. Для промивки використовують гідропневматичний спосіб, при якому в трубопровід по чергово подають стислий повітря і воду, що забезпечує ефективне видалення відкладень і промивання стінок труб.

Дезінфекція трубопроводів проводиться після завершення будівельно-монтажних або ремонтних робіт, а також у разі виявлення бактеріологічного забруднення води. Найпоширенішим дезінфектантом залишається хлор у вигляді хлорної води або газоподібного хлору. Проте сучасні тенденції спрямовані на використання діоксиду хлору, ультрафіолетового опромінення, озонування, що дозволяє досягти ефективного знезараження без утворення шкідливих побічних продуктів хлорування. Після дезінфекції обов'язково проводиться промивка трубопроводу чистою водою і лабораторний аналіз якості води перед допуском мережі в експлуатацію.

3.4 Виявлення та усунення витоків води, ремонт пошкоджених ділянок

Витоки води у водопровідних мережах є однією з найгостріших проблем комунального господарства. У багатьох містах України реальні витрати недоврахованої води (різниця між поданою в мережу і спожитою за показниками приладів обліку водою) сягають 30–50 відсотків і більше. Це означає, що значна частина дорогої підготовленої питної води просто іде в ґрунт, не доходячи до споживача. Крім прямих економічних збитків, витoki спричиняють просідання ґрунту, підтоплення підвалів будівель, руйнування дорожнього покриття і фундаментів споруд [19].

Причинами витоків є фізична зношеність трубопроводів, корозія металевих труб, неякісні стикові з'єднання, механічні пошкодження при проведенні земляних робіт, гідравлічні удари. Найважливішою умовою управління витокami є їх своєчасне виявлення. Традиційно виявлення витоків базувалося на виїзді персоналу за скаргами мешканців або візуальному спостереженні за поверхнею ґрунту. Проте такий підхід дозволяє виявити лише значні видимі витoki, тоді як невеликі приховані залишаються непоміченими роками.

Сучасні методи виявлення витоків базуються на акустичній технології. Принцип дії акустичних кореляторів полягає у реєстрації шуму, що генерується витокom, за допомогою чутливих датчиків, що встановлюються на вузлові точки мережі (засувки, гідранти). Комп'ютерна обробка сигналів з кількох датчиків дозволяє з точністю до 0,5–1 метра визначити місце витoku без розкриття ґрунту. Нічний час, коли рівень зовнішнього шуму мінімальний, а в мережі є характерний мінімум водоспоживання, є найбільш сприятливим для проведення акустичного обстеження.

Іншим ефективним методом є зонування мережі з виміром мінімального нічного витoku. Для цього мережу поділяють на ізольовані зони шляхом закриття відповідних засувок і обладнують вводи в кожену зону витратомірами. Вимір витoku між 2 і 4 годинами ночі, коли споживання мінімальне і добре відоме,

дозволяє обчислити обсяг справжніх витоків у кожній зоні. Зони з підвищеними витокami стають пріоритетними для подальшого детального обстеження.

Традиційний метод ремонту пошкоджених ділянок трубопроводу передбачає відкриття котловану, демонтаж дефектної ділянки і укладання нової труби. Такий підхід є надійним, але пов'язаний із значними витратами на земляні роботи, відновлення дорожнього покриття, тимчасове перекриття руху транспорту і незручностями для мешканців. У щільній міській забудові розкриття вулиць нерідко стає серйозною соціальною та транспортною проблемою.

Саме тому в останні десятиліття активно розвиваються і впроваджуються безтраншейні технології відновлення трубопроводів. Метод протягування полягає у введенні всередину існуючої труби нового поліетиленового трубопроводу меншого діаметру. Попри деяке зменшення пропускної здатності, поліетиленова труба має гладку внутрішню поверхню, що компенсує втрату перерізу. Метод релейнінгу передбачає введення в трубопровід спеціального гнучкого рукава із синтетичного матеріалу, просоченого термоактивною смолою, що після затвердіння утворює міцну безшовну гільзу. Метод розбивки («крекінгу») труби дозволяє замінити стару трубу на нову того ж або більшого діаметру без відкриття котловану: спеціальний конусоподібний руйнівник, що рухається всередині трубопроводу, розбиває стару трубу і одночасно протягує нову поліетиленову.

Вибір конкретного методу залежить від матеріалу і стану старої труби, діаметру, глибини залягання, наявності вигинів і відгалужень, наявності у підрядника відповідного обладнання. Безтраншейні методи дозволяють скоротити терміни ремонту у 3–5 разів і значно зменшити загальну вартість робіт порівняно з традиційним траншейним способом.

3.5 Аварійно-відновлювальні роботи

Аварії на водопровідних мережах – розриви трубопроводів, вихід з ладу насосів, пошкодження засувок – трапляються незважаючи на всі профілактичні заходи. Тому обов'язковою умовою нормальної роботи підприємства

водопостачання є наявність добре організованої аварійно-диспетчерської служби, що працює цілодобово без вихідних і забезпечує прийняття та виконання заявок на ліквідацію аварій у нормативні терміни.

Аварійна служба повинна бути оснащена спеціалізованою технікою – автоцистернами, компресорами, зварювальними агрегатами, комплектами хомутів і муфт для тимчасового закладення пошкоджень, помпами для відкачування води. Персонал аварійних бригад повинен мати достатні знання і практичні навички для виконання робіт в будь-яких умовах – вдень і вночі, в мороз і спеку, у колодязях і котлованах. Особлива увага приділяється оперативності: кожна година некерованого витоку під час аварії – це сотні кубометрів втраченої води і зростаючі збитки.

Алгоритм реагування на аварію передбачає: прийняття заявки диспетчером, визначення місця і характеру пошкодження, вибір схеми відключення пошкодженої ділянки із збереженням водопостачання споживачів в максимально можливому обсязі, виїзд бригади на місце, виконання аварійно-відновлювальних робіт. Виконавчі схеми мережі, що знаходяться у диспетчера, дозволяють швидко визначити набір засувки, що потрібно закрити для ізоляції пошкодженої ділянки. Після завершення ремонту виконуються промивка і випробування відремонтованої ділянки, після чого мережа знову вводиться в роботу.

4 ОХОРОНА ПРАЦІ

4.1 Основні заходи та засоби санітарно-гігієнічного обслуговування робітників

Санітарно-гігієнічне обслуговування робітників, зайнятих в системах водопостачання, є невід'ємною складовою системи охорони праці та спрямоване на профілактику професійних захворювань, підтримку здоров'я і працездатності персоналу. Комплекс санітарно-гігієнічних заходів поділяється на кілька ключових напрямів: забезпечення санітарно-побутових умов, забезпечення засобами індивідуального захисту (ЗІЗ), організація лікувально-профілактичного обслуговування, гігієна праці при виконанні земляних робіт.

Роботодавець зобов'язаний обладнати на кожному об'єкті (насосна станція, водонапірна башта, ремонтно-монтажна ділянка) санітарно-побутові приміщення відповідно до [20]. До таких приміщень належать:

- гардеробні для роздільного зберігання вуличного та спецодягу з розрахунку 0,8 м² на одного працівника;
- душові кабінки з розрахунку 1 кабіна на 5 осіб при виконанні робіт з підвищеним ступенем забруднення;
- умивальники з підведенням холодної та гарячої води (1 кран на 7 осіб);
- туалети, розміщені не далі ніж 75 м від робочих місць на відкритому повітрі;
- кімнати відпочинку та обігріву при виконанні зимових робіт;
- медичні пункти або аптечки першої допомоги.

Працівники водопровідних підприємств повинні бути забезпечені ЗІЗ залежно від виду виконуваних робіт:

- захисні каски – для всіх видів польових робіт;
- спецодяг (комбінезони, куртки, брюки) з водовідштовхувальним та антистатичним просоченням;
- гумові чоботи або черевики зі сталевими підносками і маслобензостійкою підошвою;

- гумові рукавиці кислото- та лугостійкі при роботі з хлором, коагулянтами, антикорозійними речовинами;
- протигази або респіратори (марка А або В) при роботі в колодязях і замкнених просторах;
- страхувальні пояси та мотузки при опусканні в колодязі глибиною понад 2 м;
- захисні окуляри та щитки при зварювальних і монтажних роботах;
- сигнальні жилети та одяг з флуоресцентними смугами при роботі поблизу проїзної частини.

Усі працівники водопровідних підприємств підлягають обов'язковим медичним оглядам: попередньому – при прийнятті на роботу та періодичним – у процесі трудової діяльності (не рідше 1 разу на рік). Для осіб, які контактують з хлором і його сполуками – не рідше 1 разу на 6 місяців.

На підприємствах водопостачання рекомендується також:

- організація дієтичного харчування або видача молока (0,5 л/добу) для робітників, що контактують з хлором та іншими хімічними речовинами;
- проведення щеплень проти кишкових інфекцій (гепатит А, черевний тиф);
- фізіотерапевтичні процедури та масаж для профілактики опорно-рухових захворювань;
- психологічна допомога та ротація персоналу при монотонній або стресовій роботі.

При виконанні земляних робіт на вулично-дорожній мережі особливу увагу приділяють захисту від пилу, шуму та вібрації. Рівень запиленості на робочих місцях не повинен перевищувати 4 мг/м³ для нетоксичного пилу. Регулярне зволоження ґрунту в зонах роботи землерийної техніки знижує запиленість у 5–8 разів.

Для зниження теплового навантаження в жарку пору року передбачаються перерви для відпочинку тривалістю не менше 10 хвилин кожену годину при температурі повітря вище +28°C та обладнуються місця відпочинку в тіні або в мобільних кабінах.

4.2 Вплив виробничих шкідливостей на здоров'я робітників

Персонал водопровідного господарства міста підпадає під вплив комплексу виробничих шкідливостей фізичного, хімічного та біологічного характеру. Знання цих факторів і механізмів їх дії є базою для ефективної профілактики профзахворювань.

Фізичні шкідливості

Насосні агрегати, компресори та дизельні генератори є потужними джерелами шуму. Рівень звукового тиску в насосних станціях може досягати 90–105 дБА, що значно перевищує нормативне значення 80 дБА. Тривалий вплив виробничого шуму призводить до:

- нейросенсорної приглухуватості (хвороба, що розвивається поступово протягом 5–15 років);
- підвищення артеріального тиску, тахікардії, порушень сну;
- зниження концентрації уваги і швидкості реакції, що підвищує ризик травматизму.

Вібрація від ручного інструменту (перфоратори, відбійні молотки) може спричинити вібраційну хворобу — стійке порушення периферійного кровообігу і провідності нервів верхніх кінцівок. Гранично допустимий рівень локальної вібрації – 2 м/с².

Робота в колодязях і підземних камерах характеризується підвищеною відносною вологістю (80–100%), обмеженим повітрообміном та нестабільною температурою. Взимку можливе переохолодження організму, що призводить до простудних захворювань, артритів і невритів. Влітку в підземних спорудах може накопичуватися надлишкова теплота від технологічного обладнання, створюючи ризик теплового удару.

При технічному контролі стану трубопроводів застосовуються прилади гамма-дефектоскопії та ультразвукової товщинометрії. Некваліфіковане використання гамма-джерел може спричинити гостре або хронічне радіаційне ураження. Контроль обов'язково здійснюється фахівцями з радіаційного захисту.

Хімічні шкідливості

Найбільш поширеним дезінфектантом у системах водопостачання є хлор і хлоровмісні сполуки (хлорне вапно, гіпохлорит натрію, газоподібний хлор). При витоку хлор-газу концентрація навіть 1–2 мг/м³ викликає подразнення слизових оболонок, при 10–15 мг/м³ – набряк легень і можлива смерть. ГДК хлору в повітрі робочої зони – 1 мг/м³.

Серед інших хімічних агентів, що застосовуються при обслуговуванні мережі, слід виділити:

- поліакриламід (коагулянт) — подразнює шкіру і слизові, є потенційним нейротоксином;
- антикорозійні покриття на основі епоксидних смол — алергени, при нагріванні виділяють токсичні пари;
- паливно-мастильні матеріали — шкідливі при тривалому шкірному контакті, канцерогенні при інгаляції парів бензолу і толуолу;
- активоване вугілля — при роботі з порошком можливий пиловий бронхіт.

Біологічні шкідливості

Робітники, що займаються очищенням колодязів, і ремонтом тих ділянок мережі, де відбувся прорив, стикаються з небезпекою зараження кишковими інфекціями (лептоспіроз, сальмонельоз, гепатит А, ієрсиніоз). Джерелами зараження є забруднена вода та ґрунт, а також гризуни.

Профілактика включає: вакцинацію, дотримання правил особистої гігієни (миття рук, заборона їди на робочому місці), обов'язкове використання ЗІЗ (рукавиці, маски), дезінфекцію інструменту та санітарне прибирання санітарно-побутових приміщень.

Психофізіологічні чинники

Монотонна праця (постійний контроль показань приладів у операторів насосних станцій), нічні зміни, ненормований робочий день при аварійних ситуаціях і відповідальність за безперебійне водопостачання міста формують

хронічний психоемоційний стрес. Наслідками є синдром хронічної втоми, депресивні розлади, серцево-судинні захворювання.

4.3 Розрахунок безпечних відстаней при влаштуванні траншеї з укосами

Виконання земляних робіт при прокладанні та ремонті водопровідних трубопроводів є одним із найбільш небезпечних видів робіт у міській інфраструктурі. Основну небезпеку становлять обвали ґрунту, наїзди техніки та падіння людей у відкриту виїмку.

Вихідні дані для розрахунку.

Влаштування траншеї для прокладання водопровідного трубопроводу діаметром 500 мм.

Глибина траншеї $H = 2,5$ м.

Ґрунт – суглинок природної вологості.

Кріплення стінок — не влаштовується (застосовуються укоси).

Відповідно до табл. 1 [21, додаток К], для суглинку при глибині до 3,0 м допустиме співвідношення закладення укосу $m = 1:0,5$ (кут нахилу до горизонту $\approx 63^\circ$).

Геометричний розрахунок траншеї

Ширина по дну:

Мінімальна ширина траншеї по дну при укладанні труби $\varnothing 500$ мм:

$$b = d + 2 \times 0,45 = 0,5 + 0,9 = 1,4 \text{ м.}$$

Горизонтальне закладення одного укосу:

$$a = H \times m = 2,5 \times 0,5 = 1,25 \text{ м.}$$

Ширина траншеї по верху:

$$B = b + 2 \times a = 1,4 + 2 \times 1,25 = 3,9 \text{ м.}$$

Розрахунок безпечних відстаней

Відстань від краю траншеї до місця складування ґрунту.

Відстань від бровки траншеї до нижнього краю відвалу ґрунту повинна бути не менше 0,5 м. Висота відвалу не повинна перевищувати 1,0 м при куті природного укосу ґрунту близько $35\text{--}40^\circ$.

Відстань від бровки траншеї до колісної техніки (екскаватор, самоскид).

Мінімальна відстань від краю гусениці (або колеса) до бровки: $l_{\min} = 1,0$ м. При глибині 2,5 м для суглинку за формулою перевірки стійкості (метод кола ковзання) зону обмеження для транспорту визначають шляхом побудови критичного кола.

При масі екскаватора до 30 т на суглинку природної вологості: $l_{\text{tech}} \geq 1,0$ м від бровки — допустимо.

Безпечна зона для персоналу

Відстань від бровки до місця перебування некваліфікованого персоналу (спостерігачі, водії) — не менше 1,5 м. Робочі, що виконують роботи безпосередньо в траншеї, зобов'язані знаходитися не під укосом, а на відстані не менше 1,0 м від стінки виїмки.

Зона небезпеки (загальна)

Загальна зона небезпеки від осі траншеї:

$R = B/2 + 1,5 = 1,95 + 1,5 = 3,45$ м $\approx 5,0$ м (з урахуванням динамічних навантажень техніки і запасу безпеки).

Перед початком земляних робіт необхідно: отримати план підземних комунікацій, встановити огороження та знаки безпеки, призначити відповідального виконавця робіт і забезпечити інструктаж персоналу. При появі тріщин на поверхні ґрунту уздовж бровки траншеї — негайно припинити роботи і вивести людей.

4.4 Основні причини травматизму

Аналіз статистики виробничого травматизму на підприємствах водопровідно-каналізаційного господарства України свідчить про те, що

більшість нещасних випадків відбувається внаслідок поєднання організаційних, технічних і людських чинників.

На організаційні причини припадає до 60–70% усіх нещасних випадків. Серед них найбільш поширеними є:

- відсутність або неналежне проведення інструктажів з охорони праці (вступного, первинного на робочому місці, позапланового, цільового);
- порушення технологічної дисципліни — виконання робіт без наряду-допуску у небезпечних місцях;
- недостатній нагляд за виконанням робіт підвищеної небезпеки;
- допуск до роботи осіб у стані алкогольного або наркотичного сп'яніння;
- відсутність або незадовільний стан планів ліквідації аварій;
- неправильна організація робочого місця (відсутність огорожень, попереджувальних знаків тощо).

Технічні причини обумовлені незадовільним станом об'єктів, устаткування та інструменту:

- несправність або відсутність захисних пристроїв і запобіжних клапанів на насосах і компресорах;
- незадовільний стан комунікацій і арматури (корозія, тріщини, витоки);
- використання застарілого чи несправного ручного інструменту;
- дефекти дорожнього покриття та тимчасових дерев'яних настилів;
- руйнування стінок траншей і котлованів внаслідок порушення розрахункових параметрів укосів або відмови кріплення;
- несправна або невідповідна за вантажопідймальністю вантажопідйомна техніка.

Причини, пов'язані з людським чинником. До цієї групи належать:

- психофізіологічна перевтома внаслідок понаднормових робіт, особливо при ліквідації аварій у нічний час;
- нехтування засобами індивідуального захисту через незручність або відсутність;

- самовпевненість і переоцінка власного досвіду при виконанні звичних операцій;
- відволікання уваги при виконанні небезпечних операцій;
- порушення трудової та виробничої дисципліни.

Характерні види нещасних випадків

За характером ушкоджень при обслуговуванні водопровідних мереж найбільш поширені:

- падіння у відкриті колодязі, траншеї та котловани (до 25–30% від загальної кількості);
- ураження електричним струмом при роботі з насосним та електротехнічним обладнанням;
- обвали ґрунту при виконанні земляних робіт без кріплення або при неправильних укосах;
- наїзди транспортних засобів на робітників у зоні проведення дорожніх робіт;
- отруєння токсичними газами (сірководень, хлор) при роботі в замкненому просторі;
- ушкодження від вибухів при виконанні зварювальних або вогневих робіт поблизу газопроводів.

Заходи щодо запобігання травматизму

Системна робота з попередження виробничого травматизму включає: проведення ризик-аналізу на всіх виробничих ділянках, впровадження системи управління охороною праці, регулярний технічний огляд обладнання і транспортних засобів, навчання і атестацію персоналу, а також розслідування всіх нещасних випадків і мікротравм з розробкою коригувальних заходів.

4.5 Вплив водопровідної мережі на пожежна безпеку споживачів

Міська водопровідна мережа є одним із ключових елементів системи протипожежного захисту населених пунктів. Саме вона забезпечує подачу води до зовнішніх пожежних гідрантів, внутрішніх пожежних кранів у будівлях, а

також безпосередньо до пожежних автомобілів під час гасіння пожеж. Від технічного стану трубопроводів, рівня тиску у мережі та справності запірно-регулювальної арматури залежить оперативність і ефективність дій пожежно-рятувальних підрозділів.

Чинне законодавство України покладає на організації, що експлуатують водопровідні мережі, обов'язок забезпечувати їх готовність до використання в протипожежних цілях. Це вимагає системного підходу до технічного обслуговування мережі, планування профілактичних заходів та своєчасного усунення несправностей, які можуть призвести до зниження витрати або тиску води у вузлових точках системи.

Слід зазначити, що водопровідна мережа виконує подвійну функцію: вона є джерелом господарсько-питного водопостачання і водночас — основним ресурсом для пожежогасіння. Ця двоїстість накладає особливі вимоги щодо обслуговування мережі: будь-яке планове відключення або аварія на трубопроводі мають супроводжуватися негайним повідомленням до підрозділів пожежної охорони для вжиття компенсаційних заходів.

Нормативні документи у сфері будівництва та пожежної безпеки встановлюють конкретні вимоги до параметрів водопостачання залежно від категорії міста, щільності забудови та призначення об'єктів. Зокрема, у житлових кварталах із багатоповерховою забудовою розрахункова витрата води на зовнішнє пожежогасіння може становити 35 л/с. Для промислових зон ці показники суттєво вищі.

Критично важливим параметром є вільний залишковий тиск у мережі в точці підключення пожежного гідранта. Відповідно до державних будівельних норм, він не повинен бути нижчим за 10 м вод. стовпа під час пожежогасіння. Разом із тим при виникненні пожежі в будівлях підвищеної поверховості або на об'єктах зі значним внутрішнім протипожежним захистом потрібен суттєво вищий тиск — до 60–80 м і більше, що досягається за допомогою насосів-підсилювачів або насосних станцій підкачки.

Планові гідравлічні випробування мережі, а також перевірка гідрантів із виміром фактичної витрати та тиску є обов'язковими процедурами, що виконуються щонайменше двічі на рік — навесні та восени. За результатами таких перевірок складаються акти, які передаються до органів державного пожежного нагляду та місцевих підрозділів пожежної охорони. Відхилення від нормативних показників тягнуть за собою зобов'язання щодо проведення ремонтних або реконструктивних робіт у встановлені терміни.

Пожежні гідранти є основними точками відбору води з міської мережі під час гасіння пожеж. Вони встановлюються на кільцевих водопровідних лініях із діаметром труб не менше 100 мм, а відстань між ними по трасі трубопроводу не повинна перевищувати 150 м у межах населених пунктів. У виробничих зонах та на об'єктах підвищеної пожежної небезпеки ця відстань може бути меншою.

Кожен гідрант повинен мати чітке адресне прив'язання та позначення: поруч із люком встановлюється покажчик із зазначенням відстані до гідранта, діаметра труби та номера у реєстрі. Відповідальний за експлуатацію водопровідних мереж зобов'язаний вести актуальну схему розміщення гідрантів у складі виконавчої документації на мережу. Копія цієї схеми надається підрозділу пожежної охорони, якому підпорядкована відповідна територія.

Технічне обслуговування гідрантів включає щоквартальний зовнішній огляд, перевірку справності кришки та корпусу, контроль відсутності сторонніх предметів у колодязі, а також перевірку легкості відкриття засувки. Щорічно проводиться повна перевірка гідранта з пуском води та вимірюванням витрати. Несправні або залиті водою гідранти підлягають негайному ремонту — їх тимчасовий вихід із ладу повинен фіксуватися у журналі та доводитися до відома пожежної охорони.

Особливої уваги потребує стан гідрантів у зимовий період. Підтоплені або погано утеплені гідрантні колодязі схильні до замерзання, що унеможлиблює відбір води в критичний момент. Для запобігання цьому вживаються заходи з осушення підземної частини після кожної перевірки, а також утеплення люків і горловин у регіонах із суворим кліматом.

Засувки та вентиля, встановлені на вузлових ділянках водопровідної мережі, дозволяють оперативно ізолювати аварійні ділянки без повного відключення водопостачання в кварталі. У контексті пожежної безпеки справний стан запірної арматури є вирішальним чинником: при виникненні аварійного розриву трубопроводу неподалік від місця пожежі диспетчерська служба водоканалу зобов'язана перекрити несправну ділянку й перевести подачу води в обхід — по резервній нитці або через суміжне кільце мережі.

Засувки на мережі повинні бути задокументовані у схемах і паспортах мережі, пронумеровані та доступні для оперативного маневрування. Не рідше одного разу на рік вони підлягають технічному огляду та контрольному відкриттю-закриттю. Засувки, що не піддаються ручному керуванню або мають течу по штоку, замінюються в плановому порядку. У позаплановому порядку несправна арматура замінюється у разі, якщо вона перебуває в зоні підвищеного ризику виникнення пожежі або суміжна з об'єктом підвищеної пожежної небезпеки.

Окремої уваги заслуговує організація оперативного зв'язку між диспетчерськими службами водоканалу та центром управління пожежно-рятувальними підрозділами. Наявність актуальної оперативної схеми мережі, доступної черговим диспетчерам у будь-який час доби, дозволяє в лічені хвилини визначити найближчі діючі гідранти і маршрути обходу відключених ділянок. Ця інформація передається командирі пожежного підрозділу при підтвердженні виклику.

Практика нагляду у сфері пожежної безпеки свідчить про ряд типових порушень, що знижують боєздатність водопровідної мережі як елементу протипожежного захисту. Перш за все, це несанкціоноване підключення споживачів із відбором великих об'ємів води, що призводить до падіння тиску на сусідніх ділянках. Подібні підключення нерідко виконуються без відома підприємства-власника мережі та не відображаються у технічній документації, що унеможливує точне гідравлічне моделювання.

Серйозним порушенням є самовільне перекриття засувок мережі будівельними або дорожніми підрядниками під час проведення земляних робіт без погодження з експлуатуючою організацією та без повідомлення пожежної охорони. Трапляються випадки, коли засувка залишається закритою після завершення робіт, а відновлення водопостачання затримується на кілька діб. Протягом цього часу цілий квартал позбавлений надійного протипожежного водопостачання.

Серед інших поширених ризиків – незадовільний стан дорожнього покриття над гідрантними колодязями, внаслідок чого кришки люків пошкоджуються або губляться; захаращення підходів до гідрантів автомобілями чи будівельними матеріалами; а також відсутність або невідповідність дійсності покажчиків гідрантів.

Забезпечення пожежної безпеки при експлуатації міської водопровідної мережі вимагає налагодженої взаємодії між комунальним підприємством водопостачання, органами місцевого самоврядування, підрозділами пожежно-рятувальної служби та органами державного пожежного нагляду. Ця взаємодія реалізується через систему спільних планів, регламентів і регулярних нарад.

Водоканал зобов'язаний завчасно повідомляти пожежну охорону про плановані відключення ділянок мережі для ремонту із зазначенням адреси, тривалості робіт та переліку об'єктів, що можуть залишитися без протипожежного водопостачання. На підставі цього повідомлення пожежна охорона вживає компенсаційних заходів: визначає альтернативні джерела водопостачання, розміщує тимчасові пересувні резервуари або посилює чергування відповідних підрозділів.

На рівні підприємства водопостачання повинен бути призначений відповідальний за протипожежний стан мережі, затверджено план-графік технічного обслуговування гідрантів і засувок, а також інструкції для аварійно-диспетчерських бригад щодо дій у разі пожежі на об'єктах, суміжних із водопровідними комунікаціями. Окремим документом оформлюється схема маневрування запірною арматурою у позаштатних ситуаціях.

Таким чином, забезпечення пожежної безпеки при експлуатації міської водопровідної мережі є комплексним завданням, що поєднує технічні, організаційні та правові аспекти. Лише за умови системного підходу — своєчасного технічного обслуговування, оперативного усунення несправностей, прозорого документообігу та злагодженої взаємодії всіх причетних служб — можна гарантувати надійність протипожежного водопостачання міста в будь-якій ситуації.

ВИСНОВКИ

1. Здійснено аналіз кліматичних та гідрологічних факторів у місці передбачуваного розташування водозабірних споруд з поверхневого джерела та проведена оцінка потреби міста у воді, що дає можливість визначити основний склад системи водозабезпечення.
2. Виконано розрахунок кільцевої водопровідної мережі, що дало змогу визначити величини гідравлічних втрат на кожній розрахунковій ділянці. За отриманими результатами побудовано п'єзометричні графіки для двох характерних режимів роботи системи забезпечення: в умовах максимального водоспоживання та при одночасній подачі витрати на ліквідацію пожежі в години пікового навантаження.
3. Проведений обґрунтований розрахунок основних споруд майданчику першого підйому, зокрема руслового заглибленого водозабору, суміщеного з насосною станцією, що дало можливість підібрати основне обладнання та визначити розміри будівель.
4. Проведено аналіз основних заходів та положень з організації експлуатації міської водопровідної мережі, який показав, що ефективне управління водопровідною інфраструктурою вимагає системного підходу, і повинно охоплювати профілактичне технічне обслуговування, оперативне реагування на аварії, впровадження сучасних технологій моніторингу і ремонту, обґрунтоване планування реконструкції.
5. Проведено оцінку основних шкідливостей та розроблено комплекс заходів з охорони праці при експлуатації водопровідної мережі, спрямованих на запобігання травматизму та збереження здоров'я працівників. Окремо оцінено роль водопровідної мережі в забезпеченні пожежної безпеки споживачів. Проведений аналіз дозволяє мінімізувати вплив небезпечних факторів та ситуацій на здоров'я працівників водопровідного підприємства та населення міста.

СПИСОК ДЖЕРЕЛ

1. Андерсон І. В., Коваленко В. П. Гідрологія річок Полтавщини. – Полтава: Дивосвіт, 2011. – 284 с.
2. Липінський В. М., Дячук В. А., Бабіченко В. М. (ред.) Клімат України. – Київ: Видавництво Раєвського, 2003. – 343 с.
3. Гопченко Є. Д., Лобода Н. С., Овчарук В. А. Гідрологія: підручник. – Одеса: ТЕС, 2014. – 448 с.
4. Shevchuk S. A., Romanenko V. D., Oksiyuk O. P. Water quality assessment of the Dnieper River basin tributaries under anthropogenic stress. – Hydrobiological Journal, 2018. – Vol. 54, № 3. – P. 3–18.
5. ДержСанПіН 2.2.4-171-10 «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною». – 2010. – [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10#Text> .
6. ДБН В.2.5 - 74:2013. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. –К.: ДП «Укрархбудінформ», 2013. – 171 с.
7. Ткачук О.А. Водопровідні мережі: Навчальний посібник / О.А. Ткачук, В.О. Шадура – Рівне: НУВГП, 2010 – 146 с.
8. Водозабірні споруди і насосна станція першого підйому: Навчально-методичний посібник / С.М. Епоян С.М., О.Г. Друшляк О.Г., В.А. Сташук, О.А. Сироватський, А.С. Карагяур, О.Г. Ісакієва – Харків.: ХНУБА, 2012. – 67 с.
9. Методичні рекомендації до виконання курсового проекту «Водозабірні споруди» (для здобувачів вищої освіти першого (бакалаврського) рівня всіх форм навчання спеціальності 194 – Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології) / Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова ; уклад. Г. І. Благодарна. – Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2021. – 40 с.
10. Методичні вказівки для виконання індивідуального завдання з дисципліни «Насоси та насосні станції» для студентів денної та заочної форм навчання спеціальності 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та

- водні технології» / Укладач: О.А. Сироватський. – Харків: ХНУБА, 2017. – 48 с.
11. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання : підручник для вузів. – К. : Знання, 2009. – 735 с.
 12. Шевченко Т. О., Ярошенко Ю. В., Яковенко М. М., Беляєва В. М. Насосні та повітродувні станції : навч. посібник / Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О.М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2014. – 191 с.
 13. Методичні вказівки з вибору насосів для систем водопостачання при курсовому та дипломному проектуванні для студентів денної та заочної форм навчання спеціальностей 192 «Будівництво та цивільна інженерія» (професійне спрямування «Водопостачання, водовідведення») та 194 «Гідротехнічне будівництво, водна інженерія та водні технології» / Укладач: О.А. Сироватський. – Харків: ХНУБА, 2017. – 38 с.
 14. Каталог запірно-регулюючої арматури Ukrspar – 51 с. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://ukspar.ua/catalog.pdf>, вільний (дата звернення 12.06.2026). – Назва з екрана.
 15. Каталог опорних кранів-балок [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://gutman.kiev.ua/gabaritnyye-razmery-kran-balok-opornykh>, вільний (дата звернення 12.06.2026). – Назва з екрана.
 16. Благодарна Г. І. Модернізація і реконструкція систем водопостачання та водовідведення : конспект лекцій для здобувачів другого (магістерського) рівня вищої освіти всіх форм навчання зі спеціальності 192 – Будівництво та цивільна інженерія / Г. І. Благодарна ; Харків. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Харків : ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2025. – 192 с. URL: <http://eprints.kname.edu.ua/73378/>
 17. Яковлев С. В., Прозоров І. В. Водопостачання міст. — Харків: ХНУМГ ім. О. М. Бекетова, 2020. – 312 с.
 18. Гіроль М. М., Гіроль А. М. Технічна експлуатація систем водопостачання. – Рівне: НУВГП, 2016. – 276 с.

19. Пономаренко В. С., Журба М. Г. Системи водопостачання та водовідведення. – Київ: Будівельник, 2018. – 445 с.
20. ДБН В.2.2-28:2010. Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2011. – Чинний від 2011-10-01.
21. ДБН А.3.2-2-2009. Система стандартів безпеки праці. Охорона праці і промислова безпека у будівництві. Основні положення. – Київ : Мінрегіонбуд України, 2009. – Чинний від 2009-01-27.