



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

**О.А. Ткачук**  
**В.О. Шадура**

# ВОДОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ



Рівне 2010



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Міністерство освіти і науки України  
Український державний університет водного господарства та  
природокористування

**О.А. Ткачук, В.О. Шадура**

# **ВОДОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ**



Навчальний посібник

Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України як  
навчальний посібник для студентів ВНЗ, які навчаються за  
напрямами професійної підготовки «Гідротехніка (водні  
ресурси)» та «Будівництво»

Рівне 2010



Національний університет

**УДК 63:628.1**

**ББК 38.761.я.7**

**Т 66**

Рекомендовано Міністерством освіти і науки України  
(Лист від 29 червня 2010 р. № 1/11-5769)

Рецензенти:

Хоружий П.Д., доктор технічних наук, професор, зав. відділом водопостачання і водовідведення Інституту гідротехніки і меліорації УААН;

Найманов А.Я., доктор технічних наук, професор, директор інституту «Міське господарство і охорона навколишнього середовища» Донбаської академії будівництва та архітектури;

Рокочинський А.М., доктор технічних наук, професор, завідувач кафедри гідромеліорацій Національного університету водного господарства та природокористування.

**Ткачук О.А., Шадура В.О.**

**Т 66** Водопровідні мережі: Навчальний посібник. - Рівне: НУВГП, 2010. – 146 с.

Наведено основні принципи розрахунків та проектування водопровідних мереж і взаємодіючих з ними інших споруд системи подачі та розподілення води: водоводів, водонапірних башт та резервуарів. Розглянуто конструктивні особливості водопровідних мереж та споруд на них.

Навчальний посібник призначено для студентів ВНЗ, які навчаються за напрямами професійної підготовки «Гідротехніка (водні ресурси)» та «Будівництво».

**УДК 63:628.1**  
**ББК 38.761.я.7**

© О.А. Ткачук, В.О. Шадура, 2010  
© Національний університет водного господарства та природокористування, 2010



## ВСТУП

При підготовці фахівців водного та будівельного профілів провідне місце займає проектування водопровідних мереж і споруд, що взаємодіють із ними. Вони є складовою частиною будь-якої системи водопостачання і в комплексі із напірно-регулювальними спорудами (резервуарами чистої води, водонапірними баштами і колонами), насосними станціями, водоводами становлять систему подачі та розподілення води. Проектування водопровідних мереж пов'язано з вирішенням комплексу питань водозабезпечення населених пунктів. Це визначення типу системи водопостачання та її схеми, розмірів водоспоживання, гідравлічні та техніко-економічні розрахунки водоводів та водопровідних мереж, їх деталювання і конструювання тощо.

У навчальному посібнику, крім основних теоретичних положень, наведено наскрізний приклад, який коментує прийняті технічні рішення і проведені розрахунки. Наведено рекомендації з вибору та обґрунтування систем і схем водопостачання, розрахунків водоспоживання, водопровідних мереж, напірно-регулювальних споруд і насосів насосних станцій другого підйому. Додатки містять основний довідковий матеріал, необхідний для виконання розрахунків і проектування водопровідних мереж та споруд на них. Матеріал розраховано на закріплення теоретичних знань студентами, їх застосування при вирішенні інженерних завдань та набуття навичок самостійної роботи при виконанні курсових і дипломних проектів.

Друге видання перероблене і доповнене техніко-економічними розрахунками на основі чистого дисконтованого доходу, визначенням розрахункових витрат води залежно від рівнів забезпеченості споживачів водою, вузлових відборів води кількісним методом, діаметрів труб із врахуванням зміни в часі впливових параметрів. При підготовці навчального посібника використано власний багаторічний досвід проведення досліджень на діючих системах подачі та розподілення води населених пунктів України, а також викладання аналогічного курсу для студентів напрямів підготовки «Будівництво» та «Гідротехніка (водні ресурси)». Вступ, розділи 2 та 3 написав О.А.Ткачук; д-р. техн. наук, професор, розділи 4 та 5 – В.О.Шадура, канд. техн. наук, доцент, розділ 1 – спільно. Загальна редакція – О.А.Ткачука.





## 1. ОБ'ЄКТ, СИСТЕМИ І СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Об'єктом водопостачання, в більшості випадків, є населений пункт (місто, селище, село), на території якого розташовано житлові квартали, виробничі (промислові, сільськогосподарські) підприємства, громадські та комунально-побутові заклади, парки тощо. Усі вони є споживачами води і тому їх основні показники повинні бути враховані при проектуванні водопровідних мереж.

### 1.1. Склад і обсяги проектних робіт

Водопровідні мережі, як правило, проектують у дві стадії, першою з яких є стадія технічного проекту, а другою - стадія робочих креслень.

**На стадії технічного проекту** визначають:

- розміри водоспоживання та подачі води насосами в мережу;
- місце розташування водонапірної башти, конфігурацію мережі в плані та схему її живлення;
- матеріал, тип і діаметри труб;
- об'єми резервуарів і водонапірної башти;
- висоту водонапірної башти та напори насосів, що живлять мережу (на основі гідравлічних розрахунків);
- вартість будівництва мереж і споруд за укрупненими показниками.

**На стадії робочих креслень:**

- складають конструктивну схему мережі;
- проводять деталювання вузлів мережі та складають специфікації труб, фасонних частин і арматури;
- конструюють такі споруди, як переходи через природні та штучні переходи (дюкери, акведуки, естакади), камери регулювання потоків тощо.

В окремих випадках для нескладних об'єктів розробляють проекти в одну стадію: **техно-робочий проект**. Саме такий підхід передбачено у курсовому та дипломному проектуванні. Усі розрахунки та обґрунтування проектних рішень студенти повинні виконувати у пояснювальній записці з необхідними графічними схемами та робочими кресленнями.



**Пояснювальна записка** повинна бути короткою і складатися із вступу, основних розділів, пунктів і підпунктів (якщо необхідно), списку літератури та її змісту. Основну увагу слід зосередити на обґрунтуванні прийнятих рішень. Текст записки ув'язують із кресленнями та графічними вкладками. В записці наводять список літератури, нормативних документів і типових проектів, які застосовувались у проекті для обґрунтування прийнятих рішень. У тексті записки обов'язкові посилання на наведену літературу, наприклад [6, п. 2.2]. Це відповідає даним пункту 2.2 першоджерела, яке стоїть під номером 6 у списку літератури.

Записку оформлюють на листах формату А4 (210x297 мм). Допускається використання листів формату А3 (297x420 мм). Текст записки оформлюють, дотримуючись таких розмірів полів: верхнє, ліві і нижнє – 20 мм, праве – 10 мм. Абзацний відступ повинен бути однаковим по всьому тексту і має дорівнювати 5 мм. При підготовці записок на комп'ютерах враховують додаткові вимоги до їх оформлення: розмір шрифту – 14 кегль; інтервал між рядками – 1,5.

**Сторінки записки** нумерують арабськими цифрами з наскрізною нумерацією для всього тексту, включаючи рисунки, таблиці і додатки. Нумери сторінок проставляють по центру нижнього поля. Нумерацію починають із титульної сторінки, на якій номер не проставляють.

**Розділи, підрозділи і параграфи** повинні мати заголовки, виділені перед текстом. Їх пишуть без крапки в кінці, не підкреслюючи. Заголовки розділів розташовують посередині рядка, а підрозділів і параграфів – з абзацного відступу. Якщо заголовок складається із двох і більше речень, їх розділяють крапкою. Переноси слів у заголовках не допускаються. Заголовки не слід поміщати в нижній частині сторінки, якщо після нього розташовано менше двох рядків тексту. Заголовки пунктів і підпунктів поміщають на початку тексту. Вони можуть бути представлені окремим реченням або його першою частиною. Їх виділяють жирним шрифтом, курсивом чи підкреслюють.

Розділи, підрозділи, параграфи, пункти і підпункти записки мають порядкову нумерацію. Їх позначають арабськими цифрами. Підрозділи мають порядкову нумерацію в межах кожного розділу, параграфа – в межах підрозділу, пункту – в межах параграфу і т.д. Їх номери складаються із номера розділу, порядкового номера



підрозділу (параграфу, пункту, підпункту), які розділені крапками, наприклад, 1.1, 1.1.2, 1.3.5.2. Кількість чисел у номері: розділу – 1, підрозділу – 2, параграфу – 3, пункту – 4, підпункту – 5 (всього не більше п'яти).

**Ілюстрації** (рисунок, графіка, схеми) необхідно розташовувати після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Під ілюстраціями розміщують їх назви, а при необхідності і роз'яснювальні дані (підрисунковий текст), наприклад, «Рис. 3.2. Схема розміщення трубопроводів...». Номери ілюстрацій включають номер розділу і свій порядковий номер у межах даного розділу, розділених крапкою, наприклад, Рис. 3.2, що означає: другий рисунок третього розділу.

**Таблиці** необхідно розташовувати безпосередньо після тексту, в якому вони згадуються вперше, або на наступній сторінці. Таблиці нумерують арабськими цифрами. Їх номер складається із номера розділу і порядкового номера таблиці в межах даного розділу, які розділені крапкою, наприклад, таблиця 2.1 — перша таблиця другого розділу. Назву таблиці розміщують над нею, починаючи із наступного рядка після слова «Таблиця» із її номером. Назва повинна бути короткою і відображати зміст таблиці, наприклад, «Характеристики споживачів води». Таблиці можуть мати примітки, які розміщують під ними. Одну примітку не нумерують, а після слова «Примітка» ставлять крапку і з прописної букви в тому ж рядку наводять текст примітки. Декілька приміток нумерують послідовно арабськими цифрами з крапкою, а після слова «Примітка» ставлять дві крапки і наводять номер і текст першої примітки. Інші примітки наводять з абзацу нових рядків.

**Формули й рівняння** нумерують по порядку в межах кожного розділу записки. Номер формули складається з номера розділу і порядкового номера формули, розділених крапкою, наприклад, (1.3) – третя формула першого розділу. Номер формули вказують у тому ж рядку, що і сама формула, у дужках справа на краю рядка. Якщо формула містить символи чи числові коефіцієнти, які трапляються в тексті записки вперше, то після формули ставлять кому, а в наступному під нею рядку пишуть слово «де» і наводять їх пояснення в тій послідовності, в якій вони проставлені у формулі. Пояснення для кожного символу наводять з абзацу у новому рядку із зазначенням одиниць виміру. Якщо символи і коефіцієнти мали



пояснення у попередніх формулах чи у тексті, то після формули ставлять крапку.

**Точність розрахунків** повинна відповідати точності вихідних даних. Тому доцільно всі розрахунки проводити з такою точністю: добові витрати - до 1 або  $10 \text{ м}^3/\text{доб}$ ; погодинні витрати - до 0,1 або  $1 \text{ м}^3/\text{год}$ ; секундні (розрахункові) витрати - до 0,1 л/с; втрати напорів у трубопроводах, вільні напори та п'езометричні позначки у вузлах мережі – до 0,1 чи 0,01 м; об'єми башт та резервуарів чистої води (РЧВ) - до 1 чи  $10 \text{ м}^3$ .

**Пояснювальна записка** курсового проекту може включати такі основні розділи:

Вступ

1. Характеристика об'єкта, вибір системи і схеми водопостачання.
2. Визначення розрахункових витрат води.
3. Проектування водопровідної мережі.
4. Розрахунок водоводів та споруд на них і мережі.
5. Конструювання водопровідної мережі.

Список літератури.

**Графічна частина** пояснювальної записки може включати:

Рис. 1. План забудови міста в масштабі 1:10 000 із нанесеною водопровідною мережею, діаметрами і довжинами її ділянок.

Рис. 2. Ситуаційний план розміщення об'єкта водопостачання в масштабі 1:50000 із нанесеними усіма водопровідними спорудами.

Рис. 3. Висотна схема системи водопостачання з експлікацією споруд.

Рис. 4. Добові графіки водоспоживання й подачі води насосною станцією другого підняття (ступінчастий та інтегральний).

Рис. 5. Розрахункова схема водопровідної мережі.

Рис. 6. Попередній розподіл потоків води на ділянках мережі при максимальному водовідборі.

Рис. 7. Попередній розподіл потоків води на ділянках мережі при максимальному транзиті в башту з найбільшою подачею води в мережу.

Рис. 8. Попередній розподіл потоків води на ділянках мережі при пожежогасінні в годину максимального водовідбору.

Рис.9. Результати гідравлічних розрахунків водопровідної мережі при максимальному водовідборі.



Рис. 10. Результати гідравлічних розрахунків водопровідної мережі при транзиті.

Рис. 11. Результати гідравлічних розрахунків водопровідної мережі при пожежогасінні.

Рис. 12. Схема водонапірної башти з обладнанням її трубопроводами та розрахунковими позначками.

Рис. 13. Схема резервуара чистої води з обладнанням його трубопроводами та розрахунковими позначками.

Рис. 14. Поздовжній профіль по контуру магістральної мережі (масштаб: вертикальний 1:200 та горизонтальний 1:10000).

**Робочі креслення** слід виконувати в достатньому об'ємі для проведення будівельно-монтажних робіт. Вони можуть включати:

- плани водопровідних мереж, які виконують на основі детальних планів забудови населених пунктів, на яких показують всі водопровідні лінії, їх довжини та діаметри, розташування гідрантів, водорозбірних колонок, водовипусків, засувок, іншої водопровідної арматури та колодязів із їх, номерами;
- деталювання водопровідної мережі з нанесенням схем колодязів, розміщенням в них фасонних частин та арматури, позначенням їх номерів, діаметрів труб та прив'язкою до стінок колодязів;
- специфікації труб, фасонних частин та арматури, збірних залізобетонних елементів (можуть бути наведені і в пояснювальній записці);
- робочі креслення колодязів, камер, переходів під дорогами, через водойми тощо.

Креслення виконують в оптимальних масштабах з урахуванням їх складності та насиченості інформацією. Їх масштаб зазначають у штампі, а не на кресленнях, за винятками, які передбачені у відповідних стандартах (коли якийсь вузол, розріз чи план виконано на листі в іншому масштабі, ніж зазначено).

Зверху над кресленням вказують його назву, наприклад: **План на відм. 0,000 ; План 3 - 3 ; Розріз 1 – 1**. Координатні вісі наносять на зображення тонкими штрих-пунктирними лініями з довгими штрихами. Їх позначають арабськими цифрами і великими літерами українського алфавіту (за винятком літер *З, Е, І, Й, О, Х, Ц, Ч, Щ, Ь*), які наводять у кружках діаметром 6...12 мм. Пропуски в цифрах і літерах недопустимі. Цифрами позначають координатні вісі на



сторони споруди з їх більшою кількістю. Якщо не достатня кількість літер алфавіту, наступні вісі позначають двома літерами, наприклад АА, ББ, ВВ і т.д. Послідовність цифрових і літерних позначень координатних осей приймають на плані зліва направо і знизу вверх.

Відмітки рівнів (висоти, глибини) устаткування, трубопроводів позначають умовним знаком, а значення вказують у метрах з трьома десятинними знаками, які відокремлені комою. На розрізах і перерізах відмітки розміщують на виносних лініях. На планах відмітки проставляють у прямокутнику.

На планах напрямом ухилу площин вказують стрілкою, над якою проставляють величину ухилу у відсотках (5%), як відношення висоти до довжини (1 : 7), або в промілях ( $\angle 10\text{‰}$ ).

До схем розташування елементів збірних конструкцій, установок технологічного, санітарно-технічного устаткування складають специфікації за формою, яку наведено в додатку 17. При виконанні креслень складають групові специфікації за формою додатку 15.

Специфікації наводять на листах креслень формату А3 над штампом. В окремих випадках, дозволяється специфікації наводити в додатках до пояснювальної записки.

## **1.2. Характеристика об'єкта водопостачання**

Розташування об'єкта водопостачання (населеного пункту) на місцевості показують на планшетах у відповідному масштабі (рис. 1.1), де крім природних об'єктів (річки, болота, ліси) позначають головні дороги, найближчі населені пункти (при необхідності), а також основні водопровідні лінії та споруди, необхідні для обґрунтування системи й схеми водопостачання.

Основою для проектування водопровідної мережі є перспективний план міста (генплан) або план його забудови. На ньому повинні бути вказані всі житлові квартали кожної зони забудови, вулиці та проїзди, міські зелені насадження, підприємства, комунально-побутові й громадські заклади (при необхідності), природні і штучні перешкоди (ріки, залізні дороги та ін.). Пізніше на нього наносять водопровідні лінії (п. 1.4) і зазначають місця розташування водопровідних споруд: башт, насосних станцій тощо (рис. 1.2).

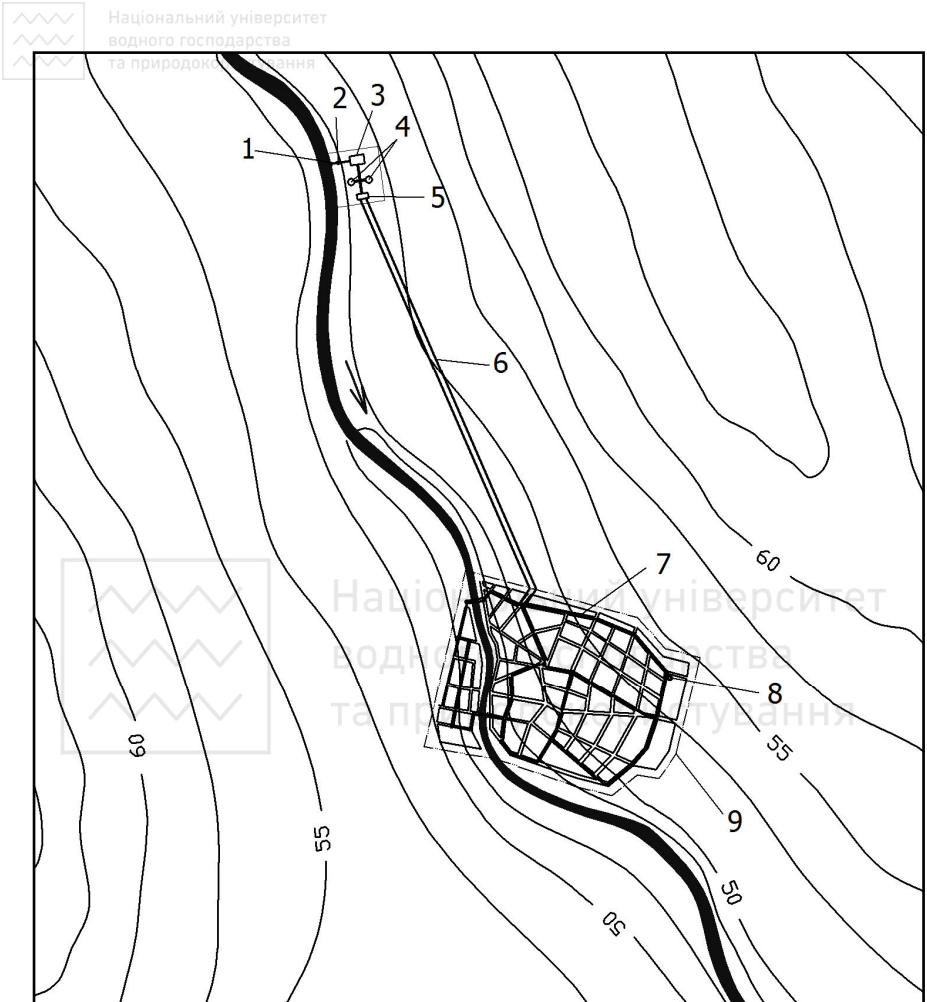


Рис. 1.1. Схема системи водопостачання міста із зображенням на ситуаційному плані місцевості :

1 – водозабірні споруди; 2 – насосна станція I-го підняття; 3 – станція водопідготовки; 4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція II-го підняття; 6 – водоводи; 7 – водопровідні мережі; 8 – водонапірна башта; 9 – границя населеного пункту.





Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Умовні позначення



1-ша зона забудови  
(багатоповерхова)



2-га зона забудови  
(малоповерхова)



Підприємства



Парки, сквери



Магістральні лінії  
водопровідної мережі



Водоводи



Водонапірна башта

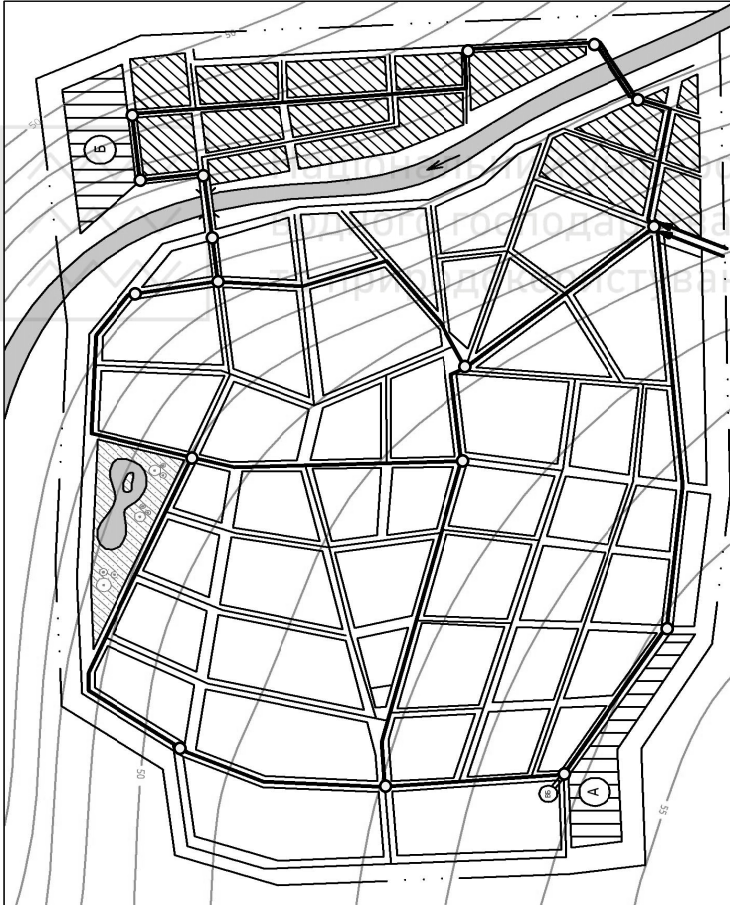


Рис. 1.2. План забудови і водопровідних мереж міста





Використовуючи план забудови населеного пункту, наводять коротку характеристику водоспоживачів:

- населення, що проживає в житлових зонах забудови (його чисельність, кількість поверхів, ступінь санітарного благоустрою житла);
- виробничих підприємств (промислових, сільськогосподарських), зокрема їх назви, об'єми продукції, що вони виготовляють, режими роботи протягом доби й року, показники пожежної безпеки, необхідний напір на ввіді тощо;
- громадських та комунально-побутових закладів (їх назви, об'єм будівлі, кількість поверхів тощо);
- територій, що поливають із водопроводу (квітники, газони, присадибні ділянки, теплиці), їх площ, графіків поливу протягом року, кількість поливів за добу.

При визначенні площ поливу необхідно враховувати, що питну воду для миття і поливу вулиць, майданів та інших територій з твердим покриттям не використовують [2, с. 10], віддаючи перевагу воді технічної якості, яку розвозять поливні автомобілі.

Кількість населення, що проживає в місті, наводять окремо для кожної житлової зони або мікрорайону. Для існуючих населених пунктів кількість населення, приймають за даними міського архітектурного чи обласного планово-економічного управління.

Залежно від специфіки і глибини проектних розробок наводять необхідні інженерно-геологічні дані. Зокрема, кліматичні й гідрогеологічні умови будівництва водопроводу (глибина промерзання ґрунту та залягання ґрунтових вод, види ґрунтів на трасах трубопроводів, температура повітря, тривалість поливного періоду населеного пункту тощо).

Окремо вказують вартість 1 кВт-год електроенергії.

**Приклад:** Об'єктом водопостачання є місто, розташування якого показано на планшетах (рис. 1.1) та плані забудови (рис. 1.2). Місто має характерні дві житлові зони забудови: багатоповерхову (5 поверхів) та малоповерхову (2 поверхи). В багатоповерховій зоні проживає 56000 жителів, будинки з централізованим гарячим водопостачанням, 6-й ступінь благоустрою житла за додатком 2. В малоповерховій зоні проживає 10000 жителів, будинки обладнані ваннами з місцевими водонагрівачами (ступінь благоустрою житла – 5).

В місті знаходяться два промислових підприємства: маслозавод (А) і трикотажна фабрика (Б). Їх характеристики наведено у табл. 1.1.



Характеристики промислових підприємств.

Позначення	Назви підприємств	Кількість змін	Кількість продукції, що випускається		Об'єм найбільшої будівлі, тис.м <sup>3</sup>	Категорія виробництва за пожежною безпекою	Ступінь вогнестійкості будівлі	Необхідний напір, м
			за добу	за макс. зміну				
А	Маслозавод	1	25	25	20	В	III	18
Б	Трикотажна фабрика	1	10	10	15	Г	V	22

В теплий період року на протязі 160 діб здійснюється полив квітників і газонів (загальною площею 1,4 га), а також присадибних ділянок (загальною площею 1,2 га). Грунти на трасі водопроводу – піски. Глибина їх промерзання – 1,4 м. Грунтові води залягають на глибині 2,0 м.

### 1.3. Визначення системи водопостачання

Система водопостачання, як комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, транспортування й розподілу водоспоживачам, повинна забезпечувати подачу необхідної кількості води на потреби всіх категорій споживачів. При цьому дисконтвані витрати на будівництво й експлуатацію водопровідних споруд повинні бути мінімальними, а також не порушуватись екологічна рівновага навколишнього середовища.

Залежно від характеристик об'єкта водопостачання й розмірів водоспоживання приймають централізовану чи локальні системи водопостачання з використанням підземних або поверхневих вод. Централізована система водопостачання повинна забезпечити господарсько-питне водоспоживання, виробничі потреби підприємств, витрати води на полив і гасіння пожеж [6, п. 4.3 та 4.4]. Такий водопровід вважають об'єднаним (господарсько-питним, виробничим і пожежним). Локальні водопроводи забезпечують подачу води тільки для окремих споживачів (промислових підприємств, тваринницьких ферм або груп багатопверхових будинків).

Часто подачу питної води здійснюють по об'єднаному господарсько-питному і пожежному водопроводу, а води технічної якості – по виробничому (для забезпечення технологічних потреб окремих підприємств і поливання територій).



Найчастіше пожежний водопровід приймають низького тиску, що забезпечує вільний напір в мережі на рівні поверхні землі при пожежогасінні не менше 10 м [6, п. 2.29]. Для населених пунктів з кількістю жителів до 5 тис. чол., в яких немає професійної пожежної охорони, пожежний водопровід приймають високого тиску, який повинен забезпечити висоту компактного струменю не менше 10 м на рівні найвищої точки найвищої будівлі [6, п. 2.30].

Конкретну систему водопостачання вибирають після обґрунтування можливих схем водопостачання по кожній системі та їх зіставлення на основі техніко-економічних розрахунків. Крім цього, порівнянням варіантів повинні бути обґрунтовані [2, 6, 13, 14]:

- джерела водопостачання і їх використання для різних категорій споживачів;
- необхідність зонування системи подачі та розподілу води, застосування станцій регулювання й станцій підкачування;
- повторне використання води й доцільність зворотного водопостачання на підприємствах;
- черговість введення в дію окремих споруд чи елементів.

При кількох можливих джерелах водопостачання (поверхневі та підземні) попередньо вивчають технічні умови забору та подачі води. Зокрема, можливість використання підземних вод при значній глибині їх залягання, невеликому дебіту свердловин або поверхневих вод при значній їх віддаленості від об'єкта водопостачання, низькій якості води у водоймі. Окремо визначають доцільність використання підземних вод для господарсько-питних цілей та поверхневих для виробничих. Наприклад, при більшій продуктивності та нижчих вимогах до якості води із виробничого водопроводу ніж господарсько-питного. Кожний з них, як правило, об'єднують з пожежним [6, п. 2.11].

**Приклад:** У даному проекті приймаємо централізовану систему водопостачання [6, п. 4.3]. Вона повинна забезпечити господарсько-питне водоспоживання, виробничі потреби підприємств, витрати води на полив і гасіння пожеж. Такий водопровід вважають об'єднаним.

Пожежний водопровід приймаємо низького тиску [6, п. 2.29, 2.30]. Вільний напір в будь якій точці мережі (на рівні поверхні землі) при пожежогасінні повинен бути не менше 10 м.

Максимальний вільний напір у мережі об'єднаного водопроводу не повинний перевищувати 60 м.



#### 1.4. Обґрунтування схеми водопостачання

Після вибору системи водопостачання визначають кількість і типи споруд, що входять до її складу (рис. 1.1) і обґрунтовують – схему водопостачання [1, 2, 6, 13, 14], яка буде проектуватись. Схемою системи водопостачання, крім складу споруд, необхідно передбачити їх взаємозв'язок і послідовність розташування на місцевості.

Для визначених систем водопостачання розглядають кілька варіантів найбільш доцільних схем. Це стосується не тільки вибору джерел водопостачання, але й способів подачі води до об'єкта водопостачання та влаштування системи подачі та розподілення води. Так, водоводи, що транспортують воду до об'єкта, слід прокласти найкоротшим шляхом, але враховувати наявність природних та штучних перешкод на їх трасі (ріки, болота, залізничні колії, виробничі території тощо). Трасування водоводів в обхід окремих перешкод може призвести до зміни схеми живлення водопровідної мережі, включення в схему додаткових водопровідних споруд.

Для кожної з визначених систем водопостачання і вибраних для них схем, що задовольняють всім технічним умовам забезпечення водою споживачів, обчислюють **техніко-економічні показники** [1, 2, 7, 11..15], за якими визначають найоптимальніший варіант. Основним серед цих показників в умовах ринкової економіки є **чистий дисконтований дохід (Чдд)** [7], який визначають за формулою

$$Чдд = \sum_{t=0}^T \frac{P_t}{(1+e)^t}, \quad (1.1)$$

де  $t$  - роки реалізації проекту ( $t = 0 \dots T$ );

$e$  - норма прибутку або коефіцієнт дисконтування;

$P_t$  - чистий грошовий потік у  $t$ -му періоді (році), який є різницею між сумою притоків (прибутків)  $\Pi_t$  і відтоків (затрат)  $B_t$ , що включають необхідні для реалізації проектів капітальні і поточні затрати без повторного рахування однакових витрат.

**Чистий дисконтований дохід або чиста нинішня вартість** – це сучасна вартість майбутніх грошових потоків, дисконтована на рівень граничної вартості капітальних вкладень. Нульове її значення вказує на те, що надходжень від інноваційного проекту достатньо для того, щоб відновити вкладений капітал (кошти) і забезпечити мінімально необхідний рівень дохідності від його вкладення. Якщо чиста нинішня вартість проекту позитивна, то він заслуговує визначення щодо його

реалізації. Чим вище величина  $Чдд$ , тим кращим є технічне рішення даного проекту.

При розрахунках систем водопостачання чистий дисконтований дохід ( $Чдд$ ) буде найвищим, якщо дисконтована на початок реалізації проекту величина його сумарних витрат  $B_n$  є найменшою. Це обумовлено тим, що незалежно від схеми система водопостачання повинна забезпечити розрахункове водоспоживання, а значить реалізувати споживачам однакову кількість води за весь розрахунковий період. Враховуючи, що для будь-якого варіанту схеми тарифів на воду також однакові в кожний дискретний момент часу, дисконтована прибуткова частина  $\Pi_n$  буде однаковою. При цьому витратна частина  $Чдд$  має включати капітальні і поточні затрати без повторного рахування однакових витрат [2, 7, 12], а саме: будівельну вартість (капітальні затрати)  $K_t$  та витрати, що є складовими тарифу на воду, – амортизаційні відрахування  $B_{a_t}$ , вартість електроенергії на підняття і транспортування води  $B_{el_t}$ , витрати на заробітну плату  $B_{zn_t}$  та можливі інші неоднакові відрахування  $B_{in_t}$ .

$$B_n = \sum_{t=0}^T \frac{B_t}{(1+e)^t} = \sum_{t=0}^T \frac{K_t + B_{a_t} + B_{el_t} + B_{zn_t} + B_{in_t}}{(1+e)^t} \quad (1.2)$$

**Норма прибутку** (коефіцієнт дисконтування)  $e$  – це процентна ставка, що характеризує відносні зміни в оцінці грошей за певний період (найчастіше – один рік). Слід враховувати, що саме поняття «дисконтування» пов'язано з нестабільною ціною грошей і означає зіставлення економічних показників різних років до однакового в часі виду. Так, сума грошей в момент їх вкладання у проект має більшу цінність ніж у майбутньому, або навпаки. Норма прибутку (дисконту) може прийматись рівною фактичній ставці відсотків за довгостроковими позичками на ринку капіталу або ставці відсотку, що сплачує одержувач позики. Вона не повинна бути меншою величини, нижче якої суб'єкту підприємницької діяльності не вигідно вкладати свої кошти в даний проект.

**Строки реалізації проекту**  $T$  визначають складність і масштабність самого проекту, а також умови його фінансування. Так, при реалізації інвестиційних коштів, коли інвестор зацікавлений в найшвидшому поверненні своїх вкладень і отриманні прибутку у визначений короткотривалий строк, це може становити кілька років. При використанні бюджетних коштів, або коли питання прибутковості від функціонування системи водопостачання є другорядним, цей

термін приймають рівним розрахунковому строку служби всієї системи чи даного трубопроводу.

**Термін окупності** застосовують для визначення ефективності проектів, якщо вони є прибутковими. Це – період відшкодування вкладених коштів (інвестицій), що визначається такою величиною часу реалізації проекту  $T_{ок}$ , при якому дискontовані інвестиційні вкладення будуть компенсовані дискontованими доходами.

**Будівельну вартість** приймають за типовими проектами чи укрупненими показниками, а експлуатаційні витрати – за відповідними рекомендаціями [7, 11, 13].

При реконструкції водопровідних мереж, основну увагу приділяють не вибору схеми водопостачання й новому проектуванню, а аналізу роботи існуючих мереж, розрахункам та обґрунтуванню можливих варіантів реконструкції [7, 15]. Відповідно до цього змінюється і зміст пояснювальної записки.

### Контрольні питання

1. *Що є об'єктом водопостачання?*
2. *Що входить до складу технічного проекту водопровідних мереж міста?*
3. *Що входить до складу робочих креслень водопровідних мереж міста?*
4. *В яких випадках розробляють техно-робочий проект водопровідних мереж міста?*
5. *Як оформлюють пояснювальну записку проекту?*
6. *Як оформлюють графічні креслення проекту?*
7. *Яка точність розрахунків?*
8. *Що є основою для проектування водопровідних мереж?*
9. *Основні категорії водоспоживачів у місті.*
10. *Що входить до складу системи водопостачання міста?*
11. *Яким системам водопостачання віддають перевагу в містах України?*
12. *Який тип пожежного водопроводу влаштовують у містах?*
13. *Які техніко-економічні показники застосовують для обґрунтування схеми водопостачання?*
14. *Що означає поняття „чистий дискontований дохід”?*
15. *Як визначити термін окупності проекту?*



## 2. ВОДОСПОЖИВАННЯ І РОЗРАХУНКОВІ РЕЖИМИ

Розрахункові витрати води (добові, погодинні, секундні) визначають для всіх категорій споживачів, що витрачають її на різні цілі:

- господарсько-питні потреби населення, тобто всі види водоспоживання, зумовлені побутом людей: приготування, їжі, особиста гігієна, прання, прибирання помешкань тощо; сюди також входять витрати води на господарсько-питні та побутові потреби в громадських і комунально-побутових установах, зокрема, закладах, що забезпечують населення продуктами харчування; таку категорію споживачів відносять до комунального сектору; окремо слід враховувати витрати води для будинків відпочинку та санаторно-туристських комплексів і таборів, які приймають за СНиП 2.04.01-85 або за технологічними даними;
- витрати води на підприємствах для господарсько-питних потреб, на технологічні цілі різних виробництв, а також у душових;
- полив зелених насаджень і територій;
- гасіння пожеж у населених пунктах і на підприємствах.

### 2.1. Добові й річні витрати води

**Середні добові витрати води** (за рік), м<sup>3</sup>/доб, на господарсько-питні потреби в комунальному секторі визначають за формулою [6, п. 2.2; 13, с. 36]

$$Q_{сер}^{доб} = \frac{q \cdot N \cdot K_m}{1000}, \quad (2.1)$$

де  $q$  - середньодобове питоме водоспоживання людиною, л/(доб.люд.) [6, п. 2.1]; див. додаток 2;

$N$  - розрахункова кількість жителів у районах житлової забудови різного ступеню благоустрою;

$K_m$  - коефіцієнт, що враховує потреби місцевої промисловості, громадських і побутових закладів, зокрема, тих, що забезпечують населення продуктами харчування ( $K_m = 1,1..1,2$ ) [6, табл. 1, прим. 4; 8, с. 16].



Розрахункові витрати води за добу найбільшого і найменшого водоспоживання, м<sup>3</sup>/добу, становлять

$$Q_{\text{макс}}^{\text{доб}} = Q_{\text{сер}}^{\text{доб}} \cdot K_{\text{макс}}^{\text{доб}}, \quad (2.2)$$

$$Q_{\text{мін}}^{\text{доб}} = Q_{\text{сер}}^{\text{доб}} \cdot K_{\text{мін}}^{\text{доб}}, \quad (2.3)$$

де  $K_{\text{макс}}^{\text{доб}}$  і  $K_{\text{мін}}^{\text{доб}}$  - максимальний і мінімальний коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання, які враховують устрій життя населення, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, зміни водоспоживання протягом року, днів тижня:

$$K_{\text{макс}}^{\text{доб}} = 1,1..1,3; \quad K_{\text{мін}}^{\text{доб}} = 0,7..0,9 \quad [6, \text{п. 2.2}].$$

**Витрати води на полив**, м<sup>3</sup>/доб, визначають за формулою

$$Q_{\text{пол}} = 10 \cdot q_n \cdot F_n \cdot m, \quad (2.4)$$

де  $q_n$  - питомі витрати на один полив, л/м<sup>2</sup>, які залежать від виду поливної території та кліматичних умов [6, п.2.3], додаток 3;

$F_n$  - площа поливу, га;

$m$  - кількість поливів за добу,  $m = 1..2$  [6, п. 2.3].

Якщо дані про поливні території (види й благоустрої територій, площі поливу) відсутні, то витрати води на полив визначають за формулою (2.1), приймаючи питоме середньодобове споживання води за поливний період в розрахунку на одного жителя рівним  $q = 50..90$  л/(доб·люд) залежно від кліматичних умов, продуктивності джерела водопостачання, ступеню благоустрою зон забудови населеного пункту та інших місцевих умов [6, п.2.3]. Витрати води на полив приймають, як правило, рівномірними протягом усього поливного періоду.

**Витрати води на підприємствах** включають витрати на технологічні потреби, господарсько-питні цілі та користування душами. Залежно від точності вихідних даних (режимів роботи підприємств, кількості продукції, що виготовляють за зміну, добу і протягом року, кількості працівників, зайнятих на виробництві, тепловиділень в цехах, забруднень одягу робітників, графіків відбору води з мережі тощо), об'єму та призначення розрахунків загальні витрати води на підприємстві визначають як суму технологічних, господарсько-питних та витрат в душових [8, 13].





В більшості випадків при проектуванні міських водопровідних мереж точно визначати вихідні дані для кожного підприємства недоцільно. Цілком достатньо головних показників, які визначають величини витрат води та режими водоспоживання протягом доби, року тощо. Серед таких показників може бути кількість продукції, що виготовляють за певний період (рік, добу, зміну), графіки відбору води з мережі у власні резервуари тощо.

Накопичений досвід проведення розрахунків водоспоживання на підприємствах показує, що для більшості з них воду витрачають, в основному, на технологічні потреби. Крім того, існуючі нормативи укрупнених показників водоспоживання в промисловості [10] дозволяють враховувати витрати води на побутові цілі (господарсько-питні та і душових) залежно від кількості виготовленої продукції. Порівняльний аналіз „точних” розрахунків з „укрупненими” показує, що похибки у визначені добових витрат води та за зміну практично відсутні (зростають при збільшені питомої кількості робітників, що виготовляють одиницю продукції). Розбіжності у погодинних витратах води не перевищують 3...10 % і припадають на годину приймання душів. В цілому по населеному пункту з врахуванням витрат води всіма споживачами розбіжності у розрахунках не перевищують 1...3 %, що цілком відповідає точності вихідних даних. Тому витрати води, м<sup>3</sup>, на підприємствах слід визначати за формулою

$$Q_{np} = P \cdot q_{np}, \quad (2.5)$$

де  $P$  - кількість продукції, що виготовляє підприємство за визначений період (зміну, добу, рік);

$q_{np}$  - питома витрата води на одиницю продукції, що випускає підприємство, м<sup>3</sup>, за визначений період [10], додаток 4.

Технологічні процеси більшості виробництв передбачають використання води як питної, так і технічної якості. Тому величина  $q_{np}$  може включати:

- суму питомих витрат води технічної й питної якості для об'єднаного господарсько-питного і технічного (виробничого) водопроводу;
- окремо питомі витрати води технічної та питної якості (на технологічні і побутові цілі) у випадку, коли проектують два окремих водопроводи: господарсько-питний та виробничий [9].



Мінімальні й максимальні витрати води на підприємствах визначають за формулами 2.2 і 2.3 залежно від коефіцієнтів зміни водоспоживання у літній та зимовий періоди  $K_{літ}$  та  $K_{зим}$  [10]. Для наближених розрахунків їх значення наведені у додатку 4.

Після обчислення витрат води для кожної групи споживачів визначають загальні розрахункові максимальні, середні та мінімальні добові витрати води, що відбираються з водопроводу населеного пункту. Як правило, всі обчислення та результати розрахунків наводять у таблицях (див. приклад, наведений нижче).

**Річні витрати води** визначають на основі середньодобових  $Q_{сер}^{доб}$ , м<sup>3</sup>/рік, за формулою

$$Q_{рік} = Q_{сер.н}^{доб} T_n + Q_{сер.н.н}^{доб} T_{н.н}, \quad (2.6)$$

де  $Q_{сер.н}^{доб}$  та  $Q_{сер.н.н}^{доб}$  - середньодобові витрати води підприємством в поливний та неполивний періоди, м<sup>3</sup>/доб;

$T_n$  і  $T_{н.н}$  - тривалість цих періодів, діб:

$$Q_{сер.н.н}^{доб} = Q_{сер.}^{доб} - Q_{пол}, \quad (2.7)$$

$$T_{н.н} = 365 - T_n. \quad (2.8)$$

**Приклад:** Для населеного пункту, характеристики споживачів води якого наведені у розділі 1, необхідно визначити добові та річні витрати води. Розрахунки добових витрат окремими категоріями споживачів наведені в табл. 2.1 ... 2.3.

Таблиця 2.1

Добові витрати води населенням

Зона забудови	Кількість жителів $N$ , осіб	Питоме водоспоживання $q$ , л/(доб люд)	Невраховані витрати $K_m$	Коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання		Добові витрати, м <sup>3</sup> /доб		
				$K_{max}$	$K_{min}$	$Q_{сер.}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$
Багатоповерхова	56000	300	1,1	1,1	0,9	18480	20328	16632
Малоповерхова	10000	200	1,2	1,2	0,8	2400	2880	1920
<b>Всього:</b>	<b>66000</b>	-	-	-	-	<b>20880</b>	<b>23208</b>	<b>18525</b>



Таблиця 2.2

Добові витрати води на потреби підприємств

Назва підприємства	Питома витрата на 1т продукції, м <sup>3</sup> /т	№ зміни	Кількість виготовленої продукції, т	Коефіцієнти зміни питомих витрат		Добові витрати, м <sup>3</sup> /доб		
				$K_{літ}$	$K_{зим}$	$Q_{сер.}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$
Маслозавод (А)	3,0	1	15	1,1	0,9	45	50	41
		2	10	1,1	0,9	30	33	27
	Всього за добу		25	1,1	0,9	75	83	68
Трикотажна фабрика (Б)	32	1	10	1,05	0,95	320	336	304
<b>Всього:</b>	-	-	-	-	-	<b>395</b>	<b>419</b>	<b>372</b>

Таблиця 2.3

Добові витрати води на полив

Вид території поливу	Площа поливу $F_n$ , га	Питомі витрати води $q_n$ , л/м <sup>2</sup>	Кількість поливів за добу $m$	Витрати води за добу, м <sup>3</sup> /доб		
				$Q_{сер.}$	$Q_{max}$	$Q_{min}$
Квітники і газони	1,4	5	1	70	70	0
Присадибні ділянки	1,2	10	1	120	120	0
<b>Всього</b>	<b>2,6</b>	-	-	<b>190</b>	<b>190</b>	<b>0</b>

Добові витрати води, що відбираються з міського водопроводу, визначають як суму витрат всіма категоріями споживачів, що отримують воду із об'єднаного водопроводу. Ці витрати наведено в табл. 2.4.

Річні витрати води становитимуть:

$$Q_{рік} = Q_{сер.н}^{доб} \cdot T_n + Q_{сер.н.н}^{доб} \cdot T_{н.н} = 21465 \cdot 160 + 21275 \cdot (365 - 160) = 7795775 \text{ м}^3/\text{рік}.$$



Підсумкова таблиця добових витрат води споживачами міста

№ з/п	Споживачі	Добові витрати, м <sup>3</sup> /доб		
		$Q_{сер}$	$Q_{макс}$	$Q_{мін}$
1	Населення:			
	- багатоповерхова зона	18480	20328	16632
	- малоповерхова зона	2400	2880	1920
2	Підприємства:			
	- маслозавод	75	83	68
	- трикотажна фабрика	320	336	304
3	Полив:			
	- квітники і газони	70	70	0
	- присадибні ділянки	120	120	0
	<b>Разом</b>	<b>21465</b>	<b>23817</b>	<b>18924</b>

## 2.2. Погодинні витрати води

Погодинні витрати води, м<sup>3</sup>/год, які відбирають з водопровідної мережі міста, визначають для кожної групи водоспоживачів окремо залежно від максимальних добових витрат населеного пункту. Погодинні витрати води для *господарсько-питних потреб населення* визначають окремо для кожної житлової зони за графіками-аналогами (додаток 6). Погодинний розподіл приймають залежно від максимальних коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання визначають для кожної зони забудови за формулою

$$K_{макс}^{год} = \alpha_{макс} \cdot \beta_{макс}, \quad (2.9)$$

де  $\alpha_{макс}$  - коефіцієнт, який враховує ступінь санітарного благоустрою будинків, режим роботи підприємств та інші місцеві умови:  $\alpha_{макс} = 1,2 \dots 1,4$  [6, п. 2.3];

$\beta_{макс}$  - коефіцієнт, який враховує кількість жителів  $N$  в населеному пункті [6, табл. 2], додаток 5.



При витратах  $Q_{\text{доб.макс}} \geq 200$  м<sup>3</sup>/доб коефіцієнт  $K_{\text{макс}}^{\text{год}}$  може визначатись за формулою [7]

$$K_{\text{макс}}^{\text{год}} = a + \frac{b}{\sqrt{Q_{\text{доб.макс}}}}, \quad (2.10)$$

де  $a$  і  $b$  - коефіцієнти, які залежать від величин забезпеченості споживачів водою  $P_o$ ; їх приймають залежно від категорії систем водопостачання (табл. 2.5).

Таблиця 2.5

Значення параметрів  $a$  і  $b$  у формулі 2.10 [7]

Категорія системи водопостачання	Рівень забезпеченості $P_o$	Параметри	
		$a$	$b$
1	0,005	1,18	20,1
2	0,01	1,17	17,7
3	0,015	1,16	16,3

Погодинні витрати води *на підприємствах* визначають окремо для кожної зміни, залежно від витрат води за зміну й тривалості зміни. Витрати на виробничі потреби визначають залежно від графіка технологічного процесу, наявності чи відсутності запасних і регульовальних ємностей на підприємстві тощо.

Якщо витрати води на побутові потреби визначались окремо від технологічних, то додатково розподіляють витрати на господарсько-питні потреби та на приймання душів [6, п. 2.4; 13, с. 44]. Погодинні витрати на господарсько-питні цілі визначають залежно від типу цехів і тривалості зміни за графіками-аналогами [13, табл. 2.19]. На прийняття душів витрати розподіляють із розрахунку 45 хв. після закінчення кожної зміни [13, с. 41]. В разі відсутності точних даних про режими розбору води підприємством витрати води допускається приймати однаковими для кожної години зміни [8, с. 21; 13, с. 44].

Погодинні витрати води *на полив* залежать від тривалості поливання протягом доби, приймаючи, що його інтенсивність є рівномірною. При цьому необхідно звернути увагу на те, щоб не збігався час розбору води на полив з максимальними погодинними витратами на господарсько-питні і виробничі цілі [6, п. 2.8].

**Приклад:** для багатоповерхової зони ( $N=56\ 000$  жителів; 6-й ступінь санітарного благоустрою житла – додаток 2) максимальний коефіцієнт погодинної нерівномірності водоспоживання становить:

$$K_{\max}^{год} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} = 1,2 \cdot 1,1 = 1,32;$$

- для малоповерхової зони ( $N=10\ 000$  жителів; 5-й ступінь санітарного благоустрою житла – додаток 2):

$$K_{\max}^{год} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max} = 1,3 \cdot 1,3 = 1,69.$$

Результати визначення погодинних витрат води в населеному пункті наведено в табл. 2.6.

Таблиця 2.6

Погодинні витрати води в населеному пункті

Години доби	Населення I-ї житлової зони		Населення II-ї житлової зони		Пром. підпр., м <sup>3</sup> /год		Полив, м <sup>3</sup> /год	Сумарні витрати		Ординати інтегр. граф., %
	%	м <sup>3</sup> /год	%	м <sup>3</sup> /год	А	Б		м <sup>3</sup> /год	%	
0 1	3,2	652	1	29				681	2,86	2,86
1 2	3,25	662	1	29				691	2,90	5,76
2 3	2,9	591	1	29				619	2,60	8,36
3 4	2,9	591	1	29				619	2,60	10,96
4 5	3,35	682	2	58				740	3,11	14,07
5 6	3,75	764	3	86			19	869	3,65	17,72
<b>6 7</b>	<b>4,15</b>	<b>845</b>	<b>5</b>	<b>144</b>			<b>19</b>	<b>1008</b>	<b>4,23</b>	<b>21,95</b>
7 8	4,65	947	6,5	187			19	1153	4,84	26,80
8 9	5,05	1029	6,5	187	6	42	19	1283	5,39	32,18
<b>9 10</b>	<b>5,4</b>	<b>1100</b>	<b>5,5</b>	<b>158</b>	<b>6</b>	<b>42</b>		<b>1306</b>	<b>5,48</b>	<b>37,67</b>
10 11	4,85	988	4,5	130	6	42		1165	4,89	42,56
11 12	4,6	937	5,5	158	6	42		1143	4,80	47,36
12 13	4,5	917	7	202	6	42		1166	4,90	52,26
13 14	4,3	876	7	202	6	42		1125	4,73	56,98
14 15	4,4	896	5,5	158	7	42		1104	4,63	61,62
15 16	4,55	927	4,5	130	7	42		1105	4,64	66,26
16 17	4,3	876	5	144	4		19	1043	4,38	70,64
17 18	4,25	866	6,5	187	4		19	1076	4,52	75,15
18 19	4,45	906	6,5	187	4		19	1117	4,69	79,84
19 20	4,4	896	5,00	144	4		19	1063	4,46	84,31
20 21	4,40	896	4,5	130	4		19	1049	4,40	88,71
21 22	4,5	917	3	86	4		19	1026	4,31	93,02
22 23	4,2	855	2	58	4			917	3,85	96,87
23 24	3,5	713	1	29	5			747	3,14	100,00
<b>Всього</b>	<b>100</b>	<b>20328</b>	<b>100</b>	<b>2880</b>	<b>83</b>	<b>336</b>	<b>190</b>	<b>23817</b>	<b>100</b>	



Для погодинного розподілу добових витрат води в житлових зонах прийнято графіки-аналоги за значеннями коефіцієнтів  $K_{\text{макс}}^{20d}$ , які є найближчими до розрахункових: для багатопверхової зони – 1,3; для маловерхової зони - 1,7 (додаток 7).

### ***2.3. Графіки водоспоживання і роботи насосів, що живлять водопровідну мережу***

Розрахунки з визначення погодинних витрат води в населеному пункті ведуть у табличній формі (табл. 2.6). За отриманими результатами будують графіки водоспоживання (рис. 2.1 та 2.2), визначають годину максимального водоспоживання і транзиту води в башту (для СПРВ з контррезервуаром) та погодинні витрати води, що їм відповідають, м<sup>3</sup>/год та л/с.

Графіки роботи насосів насосних станцій, які живлять водопровідні мережі населених пунктів, приймають, як правило, багатоступеневими. Із зростанням продуктивності водопроводу кількість ступенів роботи насосів зростає [8, 11]. Так, для сільськогосподарських водопроводів, невеликих за продуктивністю, приймають одноступеневі графіки подачі води насосними станціями в мережу [9]. Для середніх за продуктивністю водопроводів, в основному, приймають двоступеневі графіки [8, 13]. Подача насосами  $P_i$  та тривалість роботи  $T_i$  кожного ступеня залежить від графіка водоспоживання. При їх визначенні необхідно досягти того, щоб графік подачі води насосами максимально наближався до графіка водоспоживання. При цьому регульовальний об'єм бака, і відповідно вартість, водонапірної башти будуть мінімальними.

Така умова досягається, коли при виборі величин  $P_i$  площі між ступінчастим графіком подачі води у мережу і графіком водоспоживання будуть мінімальними. Цей же результат буде отримано, коли на інтегральному графіку сума максимальних розбіжностей між графіками подачі і водоспоживання ( $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ , див. рис. 2.2) буде мінімальна.

При сумарній подачі води насосами першого й другого ступенів, %  $Q_{\text{р,доб}}$ ,  $P_1$  та  $P_2$  повинна виконуватись рівність

$$P_1 \cdot T_1 + P_2 \cdot T_2 = 100 . \quad (2.11)$$



Погодинну подачу води насосами кожного ступеня, м<sup>3</sup>/год, визначають із виразу

$$Q_i = P_i \cdot Q_{p.дoб} / 100, \tag{2.12}$$

де  $Q_{p.дoб}$  - розрахункова добова подача води насосною станцією, м<sup>3</sup>/доб, яку в багатьох випадках приймають рівною максимальному добовому водоспоживанню.

Для безбаштових СПРВ погодинну подачу насосами кожного ступеня приймають не меншою за величину найбільшого водоспоживання в години їх роботи. Максимальна подача води насосною станцією рівна максимальній погодинній витраті.

**Приклад:** для розглянутого населеного пункту за даними табл. 2.6 побудовано ступінчастий (рис. 2.1) та інтегральний графіки водоспоживання (рис. 2.2).

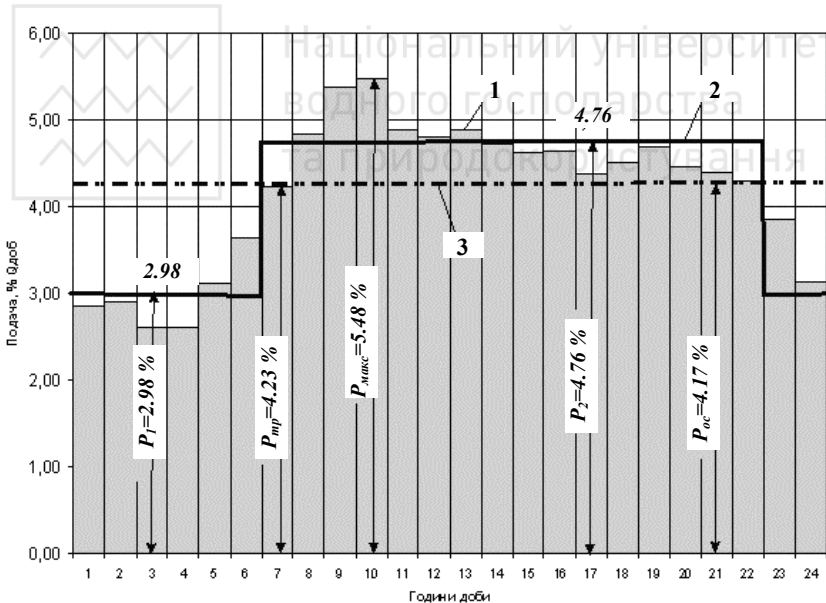


Рис. 2.1. Ступінчасті графіки:  
1 - водоспоживання; 2 - подачі води насосами;  
3 – поступлення води в РЧВ.



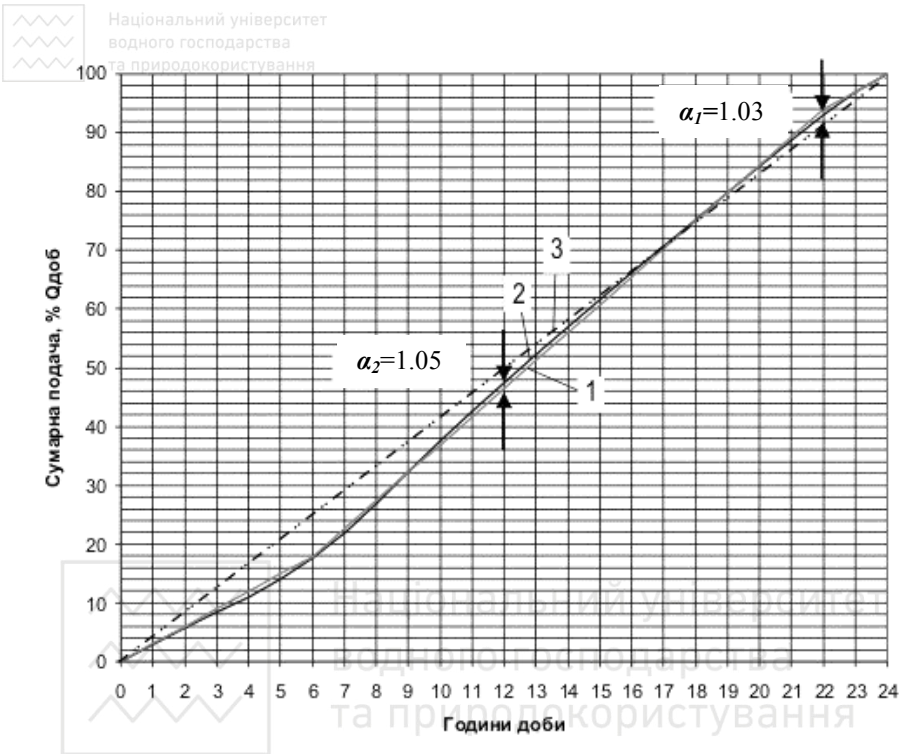


Рис. 2.2. Інтегральні графіки (позначення див. рис. 2.1)

Для побудови графіків роботи насосної станції у табл. 2.7 наведено процентний розподіл добових витрат води та ординати інтегрального графіка водоспоживання. На їх основі визначено подачу води насосами 1-го та 2-го ступенів  $P_1$  та  $P_2$ , а також величини залишків води в баці башти (із знаком „плюс”) та недостачі (із знаком „мінус”), які характеризують величини  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ .

Подача насосною станцією становить:  $P_1 = 2,98\%$ ;  $P_2 = 4,76\%$ . При  $Q_{p,доб} = 23817 \text{ м}^3/\text{доб}$  згідно формули (2.12) це відповідає витратам води:  $Q_1 = 710 \text{ м}^3/\text{год}$ ;  $Q_2 = 1134 \text{ м}^3/\text{год}$ ; або  $q_1 = 197,2 \text{ л/с}$ ;  $q_2 = 314,9 \text{ л/с}$ . Величини відсотків надлишку та недостачі води в баці башти ( $\alpha_1$  і  $\alpha_2$ ) отримані як різниця між інтегральними графіками подачі води насосною станцією і водоспоживання. При цьому їх максимальні значення, необхідні для розрахунків об'єму бака башти (див. розділ 4, пп. 4.2.1) становлять:  $\alpha_1 = 1,03$ ;  $\alpha_2 = 1,05$ .



Таблиця 2.7

Погодинні витрати води, %, що подає насосна станція

Години доби	Водоспоживання		Подача насосною станцією		Надлишок і недостача води в баці башти
	ступінчастий графік	інтегральний графік	ступінчастий графік	інтегральний графік	
0-1	2,86	2,86	2,98	2,98	0,12
1-2	2,90	5,76	2,98	5,96	0,20
2-3	2,60	8,36	2,98	8,94	0,58
3-4	2,60	10,96	2,98	11,92	0,96
4-5	3,11	14,07	2,98	14,90	0,83
5-6	3,65	17,72	2,98	17,88	0,16
6-7	4,23	21,95	4,76	22,64	0,69
7-8	4,84	26,79	4,76	27,40	0,61
8-9	5,39	32,18	4,76	32,16	-0,02
9-10	5,48	37,66	4,76	36,92	-0,74
10-11	4,89	42,55	4,76	41,68	-0,87
11-12	4,80	47,35	4,76	46,44	-0,91
12-13	4,90	52,25	4,76	51,20	<b>-1,05</b>
13-14	4,73	56,98	4,76	55,96	-1,02
14-15	4,63	61,61	4,76	60,72	-0,89
15-16	4,64	66,25	4,76	65,48	-0,77
16-17	4,38	70,63	4,76	70,24	-0,39
17-18	4,52	75,15	4,76	75,00	-0,15
18-19	4,69	79,84	4,76	79,76	-0,08
19-20	4,46	84,30	4,76	84,52	0,22
20-21	4,40	88,70	4,76	89,28	0,58
21-22	4,31	93,01	4,76	94,04	<b>1,03</b>
22-23	3,85	96,86	2,98	97,02	0,16
23-24	3,14	100	2,98	100,00	0,00
<b>Всього</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>100</b>	<b>-</b>	<b>-</b>

#### 2.4. Витрати води на пожежогасіння

Система водопостачання населеного пункту крім господарсько-питних та виробничих повинна забезпечувати подачу протипожежних витрат води (див. п. 1.3). Розрахункова кількість одночасних пожеж залежить від загальної кількості жителів в населеному пункті [6, п. 2.12]. В цю кількість входять пожежі і на підприємствах, якщо вони знаходяться на території населеного пункту (додаток б.1).



Розрахункову кількість одночасних пожеж на промисловому або сільськогосподарському підприємстві слід приймати залежно від розміру площі їх території: при площі до 150 га – одна пожежа; при більшій площі – дві пожежі [6, п. 2.22]. Розрахункову кількість пожеж для об'єданого водопроводу, який обслуговує підприємство й селище при ньому, визначають за [6, п. 2.23] (додаток 6.4).

Місця виникнення можливих пожеж визначають, як правило, у найвищих точках місцевості, які найбільш віддалені від точок, живлення водопроводу, або в точках підключення підприємств.

Розрахункові витрати води на зовнішнє пожежогасіння для житлових зон приймають за [6, табл. 5 та б] та додатками 6.1 і 6.2 залежно від кількості поверхів та об'єму житлових будинків й громадських закладів, а на підприємствах залежно від об'єму найбільшого корпусу, ступеня його вогнестійкості й категорії продукції за пожежною безпекою [6, табл. 7 і б] (додатки 6.3 і 6.4).

Витрати води на внутрішнє пожежогасіння на підприємствах і громадських закладах визначають залежно від характеристик підприємств, будівельного об'єму й кількості поверхів будівель за додатком 6.5.

Загальні витрати води на пожежогасіння, л/с, визначають за найбільшими сумарними значеннями протипожежних витрат води на зовнішнє та внутрішнє пожежогасіння в межах кількості одночасно можливих пожеж.

Тривалість гасіння пожеж приймають рівною **3 год**, а для будівель **I** і **II** ступеня вогнестійкості з вогнетривкими конструкціями й утеплювачем та з виробництвами категорій **Г** і **Д** - **2 год** [6, п. 2.24].

Повний пожежний запас води повинен зберігатись у резервуарах чистої води біля насосних станцій, які живлять водопровідну мережу (на весь період гасіння розрахункової кількості пожеж), та у водонапірній башті (до вмикання протипожежних насосів) із розрахунку гасіння протягом 10 хвилин однієї пожежі з найбільшими сумарними пожежними витратами [6, п. 9.4 та 9.5].

**Приклад:** Кількість одночасно можливих пожеж у населеному пункті – 2, при  $N = 66\ 000$  жителів [6, табл. 5]. Попередньо визначені сумарні витрати води у кожному з можливих місць гасіння пожеж наведено в табл. 2.8.



Витрати води на пожежогасіння

№ пз/п	Місце пожежогасіння	Кількість одночасних пожеж	$q_{\text{пож}}$ , л/с		Сумарні пожежні витрати, л/с	Примітки
			Зовн.	Внутр.		
1	Багатоповерхова зона	2	35	0	35	$N=56000$ жит., $n_n=5$
2	Малоповерхова зона	2	10	-	10	$N=10000$ жит., $n_n=2$
3	Підприємство А	1	20	10	30	<b>III, B,</b> $W=20000 \text{ м}^3$
4	Підприємство Б	1	20	5	25	<b>V, Г,</b> $15000 \text{ м}^3$
5	Готель	1	30	5	35	$n_n=9,$ $W=36000 \text{ м}^3$

**Примітка:**  $N$  – кількість жителів;  $n_n$  – кількість поверхів; **III, V** – ступені вогнестійкості будівель; **B, Г** – категорія продукції за пожежною безпекою;  $W$  – об'єм найбільшої будівлі,  $\text{м}^3$ .

**Висновок:** приймаємо дві пожежі з найбільшими сумарними витратами, які припадають на багатоповерхову зону:  $q_{\text{пож}} = 2 \times 35 = 70$  л/с.

### 2.5. Розрахункові режими роботи водопровідної мережі

Розрахунки водоводів, водопровідних мереж, насосних станцій і регулювальних ємностей, як складових систем подачі і розподілу води (СПРВ), слід виконувати в об'ємі достатньому для обґрунтування їх схем, встановлення черговості існування об'єктів, підбору насосного обладнання, визначення об'ємів ємностей та їх розташування на плані [6, п. 4.10]. Для систем водопостачання населених пунктів розрахунки СПРВ, як правило, проводять для таких характерних режимів:

- в добу максимального водоспоживання:
  - на максимальну, середню і мінімальну погодинну витрату;
  - пожежогасіння в годину максимального водоспоживання;
- в добу середнього водоспоживання: на середню погодинну витрату;
- в добу мінімального водоспоживання: на мінімальну погодинну витрату.



Розрахунки для інших режимів водоспоживання, а також відмова від проведення розрахунків для одного чи кількох із вказаних режимів допускається при обґрунтуванні достатньої кількості розрахункових випадків для виявлення умов, що властиві СПРВ при всіх характерних режимах водоспоживання [6, п. 4.11].

Суттєвим є проведення розрахунків сумісної роботи споруд СПРВ на випадки мінімального водоспоживання, коли перевіряють її роботу на можливість перевищення вільних напорів допустимих величин (60 м вод ст.) [6, п. 2.30]. Важливо, також, перевірити роботу СПРВ в аварійних ситуаціях (виключення на ремонт окремих ділянок мережі чи водоводів), коли зниження подачі води споживачам не повинно перевищувати 30% [6, п. 4.4 та 8.2].

В курсовому і дипломному проектуванні найчастіше проведення розрахунків обмежують трьома випадками роботи водопровідної мережі:

**I розрахунковий випадок:** **максимальне водоспоживання** (максимальне погодинне в добу максимального водоспоживання);

**II розрахунковий випадок:** **пожежогасіння** (у годину максимального водоспоживання на господарсько-питні і виробничі цілі в добу максимального водоспоживання);

**III розрахунковий випадок:** **максимальний транзит** води в башту при максимальній подачі насосною станцією (в добу максимального водоспоживання) - виконують тільки для СПРВ із контррезервуаром.

**Приклад:** **I розрахунковий випадок:** максимальне водоспоживання (9 - 10 година, в яку населений пункт споживає  $1306 / 3,6 = 362,9$  л/с). Насосна станція подає у водопровідну мережу  $314,9$  л/с (див. приклад до п. 2.3, табл. 2.7). Недостачу води в кількості  $q_{вв} = q_{нп} - q_{нс} = 362,9 - 314,9 = 48,0$  л/с. подають від водонапірної башти в мережу. В цю годину різні категорії споживачів розбирають із мережі такі витрати води:

- ✓ населення I-ї житлової зони:  $1100 / 3,6 = 305,6$  л/с;
- ✓ населення II-ї житлової зони:  $158 / 3,6 = 43,9$  л/с;
- ✓ підприємство А :  $6 / 3,6 = 1,7$  л/с;
- ✓ підприємство Б :  $42 / 3,6 = 11,7$  л/с.

**II розрахунковий випадок:** пожежогасіння в годину максимального водоспоживання. Додатково до витрат води за I-м розрахунковим випадком із водопровідної мережі розбираються витрати води на гасіння пожеж в кількості  $70$  л/с, а всього із мережі  $q_{нп}^{пож} = 432,9$  л/с. Ці витрати подають у мережу від насосної станції, тобто  $q_{нс}^{пож} = 432,9$  л/с.

**III розрахунковий випадок:** максимальний транзит води в башту в години роботи насосів 2-го ступеня на насосній станції (6 -7 година, в яку населений пункт споживає  $1008 / 3,6 = 280,0$  л/с). Насосна станція подає у водопровідну мережу  $314,9$  л/с. Надлишок води в кількості  $q_{вв} = q_{нс} - q_{нп} = 314,9 - 280,0 = 48,0$  л/с подають у водонапірну башту. В цю годину споживачі (за категоріями) розбирають із мережі такі витрати води:

- ✓ населення I-ї житлової зони:  $845 / 3,6 = 234,7$  л/с ;
- ✓ населення II-ї житлової зони:  $144 / 3,6 = 40,0$  л/с;
- ✓ підприємство А :  $0$  л/с (підприємство не працює);
- ✓ підприємство Б :  $0$  л/с (підприємство не працює);
- ✓ полив:  $19 / 3,6 = 5,3$  л/с, зокрема, полив квітників і газонів у I-й

житловій зоні –  $70 / 10 \cdot 3,6 = 2,0$  л/с та присадибних ділянок у II-й житловій зоні –  $120 / 10 / 3,6 = 3,3$  л/с, де  $70$  і  $120$  – добові витрати на полив (табл. 2.3), м<sup>3</sup>/год;  $10$  – кількість годин поливу за добу (табл. 2.6), год.

Витрати води у I-й житловій зоні становлять:  $234,7 + 2,0 = 236,7$  л/с; а у II-й житловій зоні:  $40,0 + 3,3 = 43,3$  л/с.

## 2.6. Розрахункові витрати води

На основі таблиць 2.6, 2.7, 2.8 та графіків (рис. 2.1 та 2.2) визначають розрахункові витрати води, які зводять у таблицю.

Таблиця 2.9

Розрахункові витрати води

№ з/п	Назва	Одиниці виміру	Витрата
<b>Водоспоживання</b>			
1	Річна	м <sup>3</sup> /рік	7795775
2	Максимальна добова	м <sup>3</sup> /доб	23817
3	Максимальна годинна	м <sup>3</sup> /год	1306
4	Максимальна секундна	л/с	362,9
5	Протипожежна	л/с	70
6	Протипожежна повна	л/с	432,9
<b>Подача води в мережу</b>			
1	Річна	м <sup>3</sup> /рік	7795775
2	Добова	м <sup>3</sup> /доб	23817
3	Погодинні		
	а) насосами I ступеню	м <sup>3</sup> /год	710
	б) насосами II ступеню	м <sup>3</sup> /год	1134
4	Секундні		
	а) насосами I ступеню	л/с	197,2
	б) насосами II ступеню	л/с	314,9
	в) пожежними насосами	л/с	432,9



### **Контрольні питання**

1. Для яких категорій споживачів і на які цілі визначають розрахункові витрати води?
2. Як розрахувати середні добові витрати води?
3. Як розрахувати річні витрати води?
4. Як розрахувати погодинні витрати води?
5. Як розрахувати максимальний коефіцієнт нерівномірності водоспоживання?
6. Як отримати графіки водоспоживання і роботи насосів, що живлять водопровідну мережу?
7. Як розрахувати погодинну подачу насосів першого і другого ступенів?
8. Як визначити надлишок і недостачу води в баці бапти?
9. Як розрахувати кількість одночасних пожеж в населеному пункті?
10. Як визначити місця можливих пожеж в місті?
11. Як визначити загальні витрати води на пожежогасіння?
12. Чим обумовлена тривалість гасіння пожеж?
13. Де зберігають пожежні запаси води?
14. Для яких характерних режимів проводять розрахунки СПРВ?
15. Назвіть основні розрахункові випадки роботи водопровідної мережі.



### 3. РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Водопровідну мережу розташовують по всій території об'єкта водопостачання з метою доставки води до кожного споживача. Вона повинна мати достатню пропускну здатність, бути економічною і відповідати вимогам надійності. Цих вимог досягають в результаті правильного вибору конфігурації мережі в плані, схеми її живлення, матеріалу та діаметрів труб ділянок мережі, а також параметрів споруд, що взаємодіють із ними (водоводів, насосних станцій, та напірно-регулювальних споруд).

#### 3.1. План мережі та її розрахункова схема

До складу водопровідної мережі входять магістральні та розподільчі лінії. Магістральні лінії призначені для транспортування основної маси води до найвіддаленіших її споживачів, а розподільчі – для розподілу води між ними (підведення до кварталів, груп будинків, колонок, пожежних гідрантів тощо). Конфігурація мережі, тобто певне геометричне накреслення її у плані, залежить від таких основних факторів: архітектурно-ландшафтного планування території об'єкта та розташування джерел водопостачання; рельєфу місцевості; наявних природних та штучних перешкод (річки, канами, залізниці тощо); типу системи водопостачання.

Конфігурацію мережі визначають її трасуванням на плані об'єкта водопостачання. Традиційні правила трасування міських водопровідних мереж [2, с. 16-17; 13, с. 125-127] такі:

- головні магістральні лінії слід спрямовувати найкоротшим шляхом до найбільших споживачів води й водонапірної башти;
- для забезпечення надійності подачі води повинно бути не менше двох основних магістралей;
- водопровідні лінії повинні бути рівномірно розміщені по всій території населеного пункту;
- водопровідні мережі проєктують кільцевими та тупиковими; при цьому влаштування тупикових ліній повинно відповідати існуючим обмеженням [6, п. 8.5; 13, с. 127]; зокрема, для пожежного та об'єднаного господарчо-питного й пожежного водопроводу довжина тупиків не повинна перевищувати 200 м;





- водопровідні лінії розміщують на проїздах чи узбіччях доріг і, за можливості, поза асфальтовими чи бетонними покриттями;
- магістральні лінії необхідно прокладати по вулицях із найбільшими геодезичними позначками;
- природні та штучні перешкоди (ріки, рови, автомобільні траси, залізниці тощо) слід перетинати під прямим кутом;
- на території об'єкта водопостачання потрібно враховувати існуючі підземні комунікації та мінімальні відстані до них [13, с. 127].

Діаметри труб магістральної мережі визначають на основі техніко-економічних розрахунків, а розподільчої – за умови подачі пожежних витрат [8]. Тому спочатку трасують магістральні лінії, а потім розподільчі. Магістральна мережа повинна бути кільцевою (для забезпечення надійності) і мати мінімально можливу довжину (для забезпечення економічності). Розподільчі лінії трасують по вулицях населеного пункту за умови розташування на них пожежних гідрантів (див. п. 5.1). При трасуванні на плані забудови населеного пункту товстими лініями позначають магістральну мережу, а тонкими - розподільчу.

На основі плану магістральної мережі складають її розрахункову схему. Для цього на лініях мережі намічають вузли (точки розбору води), які відповідають спрощеній схемі водорозбору [2, с. 18-20; 13, с. 131]. Вузли призначають у точках перетину магістралей, у місцях підключення великих споживачів, водонапірної башти й водоводів, на межі зон забудови міста, а також як додаткові вузли на ділянках при їх довжині понад 800..1000 м (рис. 3.1).

### ***3.2. Вузлові відбори води***

Враховуючи складність і різноманітність реальної картини розбору води із мережі (здійснюється у великій кількості точок, носить випадковий характер, змінюється в значних межах тощо), на практиці застосовують спрощені схеми водорозбору [1, с. 51-54; 2, с. 18, 7, с. 174-181]. Допускають, що вода з мережі витрачається пропорційно довжині кожної ділянки або кількості споживачів, що обслуговуються кожною ділянкою. Останній метод (кількісний) – більш точніший, але й більш трудомісткий [7, с. 179..181]. Тому в навчальному процесі традиційно застосовують перший (лінійний) метод, а при реальному проектуванні – другий.





В лінійному методі вузлові витрати визначають формулою [13, с. 132]

$$q_{\text{вуз}} = 0,5 \cdot (q_{o1} \cdot \sum_{i=1}^{n1} l_{p,i} + q_{o2} \cdot \sum_{i=1}^{n2} l_{p,i}) + q_{в.с}, \quad (3.1)$$

де  $q_{o1}$  і  $q_{o2}$  - питомі пошляхові витрати води в 1-й та 2-й житлових зонах, л/(с·м);

$n_1$  і  $n_2$  - кількість ділянок, що прилягають до даного вузла і розташованих в 1-й та 2-й житлових зонах, м;

$l_{p,i}$  - розрахункова довжина  $i$ -ї ділянки, м;

$q_{в.с}$  - витрати води великими споживачами, що отримують воду з даного вузла (промислові підприємства, витрати на гасіння пожеж, полив парків тощо), л/с.

Питомі пошляхові витрати визначають із виразу

$$q_o = \frac{q_n}{L_p}, \quad (3.2)$$

де  $q_n$  - пошляхові витрати води в житловій зоні, л/с;

$L_p$  - загальна сума розрахункових довжин ділянок, що розташовані в цій житловій зоні, м.

Пошляхові витрати води дорівнюють

$$q_n = q_{нас} + q_{пол}, \quad (3.3)$$

де  $q_{нас}$  - витрати води населенням даної житлової зони, л/с;

$q_{пол}$  - витрати води на полив зелених насаджень, які рівномірно розміщені по всій території даної житлової зони (наприклад, витрати на полив квітників та газонів у багатоповерховій зоні та полив присадибних ділянок у малоповерховій), л/с; в цю величину не включають витрати на полив парків чи територій підприємств, які відносять до зосереджених витрат у вузлах  $q_{в.с}$ , розміщених у місцях знаходження цих територій.

Розрахункові довжини ділянок  $l_{p,i}$  залежать від їх геометричних довжин  $l_{p,i}$  (повних на плані забудови). При обчисленні розрахункових довжин враховують такі правила [13, с. 132]:



♦ якщо житлові квартали в житловій зоні, яку розглядають, знаходяться по обидва боки ділянки, то  $l_{p,i} = l_{2,i}$ ;

♦ якщо житлові квартали розміщені тільки з одного боку ділянки, то  $l_{p,i} = 0,5 \cdot l_{2,i}$ ;

♦ якщо ділянка проходить по незабудованій частині міста (парки, яри, річки тощо), тоді  $l_{p,i} = 0$ ;

♦ якщо ділянка розміщена на межі двох зон забудови, то приймають -  $l_{p,i} = 0,5 \cdot l_{2,i}$  для кожної зони забудови окремо.

Визначення вузлових витрат проводять у табличній формі (табл. 3.1).

**Приклад:** для розрахункових витрат води, що відповідають випадку максимального водоспоживання (див. п. 2.5) та відповідно до розрахункової схеми водопровідної мережі (рис. 3.1), вузлові витрати наведено у табл. 3.1.

Національний університет  
та природокористування  
Таблиця 3.1

Визначення вузлових відборів води для випадку максимального водоспоживання лінійним методом

Но- мер вуз- ла	Позна- чення діля- нок	1-а житлова зона			2-а житлова зона			Великі водоспоживачі		Загальна вузлова витрата, л/с
		$l_p$ , м		від- бір, л/с	$l_p$ , м		від- бір, л/с	назва	відбір, л/с	
		діля- нок	су- ма		діля- нок	су- ма				
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
1	1 - 2	990	1530	39,0	0	370	5,3			44,3
	1 - 16	540			0					
	1 - 15	0			370					
2	2 - 1	990	1200	30,5	0	0	0,0	Підпри- ємство А	0,8	31,3
	2 - 3	210			0					
3	3 - 2	210	610	15,5	0	0	0,0	Підпри- ємство А	0,9	16,4
	3 - 4	400			0					
4	4 - 3	400	1670	42,5	0	0	0,0			42,5
	4 - 5	450			0					
	4 - 17	820			0					



1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
5	5 - 4	450	890	22,6	0	0	0,0			22,6
	5 - 6	440			0					
6	6 - 5	440	1335	34,0	0	0	0,0			34,0
	6 - 7	295			0					
	6 - 17	600			0					
7	7 - 6	295	495	12,6	0	0	0,0			12,6
	7 - 8	200			0					
8	8 - 7	200	1010	25,7	0	0	0,0			25,7
	8 - 9	110			0					
	8 - 16	700			0					
9	9 - 8	110	110	2,8	0	0	0,0			2,8
	9 - 10	0			0					
10	10 - 9	0	0	0,0	0	85	1,2			1,2
	10 - 11	0			85					
11	11 - 10	0	0	0,0	85	165	2,4	Підпри- ємство Б	5,8	8,2
	11 - 12	0			80					
12	12 - 11	0	0	0,0	80	920	13,3	Підпри- ємство Б	5,9	19,2
	12 - 13	0			840					
13	13 - 12	0	0	0,0	840	985	14,3			14,3
	13 - 14	0			145					
14	14 - 13	0	0	0,0	145	145	2,1			2,1
	14 - 15	0			0					
15	15 - 14	0	0	0,0	0	370	5,3			5,3
	15 - 1	0			370					
16	16 - 1	540	1490	37,9	0	0	0,0			37,9
	16 - 17	250			0					
	16 - 8	700			0					
17	17 - 16	250	1670	42,5	0	0	0,0			42,5
	17 - 4	820			0					
	17 - 6	600			0					
<b>Всього</b>		<b>12010</b>		<b>305,6</b>	<b>3040</b>		<b>43,9</b>	<b>-</b>	<b>13,4</b>	<b>362,9</b>

Для 2-го розрахункового випадку (пожежогасіння) до вузлових витрат на господарсько-питні та виробничі цілі (табл. 3.1) додають розрахункові пожежні витрати. Вони припадають на багатопверхову житлову зону (п. 2.4) і повинні відноситись до найбільш віддалених від точки живлення мережі вузлів, що мають найбільші значення позначок поверхні землі. Це вузли 3 і 5. Витрати води в цих вузлах становитимуть:  $16,4 + 35,0 = 51,4$  л/с - для вузла 3;  $22,6 + 35,0 = 57,6$  л/с - для вузла 5. В інших вузлах витрати залишаться такі ж як і в табл. 3.1.

Для 3-го розрахункового випадку (максимального транзиту в башту) вузлові витрати визначають так як і для 1-го (табл. 3.1), але при розрахункових пошляхових витратах, характерних для цієї години доби, з врахуванням в пошляхових витратах витрат води на полив (див. п. 2.5).

В кількісному методі вузлові витрати визначають за формулою [13, с. 202]

$$q_{\text{вуз}} = q_{n1} \cdot \frac{n_1}{N_1} + q_{n2} \cdot \frac{n_2}{N_2} + q_{\text{в.с}}, \quad (3.4)$$

де  $q_{n1}$  і  $q_{n2}$  - пошляхові витрати води в 1-й та 2-й житлових зонах, л/с;

$n_1$  і  $n_2$  - кількість жителів 1-ї та 2-ї житлових зон, що отримують воду від даного вузла, осіб;

$N_1$  і  $N_2$  - загальна кількість жителів в 1-й та 2-й житлових зонах, осіб;

$q_{\text{в.с}}$  - витрати води великими споживачами, що отримують воду з даного вузла (промислові підприємства, витрати на гасіння пожеж, полив парків тощо), л/с.

Пошляхові витрати води визначають так само, як і в лінійному методі (формула 3.3).

Якщо щільність розселення жителів в межах кожної зони забудови практично однакова, то вузлові витрати можна визначати за формулою

$$q_{\text{вуз}} = q_{n1} \cdot \frac{f_1}{F_1} + q_{n2} \cdot \frac{f_2}{F_2} + q_{\text{в.с}}, \quad (3.5)$$

де  $f_1$  і  $f_2$  - площі 1-ї та 2-ї житлових зон, на яких розміщені жителі, що отримують воду від даного вузла (площі зон впливу даного вузла), га, або умовних одиниць;



$F_1$  і  $F_2$  - загальні площі 1-ї та 2-ї житлових зон, га, або умовних одиниць.

Зони впливу кожного вузла визначають за умови найближчого розташування підключень споживачів до вузлів. Як правило, місця розташування споживачів та їх підключення до водопроводу чітко визначенні на деталізованих планах забудови і планах існуючих водопровідних мереж населених пунктів. При відсутності інформації про місця підключення споживачів до магістральних ліній та вузлів границі зон впливу необхідно розташовувати посередині між вузлами [7, п. 5.5].

**Приклад:** для розрахункових витрат максимального водоспоживання (див. п. 2.5 і табл. 3.1) та відповідно до розрахункової схеми водопровідної мережі (рис. 3.2), вузлові витрати наведено у табл. 3.2.

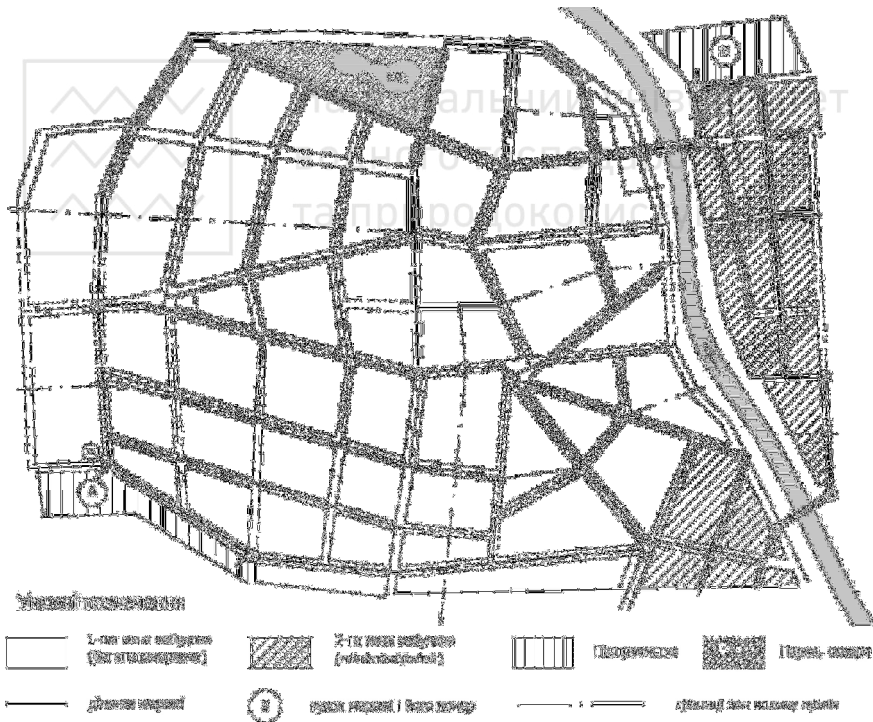


Рис. 3.2. Розрахункова схема водопровідної мережі для визначення вузлових відборів кількісним методом



Визначення вузлових відборів води для випадку максимального водоспоживання кількісним методом

Но- мер вузла	1-а житлова зона			2-а житлова зона			Великі водоспоживачі		Загальна вузлова витрата, л/с
	пло- ща, га	кіль- кість жителив, осіб	відбір, л/с	пло- ща, га	кіль- кість жителив, осіб	відбір, л/с	назва	від- бір, л/с	
1	19,3	5725	31,2	5,2	1600	7,0			38,3
2	22,8	6763	36,9	-			Підпр. А	0,8	37,7
3	8,1	2403	13,1	-			Підпр. А	0,9	14,0
4	26,6	7890	43,1	-					43,1
5	20,4	6051	33,0	-					33,0
6	19,5	5784	31,6	-					31,6
7	3,4	1008	5,5	-					5,5
8	15,9	4716	25,7	-					25,7
9	1,3	386	2,1	-					2,1
10	-			3,0	923	4,1			4,1
11	-			0,6	185	0,8	Підпр. Б	5,8	6,6
12	-			6,8	2092	9,2	Підпр. Б	5,9	15,1
13	-			11,8	3631	15,9			15,9
14	-			0,9	277	1,2			1,2
15	-			4,2	1292	5,7			5,7
16	22,5	6674	36,4	-					36,4
17	29,0	8602	46,9	-					46,9
<b>Всього</b>	<b>188,8</b>	<b>56 000</b>	<b>305,6</b>	<b>32,5</b>	<b>10 000</b>	<b>43,9</b>	-	<b>13,4</b>	<b>362,9</b>

Для інших розрахункових випадків вузлові витрати визначають по аналогії з даними табл. 3.2, але при розрахункових пошляхових витратах, характерних для цієї години доби. Для випадку пожежогасіння, як і в лінійному методі, до загальних вузлових витрат табл. 3.2 додають розрахункові пожежні витрати. Відповідно у вузлах 3 і 5 вони становитимуть:  $14,0 + 35,0 = 49,0$  л/с - для вузла 3;  $33,0 + 35,0 = 68,0$  л/с - для вузла 5.





### 3.3. Попередній поточкорозподіл

Попередній розподіл потоків води у водопровідній мережі є першим етапом техніко-економічного та гідравлічного розрахунків СПРВ. На його основі у першому випадку визначають діаметри труб ділянок мережі, а в другому – втрати напору в мережі, які потрібні для розрахунків висот водонапірних башт та необхідних напорів насосів, що живлять водопровідну мережу.

Основною умовою проведення попереднього поточкорозподілу в будь-якому випадку є виконання аналога **першого правила Кірхгофа**: алгебраїчна сума витрат води для кожного вузла мережі, як і для мережі в цілому, повинна дорівнювати нулю [13, с. 142]. Інакше кажучи, сума витрат води, що поступають у вузол, повинна дорівнювати сумі витрат води, що витікають із вузла, включаючи і вузловий відбір (тобто існує матеріальний баланс)

$$\sum_i q_i + q_{\text{вуз}} = 0, \quad (3.6)$$

де  $q_i$  - витрата води на  $i$ -й ділянці, що прилягає до вузла (приймають зі знаком «+», якщо вода поступає у вузол, і знаком «-», якщо - із вузла), л/с;

$q_{\text{вуз}}$  - вузлова витрата води (приймають зі знаком «-»), л/с.

З метою взаємозаміни ділянок кільцевих водопровідних мереж для забезпечення вимог надійності при проведенні *техніко-економічних розрахунків* слід керуватись такими **додатковими рекомендаціями** [13, с. 143]:

➤ в напрямках руху води від джерел живлення по головних магістралях із метою їх взаємозаміни направляють приблизно однакові витрати води;

➤ до основних споживачів воду потрібно подавати найкоротшим шляхом, але не менш ніж по двох напрямках.

Початковий розподіл потоків води на ділянках мережі  $q_i$  виконують на розрахункових схемах мережі (рис. 3.3). Для цього стрілками позначають напрямки руху води на кожній ділянці мережі, величини витрат води на ділянках та у вузлах мережі.

Врахування цих рекомендацій досягається шляхом нанесення ліній перетинів взаємозаміни ділянок і направлення по них приблизно однакових витрат води (перетини 1-1 і 2-2 на рис. 3.3).

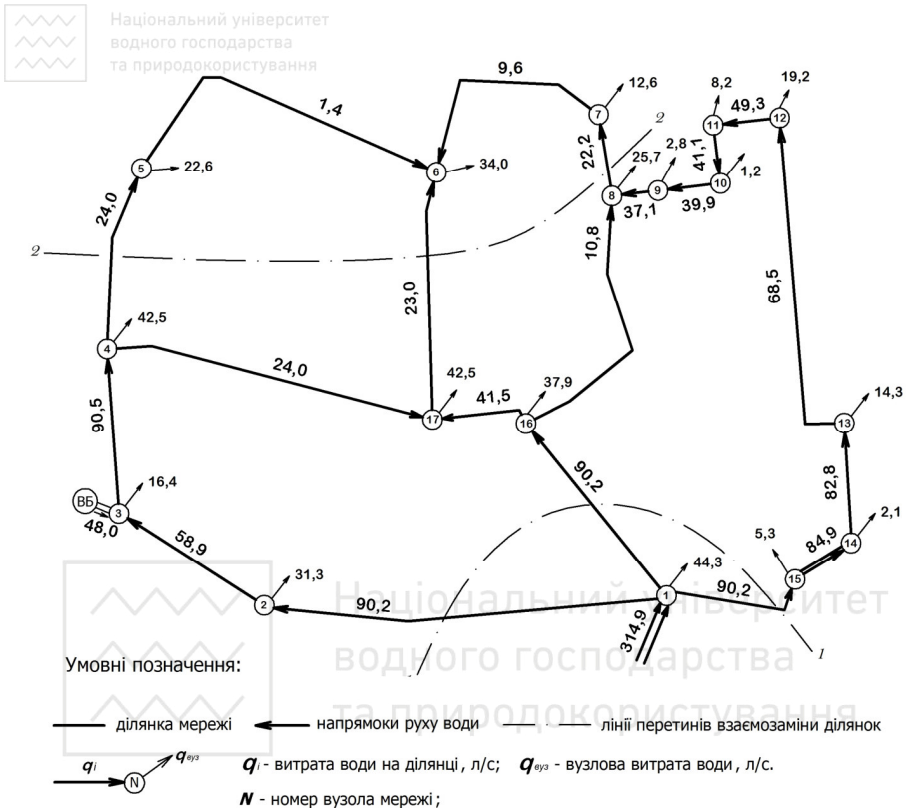


Рис. 3.3. Попередній розподіл потоків води (для випадку максимального водоспоживання)

Для проведення тільки гідравлічних розрахунків виконання додаткових умов не є обов'язковим, так як при відомих діаметрах труб потоки води будуть перерозподілені в процесі ув'язки мережі (див п. 3.6.1).

### 3.4. Матеріал труб, типи фасонних частин і водопровідної арматури

Відповідно до вимог *Державних санітарних правил і норм «Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання»* матеріал труб водоводів і водопровідних мереж систем господарсько-питного водопостачання не повинен викликати погіршення якості води.



Матеріал і клас міцності труб необхідно вибирати на основі статистичного розрахунку з урахуванням санітарних умов, агресивності ґрунту й води, а також умов роботи трубопроводу і вимог до якості води [6, п. 8.21].

Як правило, рекомендують застосовувати неметалеві труби (напірні залізобетонні, пластмасові). Відмова від застосування неметалевих труб повинна бути обґрунтована в кожному конкретному випадку.

Чавунні напірні труби застосовують для водопровідних мереж і водоводів у межах населених пунктів, територій промислових та сільськогосподарських підприємств.

Сталеві труби застосовують у таких випадках:

- на ділянках з розрахунковим внутрішнім тиском понад 1,5 МПа;
- для переходів під залізничними й автомобільними дорогами, через водні перешкоди та яри;
- у місцях перетину господарсько-питного водопроводу з каналізаційними трубами;
- при прокладанні трубопроводів по автошляхових і міських мостах, у тунелях.

При застосуванні металевих труб, особливо сталевих, необхідно передбачати захист їх зовнішньої та внутрішньої поверхонь від корозії [6, п. 8.32]. Визначення методів захисту зовнішньої поверхні від корозії необхідно обґрунтувати даними про корозійні властивості ґрунту, металу та даними про можливість корозії блукаючими струмами [6, п. 8.33].

Для захисту внутрішньої поверхні металевих труб від корозії слід передбачати внутрішнє антикорозійне захисне покриття: цементно-піщане, лакофарбове, цинкове, із поліетиленових труб чи плівок, синтетичних смол тощо [6, п. 8.34, 8.35; 13, с. 128]. При цьому в системах господарсько-питного водопостачання не повинна погіршуватись якість води при транспортуванні по трубах, а також при її контакті з матеріалами фасонних частин та водопровідної арматури, встановлених на них.

Для залізобетонних і азбестоцементних трубопроводів можуть застосовувати металеві фасонні частини. Найчастіше використовують сталеві, рідше чавунні, фасонні частини (ГОСТ 5525-88). При цьому чавунні фасонні частини поставляють заводи-



виготовлювачі, а сталеві виготовляють із труб чи стандартних сталевих приварних фасонних частин (ГОСТ 17376-83\*) безпосередньо на об'єкті будівництва [4, 11]. Для пластмасових труб слід застосувати пластмасові фасонні частини (ТУ 6-19-213-83 та ТУ 6-19-223-83), а при їх відсутності, наприклад, пожежних підставок - чавунні чи сталеві.

Водопровідна арматура на водопровідних лініях повинна бути з ручним чи механічним приводом (від пересувних засобів). Запірну арматуру з електричним чи гідравлічним приводом застосовують при дистанційному чи автоматичному регулюванні [6, п. 8.19]. Таку арматуру встановлюють у камерах регулювання для оперативного перерозподілу потоків води на лініях мережі або вимикання певних ділянок у разі аварій. Для цього найчастіше застосовують чавунні, рідше сталеві засувки та поворотні затвори. Для розбору води з мережі встановлюють чавунні пожежні гідранти (найчастіше підземного типу) і водорозбірні колонки, а для попередження аварій – запобіжні клапани, вантузи та клапани для впускання й випускання повітря [4, 5, 11].

### ***3.5. Діаметри труб мережі***

Серед головних вимог до водопровідних мереж – достатня пропускна здатність для подачі необхідної кількості води (розрахункових витрат) до всіх місць її споживання під потрібним напором та економічність роботи, тобто мінімальні витрати на будівництво та утримання мереж у комплексі з іншими спорудами СПРВ (насосні станції, резервуари, башти тощо). Ці вимоги досягаються правильним вибором діаметрів труб мережі, які повинні бути економічно вигідні. При цьому слід враховувати, що для водопроводу, об'єднаного з протипожежним, найменші значення діаметрів труб становлять [6, п. 8.46]:

- для населених пунктів і промислових підприємств - 100 мм;
- для сільськогосподарських пунктів - 75 мм.

Діаметри труб магістральної мережі не повинні бути меншими за діаметри труб розподільчої мережі, які до них приєднані. Мінімальні діаметри труб розподільчої мережі призначають за умови проходження протипожежних витрат води у житлових зонах і визначають за додатком 11.



Економічно вигідні діаметри труб ділянок магістральної мережі визначають техніко-економічними розрахунками [1, 2, 7, 12, 13] на основі попереднього поточкорозподілу для випадків господарсько-питного водоспоживання (максимального водоспоживання, а для СПРВ з контррезервуаром додатково і для максимального транзиту в башту). Для варіанту пожежогасіння виконують перевірку на пропускання протипожежних витрат. При цьому швидкість води у водопровідних трубах не повинна перевищувати 2,0...2,5 м/с, для того щоб не виникало надмірного збільшення втрат напору, а в окремих випадках, кавітації і руйнування труб.

Економічно вигідні діаметри водопровідних труб визначають за формулою [7, с. 80]

$$d_{ек.і} = E_i \cdot k_{qt.і} \cdot Q_{ср.НС.о}^{\frac{\beta_i + 1}{\alpha_i + m_i}} \quad (3.7)$$

де  $E_i$  - параметр, що враховує показники вартості будівництва та експлуатації трубопроводу на  $i$ -й ділянці (економічний фактор); для умов України слід приймати рівними:  $E_i = 0,8..1,1$  [7, с. 76].

$k_{qt.і}$  - узагальнений коефіцієнт відносного завантаження  $i$ -ї ділянки;

$Q_{ср.НС.о}$  - середня (за рік) подача води в початковий період, м<sup>3</sup>/с.

$\alpha, \beta, m$  - показники степеня, що залежать від матеріалу труб [7, табл. 3.1], які наведені у табл. 3.3.

Таблиця 3.3

Значення коефіцієнтів і показників степенів для труб із різних матеріалів [7]

Труби	$k$	$\beta$	$m$	$\alpha$
Сталеві	0,00148	1,93	5,08	1,1/1,15
Чавунні	0,00163	1,81	4,90	1,6/1,5
Залізобетонні	0,00169	1,85	4,89	2,05/2,4
Пластмасові	0,00105	1,774	4,774	1,8/1,5

**Примітки:** 1. Коефіцієнти  $k$  приймають для  $q$ , м<sup>3</sup>/с, і  $d$ , м.

2. Над ризикою наведені величини для водоводів, а під ризикою – для водопровідних мереж.

Параметри  $E_i$  і  $k_{qt.i}$  змінюються в часі і залежать від економічних (зміни вартості труб, обладнання, будівельно-монтажних робіт, електроенергії тощо) і технологічних (зношення насосних агрегатів, збільшення гідравлічного опору труб та інше) показників. Ці зміни можуть бути враховані при розрахунках за формулами [7, с. 77..83 і 99..104], на основі яких створено сервісний програмний модуль **TEP\_dek.xls** в середовищі *Microsoft Excel* [7, с. 276..282]. Останній спосіб більш придатний для практичного застосування.

Узагальнений коефіцієнт відносного завантаження ділянки  $k_{qt.i}$  визначають за формулою [7, с. 278]

$$k_{qt.i} = \left( \frac{k_{D.i} \beta_i}{n_i} \right)^{\alpha_i + m_i} \cdot k'_{qt.i}, \quad (3.8)$$

де  $k_{D.i}$  - коефіцієнт завантаження ділянки;

$n_i$  – кількість ниток трубопроводів в даному перетині їх траси (рис. 3.3);

$k'_{qt.i}$  - множник, який враховує зміну впливових параметрів і розраховується за формулою

$$k'_{qt.i} = k_{q\sigma} \cdot k_{q\eta} \cdot k_{qt} \cdot k_{qK}^2 \cdot k_{qe} \cdot k_{qT}, \quad (3.9)$$

де  $k_{q\sigma}$ ,  $k_{q\eta}$ ,  $k_{qt}$ ,  $k_{qe}$  і  $k_{qT}$  - коефіцієнти впливу зміни вартості електроенергії, коефіцієнти корисної дії насосних агрегатів, розмірів водоспоживання, кредитних ставок і строків реалізації проектів (ефективного функціонування мереж), які визначають за емпіричними формулами і номограмами [7, с. 100..104].

Коефіцієнт завантаження ділянки  $k_{D.i}$  визначають як відношення суми витрат води на ділянці до подачі насосною станцією для розрахункового випадку на середнє водоспоживання в початковий період. Для міських водопроводів, характерна пропорційна зміна вузлових відборів води відносно її подачі. Тому для них параметр  $k_{D.i}$  може визначатись на основі будь-якого розрахункового випадку за формулою

$$k_{D.i} = \frac{q_i}{Q_{НС}} \cong \frac{Q_{НС} - \sum_j q_{вуз.j}}{Q_{НС} \cdot n_i}, \quad (3.10)$$



де  $q_i$  і  $Q_{НС}$  – витрати води на  $i$ -й ділянці мережі і подача насосною станцією для одного із розрахункових випадків, л/с;

$\sum_j q_{вуз.j}$  – сума відборів води у вузлах від насосної станції до визначеного перетину мережі, л/с.

Середню (за рік) подачу води насосною станцією в початковий період  $Q_{ср.НС.о}$ , м<sup>3</sup>/с, визначають на основі попередньо проведеного розрахунку водоспоживання і режимів подачі води (цілодобово чи за графіками)

$$Q_{ср.НС.о} = \frac{Q_{ср.доб.о}}{3600 \cdot T_{доб}^{НС}}, \quad (3.11)$$

де  $Q_{ср.доб.о}$  – середньодобове водоспоживання всього міста або його частини, яку обслуговує зонна СПРВ, м<sup>3</sup>/доб;

$T_{доб}^{НС}$  – тривалість подачі води насосною станцією протягом доби, год.

Максимальні коефіцієнти нерівномірності подачі води насосною станцією  $K_{год.макс}^{НС}$  і по ділянці мережі  $K_{год.макс}^Д$  розраховують за формулами

$$K_{год.макс}^{НС} = \frac{24 \cdot Q_{год.2}^{НС}}{Q_{доб}^{НС}}, \quad (3.12)$$

де  $Q_{год.2}^{НС}$  – подача води насосами найвищого (2-го) ступеня, м<sup>3</sup>/год;

$Q_{доб}^{НС}$  – добова подача води насосною станцією у водопровідну мережу, м<sup>3</sup>/доб;

$$K_{год.макс}^Д = a + \frac{b}{\sqrt{\frac{3,6 \cdot T_{доб}^{НС} \cdot q_p^Д}{K_{год.макс}^{НС}}}}, \quad (3.13)$$

де  $a$  і  $b$  – коефіцієнти в формулі 2.10, які приймають залежно від величин забезпеченості споживачів водою  $P_o$  і категорії систем водопостачання (табл. 2.5);

$q_p^Д$  – розрахункова витрата води на ділянці, л/с.



дозволяє автоматизувати розрахунки на комп'ютері, використовуючи наявні довідкові матеріали (табл. 3.3, додаток 9) та наведені вище розрахункові формули 3.7 – 3.11. В процесі роботи з модулем слід тільки уточнити вихідні параметри:

- подачу води насосною станцією в початковий період –  $Q_{cp.HC.o}$ , м<sup>3</sup>/с;
- економічний фактор –  $E$  (рекомендується визначати за даними листа « $E$ » програмного модуля, див. додаток 9);
- кількість ниток трубопроводів в перетині мережі –  $n_i$ ;
- коефіцієнт завантаження ділянки –  $k_{Д,i}$ ;
- коефіцієнти  $K_{год.макс}^{НС}$  і  $K_{год.макс}^{Д}$ ;
- коефіцієнти зміни параметрів: ККД насосів –  $a_{\eta}$ ; росту водоспоживання –  $a_{\tau}$ ; вартості електроенергії –  $a_{\sigma}$ ;
- параметри  $\alpha$ ,  $\beta$ ,  $m$  і  $k$ , що залежать від матеріалу труб;
- величину кредитної ставки –  $e$  та строк реалізації проекту –  $T$ .

Для визначення економічно вигідних діаметрів труб окремі необхідні величини наведено у табл. 3.4, а результати розрахунків – у верхньому рядку листа «*dek*» додатку 10.

**Приклад:** Необхідно визначити діаметри труб мережі, наведених на рис. 3.3, якщо матеріал труб мережі – *чавун*, а на ділянках 9-10 та 14-15 – *сталь*. Середнє добове водоспоживання на кінець розрахункового періоду становить 23 817 м<sup>3</sup>/доб (табл. 2.9) при цілодобовій подачі води насосами ( $T_{доб}^{НС} = 24$  год) з коефіцієнтом нерівномірності  $K_{год.макс}^{НС} = 1.14$  (24·1134 / 23817). Розрахункові параметри в початковий період: вартість електроенергії  $\sigma_o = 1,02$  грн/кВт-год; коефіцієнти корисної дії (ККД) насосних агрегатів  $\eta_p = 0,7$ . Величина кредитної ставки  $e = 0,16$ . Строк реалізації проекту  $T = 25$  років. Прогнозується, що на кінець цього строку ККД насосів знизяться на 30 %, водоспоживання зросте у 1,25 разів, а вартість електроенергії щорічно зростатиме на 5,0 %. Розрахункові витрати води  $q_i$  отримані в результаті попереднього поточкорозподілу для випадків максимального водоспоживання (рис. 3.3), максимального транзиту в башту та пожежогасіння.

Середня подача води насосною станцією в початковий період становить  $Q_{cp.HC.o} = 23\,817 / 24 / 3600 / 1,25 = 0,221$  м<sup>3</sup>/с. СПРВ входить до складу системи водопостачання I-ї категорії, тому параметри  $a$  і  $b$  рівні:  $a = 1.18$ ;  $b = 20,1$  (табл. 2.5). Розрахункові величини окремих параметрів і діаметрів труб наведено в табл. 3.4, а окремі результати розрахунків – у додатках 9 і 10.





Визначення діаметрів труб водопровідної мережі

Номер ділянки	Максимальне водоспоживання				Максимальний транзит				Пожежога-сіння		Прийнятний діаметр, мм
	Витрати, л/с	$K_{ДЛ}$	$K_{год.макс.}$	$d_{ек}$ , мм	Витрати, л/с	$K_{ДЛ}$	$K_{год.макс.}$	$d_{ек}$ , мм	Витрати, л/с	Швидкість води в трубах, м/с	
1-2	90,2	0,29	1,42	<b>300</b>	93,2	0,30	1,42	<b>300</b>	129,6	1,78	<b>300</b>
2-3	58,9	0,19	1,48	<b>300</b>	69,5	0,22	1,46	<b>300</b>	98,3	1,35	<b>300</b>
3-4	90,5	0,29	1,42	<b>300</b>	22,6	0,07	1,67	<b>200</b>	46,9	0,65	<b>300</b>
4-5	24,0	0,08	1,65	<b>200</b>	7,5	0,02	2,02	<b>150</b>	30,4	0,95	<b>200</b>
5-6	1,4	0,00	3,13	<b>100</b>	10,0	0,03	1,91	<b>200</b>	27,2	0,84	<b>200</b>
6-7	9,6	0,03	1,93	<b>200</b>	33,0	0,10	1,58	<b>250</b>	49,7	0,98	<b>250</b>
7-8	22,2	0,07	1,67	<b>200</b>	42,8	0,14	1,53	<b>250</b>	62,2	1,23	<b>250</b>
8-9	37,1	0,12	1,56	<b>250</b>	52,8	0,17	1,50	<b>250</b>	76,4	1,52	<b>250</b>
9-10	39,9	0,13	1,55	<b>250</b>	55,0	0,17	1,49	<b>250</b>	79,2	1,57	<b>250</b>
10-11	41,1	0,13	1,54	<b>250</b>	56,2	0,18	1,49	<b>250</b>	80,4	1,60	<b>250</b>
11-12	49,3	0,16	1,51	<b>250</b>	58,6	0,19	1,48	<b>250</b>	88,6	1,76	<b>250</b>
12-13	68,5	0,22	1,46	<b>300</b>	71,7	0,23	1,45	<b>300</b>	107,8	1,48	<b>300</b>
13-14	82,8	0,26	1,43	<b>300</b>	85,7	0,27	1,43	<b>300</b>	122,1	1,68	<b>300</b>
14-15	84,9	0,27	1,43	<b>300</b>	87,8	0,28	1,43	<b>300</b>	124,2	1,70	<b>300</b>
15-1	90,2	0,29	1,42	<b>300</b>	93,1	0,30	1,42	<b>300</b>	129,5	1,78	<b>300</b>
1-16	90,2	0,29	1,42	<b>300</b>	93,2	0,30	1,42	<b>300</b>	129,5	1,78	<b>300</b>
8-16	10,8	0,03	1,88	<b>150</b>	9,9	0,03	1,91	<b>150</b>	11,6	0,63	<b>150</b>
16-17	41,5	0,13	1,54	<b>200</b>	53,9	0,17	1,49	<b>250</b>	80,0	1,59	<b>250</b>
4-17	24,0	0,08	1,65	<b>200</b>	17,8	0,06	1,73	<b>200</b>	26,0	0,81	<b>200</b>
6-17	23,0	0,07	1,66	<b>200</b>	3,2	0,01	2,47	<b>100</b>	11,5	0,36	<b>200</b>

### 3.6. Гідрравлічні розрахунки

Гідрравлічні розрахунки передбачають проведення серій перевірочних обчислень, в результаті яких визначають фактичні витрати води та втрати напору на ділянках, а також п'єзометричні позначки та вільні напори у вузлах мережі. При розрахунках сумісної роботи споруд і мереж СПРВ визначають дійсні подачі й напори насосних станцій, витрати і рівні води в напірно-регулювальних спорудах тощо.



Як відомо, [1, 2, 7, 8, 13] стан гідравлічно врівноваженої мережі повинен відповідати аналогам обох правил Кірхгофа. **Першого:** для будь-якого вузла, як і для мережі в цілому, алгебраїчна сума витрат води дорівнює нулю –  $\Sigma q_i = 0$ . **Другого:** для будь-якого замкнутого контуру алгебраїчна сума витрат напору дорівнює нулю –  $\Sigma h_i = 0$ .

В результаті попереднього розподілу потоків води буде забезпечено виконання першого правила (с. 44). Для того щоб виконувалось і друге правило необхідно провести перерозподіл потоків на ділянках мережі, який називають **ув'язкою**. За отриманими значеннями витрат води визначають втрати напорів на ділянках, а на їх основі величини вільних напорів та п'єзометричних позначок у вузлах мережі.

### 3.6.1. Ув'язка мережі

Ув'язку кільцевої водопровідної мережі проводять на основі її розрахункової схеми (рис. 3.1). На підготовчих етапах розрахунків визначають: витрати води на ділянках (в результаті попереднього поточкорозподілу)  $q_i$  та гідравлічні опори ділянок (за отриманими значеннями діаметрів труб)  $S_i$ , наприклад, за формулою [13, с. 150]

$$S_i = \frac{k \cdot K_s \cdot l_i}{d_i^m}, \quad (3.14)$$

де  $k$  і  $m$  – коефіцієнт і показник степеня, які залежать від матеріалу труб (табл. 3.3);

$K_s$  – коефіцієнт збільшення гідравлічного опору труб в процесі експлуатації  $K_s \cong 1.0$  [13, с. 202..205];

$l_i$  та  $d_i$  – довжина та діаметр  $i$ -ї ділянки, м.

За відомими значеннями витрат та гідравлічних опорів визначають втрати напору для кожної ділянки мережі

$$h_i = S_i \cdot q_i^\beta. \quad (3.15)$$

Для кожного ( $k$ -го) елементарного кільця мережі визначають неув'язку

$$\Delta h_k = \sum_{i=1}^{m_k} h_{ik}, \quad (3.16)$$



де  $m_k$  - кількість ділянок у  $k$ -му кільці;

$h_{ik}$  - втрати напору на  $i$ -й ділянці, яка входить у  $k$ -те кільце.

Теоретично для гідравлічно врівноваженої («ув'язаної») мережі  $\Delta h_k = 0$ , тобто має виконуватися аналог другого правила Кірхгофа. Практично завжди  $\Delta h_k \neq 0$ . Тому, у процесі ув'язки проводять такий перерозподіл потоків, щоб для будь-якого замкненого контуру (елементарного кільця чи контуру з кількох кілець) не порушувався аналог першого правила Кірхгофа та виконувалась умова

$$|\Delta h_k| \leq \Delta h_{don} \cdot \quad (3.17)$$

Суть ув'язки полягає в тому, що у визначеному ув'язочному контурі витрати води на кожній його ділянці змінюють на поправкову витрату  $\Delta q_k$ , яку вносять із врахуванням напрямів руху води. Процес ув'язки є ітераційним і його продовжують до досягнення умови (3.17) для кожного замкненого контуру.

### 3.6.1.1. Розрахунки на ЕОМ

В навчальному процесі тривалий час (з 1985 року) застосовують програми, які використовують метод ув'язки, відомий як метод УПВГ [13, с. 150] (УПВГ – Український інститут інженерів водного господарства, м. Рівне, нині НУВГП). За цим методом послідовно ув'язують кожне кільце, вносячи поправкові витрати, визначені за формулою

$$\Delta q_k = \frac{\Delta h_k}{\sum_{i=1}^{m_k} \beta_i \frac{h_{ik}}{q_{ik}}}, \quad (3.18)$$

де  $h_{ik}$  та  $q_{ik}$  - втрати напору й витрати води на  $i$ -й ділянці, яка входить у  $k$ -те кільце.

Нові значення витрат води  $q'_{ik}$  на кожній ділянці  $k$ -го (ув'язочного) кільця визначають з урахуванням знака при витратах

$$q'_{ik} = (\pm) q_{ik} - \Delta q_k \cdot \quad (3.19)$$



Знак «+» приймають, якщо витрати направлена за годинниковою стрілкою відносно центру кільця, а знак «-», коли – проти. При ув'язуванні наступних кілець враховують значення витрат води  $q'_{ik}$ , визначених у результаті ув'язки попередніх кілець. Це дозволяє врахувати вплив суміжних кілець мережі.

Більшість програм для ЕОМ дозволяє не тільки проводити ув'язку мережі, але і визначати значення п'єзометричних позначок і вільних напорів у її вузлах (п. 3.6.2). Тому весь гідралічний розрахунок мережі поділяють на два етапи: **ув'язку** та **визначення п'єзометрів**. Другий етап здійснюють на основі результатів ув'язки і, за бажанням, можуть взагалі не проводити, про що вказують у відповідних опціях програми. Визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах проводять двома способами: *за відомим значенням п'єзометричної позначки у вказаному вузлі; із визначенням диктуючої точки*. Спосіб визначення, також, задають в опціях програми.

Для практичних розрахунків на ЕОМ застосовують програму **UWM\_GRS**. Підготовчі роботи для проведення розрахунків виконують у такій послідовності:

1) Складають розрахункову схему СПРВ; нумерують вузли, починаючи з точок живлення мережі, послідовно від першого до останнього, так щоб кожний проміжний вузол мав суміжні з меншими й більшими номерами; *наприклад*, на рис. 3.4 вузол 16 має суміжні 1, 8 і 17; вузли 1 і 8 мають менші номери, а вузол 17 - більші; винятки становлять тільки 1-й і останній (17-й) вузли; таку нумерацію слід проводити ще на етапі складання розрахункової схеми мережі (рис. 3.1).

2) Послідовно без пропусків нумерують кільця.

3) Нумерують всі ділянки. Нумерація може бути довільною, але краще, коли спочатку нумерують всі ділянки 1-го кільця, потім 2-го (ті, що ще не мають номерів) і так до кінця (рис. 3.4).

4) На схемі СПРВ стрілками показують напрямки руху води для кожної ділянки, величини витрат води, отримані за результатами попереднього поточкорозподілу (рис. 3.3), довжини й діаметри умовного проходу труб. Для кожного вузла показують подачу (стрілка направлена до вузла) або відбір води (стрілка направлена від вузла); якщо для якогось вузла є подача й відбір, то в дужках записують результат із знаком «+» або «-» (подача - «+»;



відбір - «-»); *наприклад*, для вузла 1 (рис. 3.3): подача +314,9;  
відбір - 44,3; результат:  $+314,9 - 44,3 = +270,6$ .

5) Для кожного розрахункового випадку готують початкові дані:

- *назва населеного пункту*;
- *номер і назва розрахункового випадку*;
- *прізвище виконавця, група, курс тощо*;

- *номер вузла з відомим значенням п'єзометричної позначки й величина цієї позначки* - вводять тільки для таких випадків:

а) сумісна робота споруд СПРВ, коли відомо позначку у вузлі порівняння; *наприклад*, у вузлі 1 (рис. 3.4) ця позначка дорівнює позначці рівня води в РЧВ, з якого забирають воду насоси, що живлять мережу;

б) коли задано п'єзометричну позначку для одного з вузлів, зокрема, у вузлі від насосної станції, у вузлі, до якого під'єднана башта або у вузлі, що моделює саму башту чи РЧВ, тощо; це стосується, зокрема, випадку максимального транзиту у башту для вузла 3 (рис. 3.4), п'єзометрична позначка в якому дорівнює позначці максимального рівня води плюс втрати напору від вузла 3 до башти; у всіх інших випадках вказаний номер вузла слід залишити рівним нулю (величина п'єзометричної позначки значення не має).

6) У формі таблиць 3.5, 3.6 та 3.7 готують вихідні параметри ділянок, вузлів та кілець.

7) Таблиця стандартних діаметрів труб задана в допоміжних файлах програми. У разі застосування труб з іншими внутрішніми діаметрами (зміна ГОСТу на труби, класу труб, їх, товщини стінок тощо) слід внести корективи у цю таблицю.

При розрахунках для кількох розрахункових випадків дані параметрів ділянок (табл. 3.5) не змінюють, а у параметри вузлів (табл. 3.6) та кілець (табл. 3.7) вносять зміни стосовно витрат води (останні колонки цих таблиць). Для випадку пожежогасіння окремо змінюють величини необхідних напорів у табл. 3.6.

При роботі на персональному комп'ютері з програмою гідравлічних розрахунків кільцевих водопровідних мереж **UWM\_GRS** слід враховувати такі особливості. Робоча програма **UWM\_GRS.EXE** і всі допоміжні файли повинні бути в одному каталозі і проінстальована. Для входження в програму користувачу задають пароль.





В разі успішного входження в програму на екрані з'явиться «вікно» стандартного інтерфейсу з рядком меню зверху і рядком статусу знизу, в якому для кожного робочого режиму вказані основні активні клавіші. Повну інформацію про всі активні клавіші викликають за **F1** («Допомога»).

Початок роботи з програмою передбачає створення нового або завантаження існуючого файлу вихідних даних. Для цього необхідно по кл. **F3** або через меню увійти у «Вибір файлу» (пункт меню «Файли»). Створення нового файлу потребує введення нового (ще неіснуючого) імені файлу й підтвердження, натискуванням кл. «Y». Вибір існуючого файлу – стандартний. Якщо у каталозі містяться проміжні робочі файли, то з'явиться відповідне повідомлення. Така ситуація виникає у випадку вибору нового файлу вихідних даних після роботи з іншими, або нештатного завершення програми. Вихідні дані, що містяться у проміжних файлах, можна зберегти під заданим іменем. За замовчуванням вони будуть у файлі «**UWM.UWM**».

Вихідні дані заносять у відповідні таблиці (3.5, 3.6 та 3.7) та «вікно» початкових даних, входячи в них через відповідний пункт меню «Редагування». Програмою передбачено збереження внесених вихідних даних у проміжних табличних файлах (для цього слід натиснути кл. **F2** у режимі «Редагування»), або у основний файл при виході з «Редагування» чи із програми (з'явиться відповідне «вікно» із нагадуванням). При записі в основний файл є можливість змінити ім'я файлу, що слід робити при зміні розрахункових випадків. Аналогічна потреба виникає при розрахунках реконструйованих СПРВ і в інших випадках.

Розрахунки СПРВ можна проводити в 2-х режимах: «Повний» (ув'язка й визначення п'єзометричних позначок) і «Ув'язка». В 2-му режимі п'єзометричні позначки не визначають й у таблиці результатів розрахунку до уваги не приймають.

Перед початком роботи в будь-якому режимі проводять перевірку правильного внесення вихідних даних. При виявленні помилок на екрані можуть з'явитись такі повідомлення:

***Помилка в таблиці 1.***

***До вузла N... прилягає більше 6 (шести) ділянок.  
Внесіть зміни в конфігурацію мережі.***



В розрахункову схему слід ввести додатковий вузол біля вузла з номером  $N$ , не порушуючи при цьому вимоги аналога 1-го правила Кірхгофа. Відповідні корективи вносять в усі таблиці вихідних даних.

***Сума вузлових витрат  $\neq 0$ . Фактично  $S_{qv} = \dots$   
Внесіть корективи в табл. 2.***

Помилка в табл. 2 (параметрів вузлів), яку слід виправити, щоб сума вузлових витрат  $S_{qv} = 0$ .

***Сума ділянок кілець: ... Введено: ...  
Внесіть корективи в табл. 3.***

Помилка в табл. 3 (параметрів кілець): фактично введена кількість ділянок для всіх кілець (див. графу № з/п), яка не відповідає сумі даних 3-ї графи (кількість ділянок у кільці). Корективи вносять на основі аналізу значень кількості ділянок для кожного кільця.

***Перевірте витрати води на ділянці: ...***

Вказана ділянка є суміжною для 2-х або більше (для просторової мережі) кілець. В табл. 3 (параметрів кілець) для цієї ділянки в різних кільцях введено різні абсолютні значення витрат води. Знаки витрат повинні бути протилежні.

***Перевірте номери ділянок та вузлів в кільці: ...  
Відкорегуйте табл. 3 і 1.***

В даному кільці не завершено маршрут обходу по замкненому контуру.

Це може бути викликано такими причинами:

- пропущено одну або кілька ділянок у кільці;
- помилка у нумерації граничних вузлів ділянок в табл. 1 (параметрів ділянок);
- порушено правильність нумерації вузлів для всієї розрахункової схеми.

***Зміна витрати води у вузлі ... . Задана: ... Фактична: ...  
Відкорегуйте параметри ділянок в табл. 3 і 1, або вузлову  
витрату в табл. 2.***





Для вказаного вузла не виконується аналог 1-го правила Кірхгофа, що може бути викликано:

- помилкою в масиві витрат в табл. 3 (параметрів кілець);
- помилка у нумерації граничних вузлів ділянок в табл. 1 (параметрів ділянок);
- неправильно задано вузлову витрату в табл. 2 (параметрів вузлів).

Якщо при визначенні п'єзометричних позначок їх різниця для суміжних вузлів не відповідає величині втрат напору, що з'єднує два суміжних вузли, то це викликано порушенням вимог до нумерації вузлів для всієї розрахункової схеми.

При спробі завантажити вихідні дані з порушеною структурою файлу «UWM» з'явиться повідомлення:

***Вибраний Вами файл не містить вихідних даних програми "UWM".***

***Виберіть інший файл або створіть новий.***

Спроба розрахунку без заданих вихідних даних або перегляду результатів без самого розрахунку дасть повідомлення:

***Результати - відсутні !***

***Не задавались вихідні дані.***

***Продовження - будь-яка клавіша.***

В будь-якому випадку слід використовувати підготовлені таблиці вихідних даних і, обов'язково, розрахункові схеми для кожного випадку. Це дозволить значно прискорити пошук помилок, прийняти правильне рішення щодо їх усунення й уникнути інших небажаних наслідків.

В результатах розрахунку слід перевірити масиви заданих і фактичних вузлових витрат. Якщо для якогось вузла ці витрати різні, слід шукати помилку у витратах попереднього потекорозподілу.

**Приклад:** Виконати гідравлічний розрахунок для випадку максимального водоспоживання, використовуючи дані, розглянуті вище (рис. 3.3 та 3.4, табл. 3.1 та 3.4). На розрахунковій схемі (рис. 3.4) показано нумерацію вузлів, кілець та ділянок; нанесено всі необхідні параметри: вузлові витрати, витрати води на ділянках, їх довжини та діаметри. В табл. 3.5, 3.6 і 3.7 наведено вихідні параметри ділянок, вузлів і кілець.



Вихідні параметри ділянок, максимальне водоспоживання

№ ділянки	Граничні вузли		Довжина, м	Діаметр умовного проходу, мм	Матеріал труб	Коефіцієнт збільшення опору $K_s \geq 1$
	початок	кінець				
1	1	16	540,0	300	чавун	1,15000
2	8	16	700,0	150	чавун	1,15000
3	8	9	110,0	250	чавун	1,15000
4	9	10	120,0	250	сталь	1,20000
5	10	11	170,0	250	чавун	1,15000
6	11	12	160,0	250	чавун	1,15000
7	12	13	840,0	300	чавун	1,15000
8	13	14	290,0	300	чавун	1,15000
9	14	15	160,0	300	сталь	1,20000
10	1	15	370,0	300	чавун	1,15000
11	1	2	990,0	300	чавун	1,15000
12	2	3	420,0	300	чавун	1,15000
13	3	4	400,0	300	чавун	1,15000
14	4	17	820,0	200	чавун	1,15000
15	16	17	250,0	250	чавун	1,15000
16	4	5	450,0	200	чавун	1,15000
17	5	6	880,0	200	чавун	1,15000
18	6	17	600,0	200	чавун	1,15000
19	6	7	590,0	250	чавун	1,15000
20	7	8	200,0	250	чавун	1,15000

Таблиця 3.6

Вихідні параметри вузлів, максимальне водоспоживання

№ вузла	Позначки поверхні землі, м	Необхідний напір, м	Задані вузлові витрати, л/с (+, -)
1	50,00	26,0	270,600
2	54,10	26,0	-31,300
3	53,80	26,0	31,600
4	52,00	26,0	-42,500
5	50,50	26,0	-22,600
6	49,00	26,0	-34,000
7	45,80	26,0	-12,600
8	46,50	26,0	-25,700
9	45,50	26,0	-2,800
10	45,80	14,0	-1,200
11	46,40	22,0	-8,200
12	48,70	22,0	-19,200
13	47,10	14,0	-14,300
14	45,60	14,0	-2,100
15	46,00	14,0	-5,300
16	50,80	26,0	-37,900
17	51,50	26,0	-42,500



Вихідні параметри кілець, максимальне водоспоживання

№ з/п	№ кільця	Кількість ділянок в кільці	№ ділянки	Витрати води на ділянках, л/с (+ . -)
1	1	10	1	90,200
2			2	10,800
3			3	-37,100
4			4	-39,900
5			5	-41,100
6			6	-49,300
7			7	-68,500
8			8	-82,800
9			9	-84,900
10			10	-90,200
11	2	6	1	-90,200
12			11	90,200
13			12	58,900
14			13	90,500
15			14	24,000
16			15	-41,500
17	3	4	14	-24,000
18			16	24,000
19			17	1,400
20			18	-23,000
21	4	5	15	41,500
22			18	23,000
23			19	-9,600
24			20	-22,200
25			2	-10,800

У процесі гідравлічних розрахунків на EOM за програмою UWM\_GRS отримано результати, наведені у табл. 3.8, 3.9 та на рис. 3.6.

Для випадків пожежогасіння та максимального транзиту води у водонапірну башту в таблиці вихідних даних внесено зміни для вузлових витрат (у табл. 3.6) та витрат на ділянках кілець (у табл. 3.7). Крім цього, у табл. 3.6 всі величини необхідних напорів у вузлах замінено значеннями 10 м.вод.ст., що відповідає вимогам для пожежного водопроводу низького тиску [6, п. 2.30]. Для випадку максимального транзиту в таблиці вихідних даних проставляють номер вузла, до якого під'єднана башта, та значення п'езометричної позначки, розрахованої за формулою 3.25.

Результати гідравлічних розрахунків наносять на розрахункову схему (рис. 3.6) та профіль по контуру мережі (додаток 19). На їх основі проводять аналіз величин вільних напорів у вузлах, які не повинні перевищувати 60 м.вод.ст. [6, п. 2.28]. При необхідності вносять корективи

у таблицю параметрів ділянок. В інших випадках слід робити висновки щодо встановлення регуляторів тиску чи зонування мережі [6, п. 2.28].

Таблиця 3.8

Результати розрахунку параметрів ділянок ( I-й розрах. випадок)

№ кільця	К-ть ділянок	№ ділянок	Вузли:		Дов- жини, м	Діа- метри, мм	Мате- ріал труб	Коеф. збільш. опору	Швид- кості, м/с	Вит- рати води, л/с	Втрати напору, м
			поч.	кін.							
1	10	1	1	16	540.0	300	чв	1.15	1.5	111.45	6.48
		2	8	16	700.0	150	чв	1.15	0.7	12.95	4.90
		3	8	9	110.0	250	чв	1.15	0.6	-32.76	-0.35
		4	9	10	120.0	250	ст	1.20	0.7	-35.56	-0.31
		5	10	11	170.0	250	чв	1.15	0.7	-36.76	-0.67
		6	11	12	160.0	250	чв	1.15	0.9	-44.96	-0.90
		7	12	13	840.0	300	чв	1.15	0.9	-64.16	-3.71
		8	13	14	290.0	300	чв	1.15	1.1	-78.46	-1.84
		9	14	15	160.0	300	ст	1.20	1.1	-80.56	-0.83
		10	1	15	370.0	300	чв	1.15	1.2	-85.86	-2.77
Неув'язка в кільці:-0.0000 м											
2	6	1	1	16	540.0	300	чв	1.15	1.5	-	-6.48
		11	1	2	990.0	300	чв	1.15	1.0	73.28	5.56
		12	2	3	420.0	300	чв	1.15	0.6	41.98	0.86
		13	3	4	400.0	300	чв	1.15	1.0	73.58	2.26
		14	4	17	820.0	200	чв	1.15	0.1	4.48	0.21
		15	16	17	250.0	250	чв	1.15	1.2	-60.60	-2.42
Неув'язка в кільці:-0.0001 м											
3	4	14	4	17	820.0	200	чв	1.15	0.1	-4.48	-0.21
		16	4	5	450.0	200	чв	1.15	0.8	26.61	2.90
		17	5	6	880.0	200	чв	1.15	0.1	4.01	0.18
		18	6	17	600.0	200	чв	1.15	0.7	-22.58	-2.87
Неув'язка в кільці:-0.0003 м											
4	5	15	16	17	250.0	250	чв	1.15	1.2	60.60	2.42
		18	6	17	600.0	200	чв	1.15	0.7	22.58	2.87
		19	6	7	590.0	250	чв	1.15	0.1	-7.41	-0.13
		20	7	8	200.0	250	чв	1.15	0.4	-20.01	-0.26
		2	8	16	700.0	150	чв	1.15	0.7	-12.95	-4.90
Неув'язка в кільці:-0.0003 м											



Результати розрахунку параметрів вузлів

№ вуз-лів	Позначки поверхні землі, м	Напори, м		Г'єзометричні позначки, м	Вузлові витрати, л/с	
		Необх.	Фактич.		Задані	Фактичні
1	50.00	26.0	38.09	88.09	270.60	270.60
2	54.10	26.0	28.42	82.52	-31.30	-31.30
3	53.80	26.0	27.86	81.66	31.60	31.60
4	52.00	26.0	27.40	79.40	-42.50	-42.50
5	50.50	26.0	26.00	76.50	-22.60	-22.60
6	49.00	26.0	27.32	76.32	-34.00	-34.00
7	45.80	26.0	30.64	76.44	-12.60	-12.60
8	46.50	26.0	30.20	76.70	-25.70	-25.70
9	45.50	26.0	31.55	77.05	-2.80	-2.80
10	45.80	14.0	31.57	77.37	-1.20	-1.20
11	46.40	22.0	31.63	78.03	-8.20	-8.20
12	48.70	22.0	30.23	78.93	-19.20	-19.20
13	47.10	14.0	35.54	82.64	-14.30	-14.30
14	45.60	14.0	38.89	84.49	-2.10	-2.10
15	46.00	14.0	39.32	85.32	-5.30	-5.30
16	50.80	26.0	30.81	81.61	-37.90	-37.90
17	51.50	26.0	27.69	79.19	-42.50	-42.50

### 3.6.1.2. Ув'язка вручну

В курсовому проекті, із метою засвоєння методу ув'язки, студенти проводять ув'язку мережі вручну для одного розрахункового випадку. Розрахунки проводять методом Андріяшева М.М. [8, с. 53..56; 13, с. 149..150]. Цей метод пройшов широку апробацію і застосовується з 30-х років 20-го століття. Алгоритм ув'язки такий:

1) За відомими значеннями матеріалу труб, довжин та діаметрів ділянок труб і витрат води на них (для першої ітерації отриманих в результаті попереднього поточкорозподілу) за допомогою таблиць Шевельова [16] визначають втрати напору на кожній ділянці; для цього на розрахунковій схемі мережі (рис. 3.5) поряд з витратами води вказують табличне значення гідравлічного ухилу збільшене в 1000 разів – **1000i** та втрати напору на ділянках.



2) Для кожного елементарного кільця визначають величини неув'язок  $\Delta h$  за формулою 3.16.

3) Перевіряють виконання умови 3.17; при цьому для елементарного кільця приймають  $\Delta h_{\text{дон}} = 0,5$  м, а для контуру з кількох кілець -  $\Delta h_{\text{дон}} = 1,0$  м; якщо хоч для одного кільця чи контуру умова 3.17 не виконується, розрахунки продовжують.

4) Визначають контур ув'язки, за який приймають:

- контур із максимальною сумарною неув'язкою, який охоплює кілька суміжних кілець мережі, що мають неув'язки одного знаку;
- кільце з максимальною неув'язкою, якщо в суміжних кільцях неув'язки мають протилежні знаки;

5) Для контуру ув'язки визначають поправкові витрати за формулою

$$\Delta q_k = \frac{\Delta h_k \cdot \sum_{i=1}^{m_k} |q_i|}{2 \cdot m_k \cdot \sum_{i=1}^{m_k} |h_i|}, \quad (3.20)$$

де  $m_k$  - кількість ділянок у контурі ув'язки.

6) На всіх ділянках контуру ув'язки визначають нові значення витрат води

$$q'_i = q_i - \Delta q_k, \quad (3.21)$$

де  $q'_i$  і  $q_i$  - відповідно, нове й попереднє значення витрат води на  $i$ -й ділянці контуру ув'язки.

Розрахунки повторюють, починаючи з п. 1, і продовжують доти, поки для всіх кілець і контурів мережі не буде виконана умова 3.17.

Враховуючи, що більшість кілець після ув'язки мережі мають неув'язки відмінні від нуля, їх "розподіляють" по ділянках мережі. Для цього обчислюють виправлені втрати напору, як суму визначених втрат напору на ділянках  $h_i$  та деякої частини від  $\Delta h_k$ , яку приймають прямопропорційною величинам  $|h_i|$ . "Розподілення" неув'язок починають із кільця, що має максимальний модуль неув'язки, і проводять з урахуванням знаків та величин неув'язок суміжних кілець так, щоб для всіх кілець виконувалась умова  $\Delta h_k = 0$ , тобто аналог другого правила Кірхгофа.

**Приклад:** Необхідно ув'язати кільцеву водопровідну мережу для випадку максимального транзиту в башту. Схема мережі, параметри ділянок (довжини та діаметри), вузлові відбори та результати попереднього потокорозподілу показані на рис. 3.5. Там же нанесено проміжні (після кожної ітерації) та кінцеві результати ув'язки.

Послідовність ув'язки:

1-а ітерація: Контур ув'язки : I + IV кільця;

$$\Delta h = -7,38 + (-3,65) = -11,03 \text{ м}; \quad m = 13;$$

$$\sum_{i=1}^{13} |q_i| = 787,00 \text{ л/с}; \quad \sum_{i=1}^{13} |h_i| = 23,91 \text{ м};$$

$$\Delta q = \frac{-11,03 \cdot 787,00}{2 \cdot 13 \cdot 23,91} = -13,96 \text{ л/с}.$$

2-а ітерація: Контур ув'язки : I + II кільця;

$$\Delta h = -1,21 + (-0,85) = -2,06 \text{ м}; \quad m = 14;$$

$$\sum_{i=1}^{14} |q_i| = 730,08 \text{ л/с}; \quad \sum_{i=1}^{14} |h_i| = 28,64 \text{ м};$$

$$\Delta q = \frac{-2,06 \cdot 730,08}{2 \cdot 14 \cdot 28,64} = -1,88 \text{ л/с}.$$

3-а ітерація: Контур ув'язки : III + IV кільця;

$$\Delta h = -0,29 + (-0,69) = -0,98 \text{ м}; \quad m = 7;$$

$$\sum_{i=1}^7 |q_i| = 159,06 \text{ л/с}; \quad \sum_{i=1}^7 |h_i| = 11,00 \text{ м};$$

$$\Delta q = \frac{-0,98 \cdot 159,06}{2 \cdot 7 \cdot 11,00} = -1,01 \text{ л/с}.$$

Після цієї ітерації неув'язки у всіх кільцях і контурах мережі відповідають умові 3.17. В кожному кільці модулі неув'язки менше 0,5 м, а у контурах, що мають неув'язки з однаковими знаками (кільце II + IV), менше 1,0 м. Ув'язка водопровідної мережі виконана.







### 3.6.2. П'єзометричні позначки і вільні напори

Результати розрахунків, одержані після ув'язки мережі, наносять на її розрахункову схему (рис. 3.6), а саме витрати води та втрати напору на ділянках, п'єзометричні позначки, необхідні та вільні напори у вузлах. При ув'язці мережі вручну або, використовуючи тільки результати розрахунків для параметрів кілець при ув'язці на ЕОМ, п'єзометричні позначки і вільні напори визначають безпосередньо на цій схемі.

Якщо п'єзометричні позначки невідомі ні для одного вузла мережі їх визначення починають від **диктуючої точки** (с. 55), обходячи всі ділянки контуру. *Диктуючою точкою є такий вузол мережі, в якому фактичний вільний напір  $H_v$  дорівнює необхідному  $H_n$  за умови, що в усіх інших вузлах  $H_v \geq H_n$ .*

Визначення п'єзометричних позначок для випадків максимального водоспоживання й пожежогасіння проводять таким чином. За диктуючу точку, приймають будь-який вузол мережі (бажано з найвищою позначкою поверхні землі, найбільшим необхідним напором і найвіддаленіший від вузла, до якого підключені водоводи). П'єзометричну позначку для цього вузла визначають за формулою

$$P_{\text{дт}} = Z_{\text{дт}} + H_{\text{н.дт}}, \quad (3.22)$$

де  $Z_{\text{дт}}$  і  $H_{\text{н.дт}}$  – позначка поверхні землі та необхідний напір у диктуючій точці, м.

У всіх інших вузлах п'єзометричні позначки будуть рівні

$$P_i = P_j \pm h_{i-j}, \quad (3.23)$$

де  $P_j$  – п'єзометрична позначка на початку ділянки вибраного напрямку обходу контура (для диктуючої точки  $P_j = P_{\text{дт}}$ ), м;

$h_{i-j}$  – втрати напору на ділянці контуру, що з'єднує  $i$ -й та  $j$ -й вузли, м.

Знак « $\leftarrow$ » приймають при збіганні напрямку обходу з напрямком руху води на ділянці, а знак « $\rightarrow$ » - при не збіганні.

Вираховують вільні напори для всіх вузлів мережі за формулою

$$H_{v,i} = P_i + Z_i. \quad (3.24)$$



Якщо для будь-яких вузлів виявиться, що  $H_{в.і} < H_{н.і}$ , то за диктуючу точку слід прийняти той вузол, для якого величина  $\Delta H_i = H_{н.і} - H_{в.і}$  буде максимальною. Розрахунки повторюють заново, починаючи від нової диктуючої точки, або збільшують значення п'єзометричних позначок і вільних напорів у всіх вузлах мережі на величину  $\Delta H_{\max}$ .

Визначення п'єзометричних позначок для випадку максимального транзиту води в башту починають після обчислення п'єзометричної позначки у вузлі, до якого під'єднана башта

$$P_{вб.тр} = P_{вб.мв} + H_{вб.рег} + h_{вб.мв} + h_{вб.тр} \quad (3.25)$$

де  $P_{вб.мв}$  – п'єзометрична позначка у вузлі, до якого під'єднана башта, для випадку максимального водоспоживання, м;

$H_{вб.рег}$  – висота регулювального об'єму води в баці башти (див. п. 4.2.1), м;

$h_{вб.мв}$  і  $h_{вб.тр}$  – втрати напору на ділянках, що з'єднують башту з мережею, відповідно для випадків максимального водоспоживання й транзиту, м.

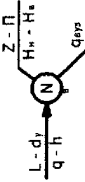
Величина  $P_{вб.тр}$  є п'єзометричною позначкою в диктуючій точці для випадку максимального транзиту. У всіх інших вузлах мережі п'єзометричні позначки визначають аналогічно як для попередніх розрахункових випадків.

Після обчислення п'єзометричних позначок і вільних напорів будують профіль для зовнішнього контуру мережі, взявши горизонтальний масштаб 1:10000 або 1:20000, вертикальний 1:200 або 1:500 (див. додаток 19).

**Приклад:** оформлення результатів гідравлічного розрахунку водопровідної мережі для випадку максимального водоспоживання наведено на рис. 3.6. Диктуючою точкою є вузол № 5, в якому вільний напір ( $H_в = 26$  м) рівний необхідному ( $H_н = 26$  м). В усіх інших вузлах мережі вільні напори більші за необхідні, але не перевищують максимально допустимих (60 м.вод.ст). Важливо, щоб ці умови були дотриманні і для інших розрахункових випадків, особливо, для випадку максимального транзиту в башту.



**УМОВНІ ПОЗНАЧЕННЯ:**



$N_v$  - номер вузла

$L$  - довжина ділянки, м

$d_v$  - діаметр умовного проходу, мм

$q$  - витрата води на ділянці, л/с

$h$  - втрати напору на ділянці, м

$Z$  - позначка поверхні землі, м

$\Pi$  - піезометрична позначка, м

$H_{н-}$  - необхідний напір, м

$H_{в-}$  - вільний напір, м

$Q_{врт}$  - вузловий відбір, л/с

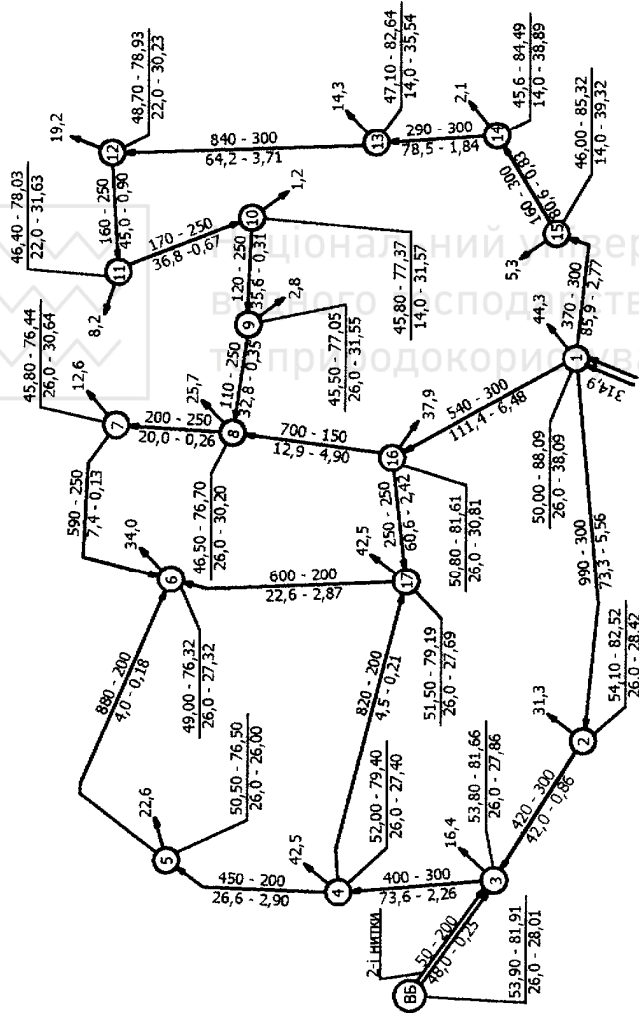


Рис. 3.6. Результати гравітаційного розрахунку водопровідної мережі (1-й розрахунковий випадок)



## **Контрольні запитання**

1. Як отримати розрахункову схему водопровідної мережі?
2. Як визначають діаметри труб магістральної і розподільчої мереж?
3. Основні методи визначення вузлових відборів води.
4. Як отримати питомі пошляхові витрати води?
5. Що таке розрахункова довжина ділянки?
6. Як визначити зони впливу вузла мережі?
7. Основні правила попереднього потокорозподілу.
8. Які фактори слід враховувати при виборі матеріалу труб?
9. В яких випадках застосовують сталеві труби?
10. Головні вимоги, що ставлять до водопровідних мереж.
11. Які мінімальні діаметри труб водопровідних мереж населених пунктів?
12. Як визначають економічно вигідні діаметри труб ділянок магістральної мережі?
13. Від яких факторів залежить величина економічно вигідних діаметрів труб мережі?
14. Що таке узагальнений коефіцієнт відносного завантаження ділянки мережі?
15. Що визначають в результаті гідравлічних розрахунків водопровідних мереж?
16. Правила Кірхгофа.
17. Що таке ув'язка мережі?
18. Фактори, що визначають гідравлічні опори ділянок мережі.
19. Як проводять визначення п'єзометричних позначок та вільних напорів у вузлах мережі?
20. Як підготувати водопровідну мережу для розрахунків на ЕОМ?
21. Як визначити контур ув'язки за методом М.М. Андріяшева?
22. Що таке диктуюча точка мережі?
23. Як визначити п'єзометричні позначки і вільні напори в мережі?
24. Як розрахувати значення п'єзометричної позначки у вузлі, до якого під'єднана башта?
25. На основі яких даних будують профіль для зовнішнього контуру мережі?



## 4. РОЗРАХУНКИ ВОДОВОДІВ, НАПІРНО-РЕГУЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД ТА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ

Забезпечення розрахункових режимів роботи водопровідних мереж можливе тільки у взаємодії з іншими спорудами системи подачі та розподілу води: водоводами, напірно-регулювальними спорудами (РЧВ та водонапірними баштами) і насосними станціями, що живлять водопровідну мережу (див. рис. 1.1). Тому важливе значення має визначення не тільки технічних (гідравлічно взаємозв'язаних), але й економічно вигідних параметрів цих споруд.

### 4.1. Водоводи

Водоводи транспортують воду від джерел до об'єктів водопостачання. В багатьох випадках ця віддаль, а значить, і довжина водоводів становить десятки кілометрів, що вказує на їх значну будівельну вартість і великі витрати електроенергії на транспортування води. При їх розрахунках важливо враховувати комплекс усіх впливових факторів, зокрема, місцезнаходження і природні умови по трасі водоводів, режими подачі по них води, вартість електроенергії, кількість ниток трубопроводів та матеріал труб.

#### 4.1.1. Матеріал і діаметри труб

Матеріал труб для водоводів вибирають, враховуючи ті самі вимоги, що й для труб водопровідної мережі. Найчастіше для цього застосовують залізобетонні напірні, чавунні й сталеві. При цьому внутрішня й зовнішня поверхня металевих труб повинна мати захисне покриття від корозії: бітумно-полімерне, бітумно-мінеральне, кам'яновугільне, полімерне, етиленове, а також на основі бітумно-гумових мастик (для зовнішньої поверхні); цементно-піщане чи лакофарбове (для внутрішньої поверхні) [4, § 47.9; 47.10; 6, п. 8.35].

При визначенні кількості ниток водоводів враховують категорію системи водопостачання й черговість будівництва [6, п. 8.1]. Для забезпечення безперебійності водопостачання водоводи влаштовують, як правило, у дві і більше ниток [6, п. 8.2]. Якщо водовід прокладають в одну нитку й воду подають від одного водного джерела, то на території об'єкта водопостачання необхідно



споруджувати резервуари чистої води для зберігання аварійного запасу води [6, п. 8.3] на час ліквідації аварій (табл. 4.1).

Таблиця 4.1

Розрахунковий час ліквідації аварії на трубопроводах систем водопостачання I-ї категорії

N з/п	Діаметр труб, мм	Розрахунковий час ліквідації аварій на трубопроводах, год., при глибині прокладки труб, м	
		До 2	Понад 2
1.	До 400	8	12
2.	Понад 400 до 1000	12	18
3.	Понад 1000	18	24

Економічно вигідним діаметром труб напірних водоводів у системах водопостачання називають такий, при якому будуть найменшими дисконтовані витрати у всьому комплексі гідравлічно взаємозв'язаних водопровідних споруд (насосна станція-водовід-резервуари).

Водоводи від насосної станції другого підняття до водопровідної мережі повинні бути економічно найвигідніших діаметрів, які визначають за формулою 3.7. Для практичних розрахунків, як і для водопровідних мереж, можна застосовувати сервісний програмний модуль *ТЕР\_дек.xls* (с. 51). При цьому, коефіцієнт завантаження ділянки  $k_{дi}$  (формула 3.10) приймають рівним  $1/n$  ( $n$  - кількість ниток водоводу).

Значення інших коефіцієнтів і показників степеня приймають за табл. 3.3 і розраховують за формулами 3.8..3.13.

**Приклад:** Необхідно визначити діаметри водоводів від станції другого підняття до водопровідної мережі міста для тих же умов, що і в прикладі на с. 51. Водоводи запроектовано із залізобетонних труб у дві нитки ( $n = 2$ ). Середня подача води насосною станцією в початковий період, як і для водопровідних мереж, становить  $Q_{ep.нс.o} = 0,221 \text{ м}^3/\text{с}$ , а розрахункова по одній нитці водоводу  $q_p^A = 314,9/2 = 157,5 \text{ л/с}$  (314,9 – подача насосів другого ступеня – табл. 2.9). Розрахункові величини окремих параметрів і окремі їх результати наведено у додатках 9 і 10. Для отриманої розрахункової величини діаметра труб  $d_{ек} = 0,441 \text{ м}$  прийнято стандартний діаметр залізобетонних труб  $d_y = 500 \text{ мм}$  (ГОСТ 12586.0-83).



#### 4.1.2. Ремонтні ділянки

У випадку аварії на одній із ниток водоводу повинна бути забезпечена подача води для господарсько-питних потреб (не менш ніж 70% розрахункового водоспоживання), а також для водоспоживання промислових підприємств за аварійним графіком [6, п. 4.44 і 8.2]. Для забезпечення високого ступеня надійності водопостачання водоводи споруджують не менше як у дві нитки, які при значній їх довжині з'єднують одну з одною перемичками. При аварії за допомогою перемичок можна вимкнути на ремонт будь-який з відрізків водоводу (рис. 4.1).

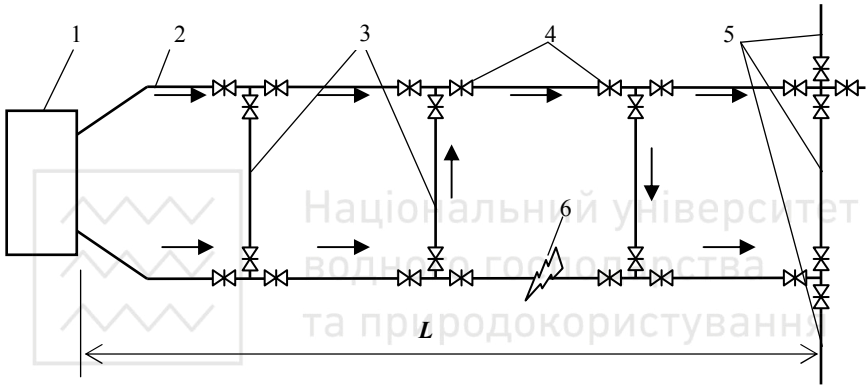


Рис. 4.1. Схема водоводу з перемичками між його нитками

1 – насосна станція; 2 – нитки водоводу; 3 – перемички; 4 – засувки; 5 – водопровідна мережа міста; 6 – місце аварії.

Кількість перемичок між нитками водоводу визначають, виходячи з таких міркувань. У загальному випадку мають  $m$  паралельних ниток водоводу. Для спрощення розрахунків приймають всі нитки водоводу однакових діаметрів та довжин. Опір системи таких водоводів

$$S_g = A \cdot L / m^2, \quad (4.1)$$

де  $m$  - кількість ниток водоводу;

$A$  - питомий опір кожної нитки водоводу;

$L$  - довжина кожної нитки водоводу.



При аварії на одній з ниток водоводу необхідно забезпечити подачу аварійних витрат води

$$Q_a = \alpha \cdot Q_e, \quad (4.2)$$

де  $\alpha$  - коефіцієнт допустимого зниження подачі води при аварії.

З іншої сторони, виходячи із параметрів водоводів та насосних станцій

$$Q_a = \sqrt{\frac{H_\phi - H_z}{S_\phi + S_\kappa + S_{e.a}}}, \quad (4.3)$$

де  $H_\phi$  і  $S_\phi$  - параметри аналітичної  $Q-H$  характеристики встановлених насосів;

$H_z$  - геодезична висота підняття води, м;

$S_\kappa$  - опір комунікацій насосної станції,  $c^2/m^5$ ;

$S_{e.a}$  - опір водоводу при аварії,  $c^2/m^5$ .

$$S_{e.a} = \frac{A \cdot L}{m^2} + \frac{A \cdot L}{n \cdot m^2} + \frac{A \cdot L}{n \cdot (m-1)^2} = S_e + \frac{S_e}{n} + \frac{m^2 \cdot S_e}{n \cdot (m-1)^2}, \quad (4.4)$$

де  $n$  - кількість відрізків, на які, поділена перемичками кожна нитка водоводу

$$n = \frac{\alpha^2 \cdot (2m-1) \cdot S_e}{(1-\alpha^2) \cdot (m-1)^2 \cdot (S_\phi + S_\kappa + S_e)}. \quad (4.5)$$

Оскільки число перемичок завжди на одиницю менше від кількості відрізків між перемичками  $n$ , то число перемичок

$$R = n - 1. \quad (4.6)$$

Виходячи з формули (4.5), можна зробити такі висновки:

1. Перемички між нитками водоводу потрібні тільки у тому випадку, коли величина  $n$  буде більшою від одиниці.

2. Із зростанням опору водоводу  $S_e$  необхідна кількість перемичок буде зростати.

3. Із збільшенням кількості ниток водоводу  $m$  буде зменшуватись кількість перемичок.



**Приклад.** Визначити кількість перемичок для водоводу довжиною  $L = 2850$  м, який споруджують у дві нитки ( $m = 2$ ) із залізобетонних труб діаметром  $D = 500$  мм. Воду насосами подають у водопровідну мережу з контррезервуаром. Допустиме зниження подачі води 30%, тобто  $\alpha = 0,7$ . Опір комунікацій насосної стації  $S_k = 10,0$  с<sup>2</sup>/м<sup>5</sup>. Питомий опір залізобетонних труб  $A = 0,06323$  с<sup>2</sup>/м<sup>5</sup>.

**Розв'язок.** Визначаємо опір водоводу за формулою (4.3)

$$S_g = 0,06323 * 2850 / 4 = 45,05 \text{ с}^2/\text{м}^5.$$

Насоси Д500-65 (три робочих) мають  $Q - H$  характеристику, яка описується рівнянням  $H_n = 57,8 - 96 \cdot Q^2$ . Тобто:  $H_{\phi} = 57,8$  м і  $S_{\phi} = 96$  с<sup>2</sup>/м<sup>5</sup>. Підставивши визначені дані у формулу (4.6), отримаємо кількість відрізків між перемичками

$$n = 0,7^2 (4-1) 45,05 / (1-0,7^2) (2-1)^2 (96+10,0+45,05) = 0,86.$$

Отже, для такого водоводу не має необхідності будувати перемички ( $R = 0$ ;  $n = 1$ ).

## 4.2. Напірно-регулювальні споруди

За вибраною схемою в склад системи водопостачання (п. 1.4) входять резервуари чистої води (РЧВ) та водонапірна башта. РЧВ знаходяться на одному технологічному майданчику із насосною станцією, а водонапірна башта – на території міста (рис. 1.1 і 1.2).

### 4.2.1. Водонапірні башти

При розрахунках водонапірної башти визначають об'єм бака, а також її висоту від поверхні землі до дна бака.

Об'єм бака водонапірної башти, яка обслуговує об'єднаний з протипожежним господарсько-питний водопровід [6, п.3.1], включає

$$W_{\bar{o}} = W_{p.\bar{o}} + W_{n.\bar{o}}, \quad (4.7)$$

де  $W_{p.\bar{o}}$  - регулювальний об'єм, м<sup>3</sup>;

$W_{n.\bar{o}}$  - протипожежний об'єм, м<sup>3</sup>.

Регулювальний об'єм води визначають суміщенням графіків водоспоживання й подачі води насосами 2-го підняття, які живлять водопровідну мережу (див. рис. 2.1). Цей об'єм можна визначати як графічним, так і табличним способами.



За табличним способом (табл. 2.6 та 4.2 прикладу) визначають залишки води в баці башти для кожної години доби. Якщо отримують додатні та від'ємні величини залишків води, то повний регулюючий об'єм визначають як суму модулів найбільшого додатного  $P_\delta$  і найбільшого від'ємного  $P_\epsilon$  залишків у баці, %

$$W_{рег} = (P_\delta + P_\epsilon) \cdot Q_{p.добр} / 100 . \quad (4.8)$$

При визначенні регулюючого об'єму графічним способом замість величин  $P_\delta$  і  $P_\epsilon$  у формулі (4.8) підставляють значення  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  з інтегрального графіка водоспоживання (рис. 2.2).

Враховуючи саморегульовальну спроможність відцентрових насосів, які живлять мережу, величину регульовального об'єму, отриману за формулою (4.8), зменшують на 10...15% для мереж з прохідною баштою і на 30...40% для мереж з контррезервуаром [13, с. 100]. Тоді розрахунковий регульовальний об'єм бака,  $m^3$ , складе

$$W_{p.б} = (1 - \gamma) \cdot W_{рег} , \quad (4.9)$$

де  $\gamma$  - коефіцієнт зменшення регульовального об'єму за рахунок саморегулювання насосів, частка одиниці.

**Приклад:** Для даних наведених у попередніх розділах розрахувати регульовальний об'єм бака водонапірної башти. У табл. 4.2 визначено величини  $P_\epsilon$  і  $P_\delta$ . Їм відповідають величини надлишку та недостачі води в баці башти  $\alpha_1$  і  $\alpha_2$  наведені у табл. 2.7 і на рис. 2.2.

Отримано:  $P_\epsilon = 1.05$  і  $P_\delta = 1.03$ . Тоді повний і розрахунковий регульовальні об'єми води будуть рівні:

$$W_{рег} = (1,05 + 1,03) 23817/100 = 495,4 \text{ м}^3 ;$$

$$W_{p.б} = (1 - 0,35) 495,4 = 322,0 \text{ м}^3 .$$

Якщо робота насосів, що живлять водопровідну мережу, автоматизована, тоді регульовальний об'єм визначають [13, с. 105] за формулою

$$W_{p.б} = q_n / 4 N_{max} , \quad (4.10)$$

де  $q_n$  - середня подача насосами, або одного з групи однакових насосів, за проміжок часу між вмиканням і вимиканням,  $m^3/год$ ;

$N_{max}$  - максимальна кількість вмикань насоса (насосів) протягом години, приймають у межах  $N_{max} = 3..6$  вмикань.



Визначення залишків регульовального об'єму в баці башти

Години доби	Витрати води із мережі, % $Q_{p.добр}$	Подача води від насосної станції в мережу, %	Вода, що надходить, % від $Q_{p.добр}$		Залишок води в баці, %
			у бак	із бака	
0 - 1	2,86	2,98	0,12	-	0,12
1 - 2	2,90	2,98	0,08	-	0,20
2 - 3	2,60	2,98	0,38	-	0,58
3 - 4	2,60	2,98	0,38	-	0,96
4 - 5	3,11	2,98	-	0,13	0,83
5 - 6	3,65	2,98	-	0,67	0,16
6 - 7	4,23	4,76	0,53	-	0,69
7 - 8	4,84	4,76	-	0,08	0,61
8 - 9	5,39	4,76	-	0,63	-0,02
9 - 10	5,48	4,76	-	0,72	-0,74
10 - 11	4,89	4,76	-	0,13	-0,87
11 - 12	4,80	4,76	-	0,04	-0,91
12 - 13	4,90	4,76	-	0,14	<b>-1,05</b>
13 - 14	4,73	4,76	0,03	-	-1,02
14 - 15	4,63	4,76	0,13	-	-0,89
15 - 16	4,64	4,76	0,12	-	-0,77
16 - 17	4,38	4,76	0,38	-	-0,39
17 - 18	4,52	4,76	0,24	-	-0,15
18 - 19	4,69	4,76	0,07	-	-0,08
19 - 20	4,46	4,76	0,30	-	0,22
20 - 21	4,40	4,76	0,36	-	0,58
21 - 22	4,31	4,76	0,45	-	<b>1,03</b>
22 - 23	3,85	2,98	-	0,87	0,16
23 - 24	3,14	2,98	-	0,16	0
<b>Усього</b>	<b>100</b>	<b>100</b>	<b>3,57</b>	<b>3,57</b>	-

Протипожежний об'єм води, який зберігають в баці башти, визначають з розрахунку [6, п.9.5; 13] гасіння однієї зовнішньої та однієї внутрішньої пожеж протягом 10 хвилин з одночасними максимальними витратами води з мережі  $q_{p.max}$  за формулою, м<sup>3</sup>

$$W_{н.б} = 0,6 \cdot (q_{p.max} + q_{н.з} + q_{н.в.}), \quad (4.11)$$



де  $Q_{н.з}$ ,  $Q_{н.в}$  - розрахункові витрати води для гасіння відповідно однієї зовнішньої та внутрішньої пожеж, л/с.

Для прикладу:  $W_{н.б} = 0,6(302,2 + 35 + 0) = 202,3 \text{ м}^3$ ;

Повний об'єм бака башти:  $W_{б} = 322,0 + 202,3 = 524,3 \text{ м}^3$ .

Після визначення повної ємкості бака башти за типовими проектами або додатком 12 приймають тип башти, стандартні розміри бака (діаметр  $D_{б}$  і висоту  $H_{б}$ ), а при їх відсутності ці розміри визначають, враховуючи співвідношення:  $D_{б}/H_{б} = 1..3$  [1, 13]. Залежно від конструкції бака і за його діаметром  $D_{б}$  визначають:

- а) висоту, яку займає протипожежний об'єм, м:
- для баків з конічним днищем

$$H_{н.б} = H_{к} + (W_{н.б} - W_{к}) / (0,785 \cdot D_{б}^2), \quad (4.12)$$

де  $H_{к}$ ,  $W_{к}$  - висота, м, і об'єм,  $\text{м}^3$ , конічної частини бака башти;  
- для повністю циліндричних баків

$$H_{н.б} = W_{н.б} / (0,785 \cdot D_{б}^2) \quad (4.13)$$

- б) висоту регульовального об'єму води

$$H_{р.б} = W_{р.б} / (0,785 \cdot D_{р}^2). \quad (4.14)$$

**Приклад:** за повним об'ємом бака башти  $W_{б} = 524,3 \text{ м}^3$  приймаємо дві башти за типовими проектами ЦНДІЕП – інженерного обладнання (додаток 12) із залізобетонними стволами і сталевими баками з розмірами:

- ✓ об'єм  $300 \text{ м}^3$  (кожного бака);
- ✓ діаметр  $D_{б} = 8,0 \text{ м}$ ;
- ✓ загальна висота  $H_{б} = 7,2 \text{ м}$ .

В баках башт об'єми води будуть займати розрахункові висоти:

- ✓ протипожежний

$$H_{н.б.р} = \frac{4 \cdot W_{н.б}}{2 \cdot \pi \cdot D_{б}^2} = \frac{4 \cdot 202,3}{3,14 \cdot 8^2} = 2,01 \text{ м};$$

- ✓ регульовальний

$$H_{р.б.р} = \frac{4 \cdot W_{р.б}}{2 \cdot \pi \cdot D_{б}^2} = \frac{4 \cdot 322,0}{2 \cdot 3,14 \cdot 8^2} = 3,2 \text{ м}.$$



Для прийнятих стандартних баків приймаємо висоти об'ємів:

- ✓ протипожежного  $H_{н.б} = 2,2 \text{ м}$  ( $H_{н.б} > H_{н.б.р}$ );
- ✓ регулювального  $H_{р.б} = 4,0 \text{ м}$  ( $H_{р.б} > H_{р.б.р}$ ).

В результаті отримано:  $H_{н.б} + H_{р.б} = 2,2 + 4,0 = 6,2 \text{ м} < H_{б} = 7,2 \text{ м}$ .

Висоту водонапірної башти (рис. 4.2) визначають після того, як будуть відомі п'єзометричні позначки в усіх вузлах мережі при її розрахунку на випадок максимального водовідбору. При цьому її висоту визначають за формулою

$$H_{ВБ} = \Pi_{б.1} + h_{бб1} - Z_{ВБ} - H_{н.б} \quad , \quad (4.15)$$

де  $\Pi_{б.1}$  - п'єзометрична позначка для 1-го розрахункового випадку у вузлі, до якого під'єднана башта, м;

$h_{бб1}$  - втрати напору в трубопроводах, що з'єднують башту з мережею, для 1-го розрахункового випадку, м;

$Z_{ВБ}$  - позначка землі в місці розташування башти, м.

Позначка мінімального рівня води в баці (верх протипожежного запасу)

$$Z_{н.б} = \Pi_{б.1} + h_{бб1} \quad , \quad (4.16)$$

або 
$$Z_{н.б} = Z_{ВБ} + H_{ВБ} + H_{н.б} \quad . \quad (4.17)$$

Позначка максимального рівня води в баці, м

$$Z_{м.б} = Z_{н.б} + H_{р.б} \quad , \quad (4.18)$$

**Приклад:** Висота башти (її ствола) становить

$$H_{ВБ} = \Pi_{б.1} + h_{бб1} - Z_{ВБ} - H_{н.б} = 81,66 + 0,25 - 53,90 - 2,20 = 25,81 \text{ м}$$

Позначки рівнів води:

- ✓ мінімального:  $Z_{н.б} = \Pi_{б.1} + h_{бб1} = 81,66 + 0,25 = 81,91 \text{ м}$ ;
- ✓ максимального:  $Z_{м.б} = Z_{н.б} + H_{р.б} = 81,91 + 4,00 = 85,91 \text{ м}$ .

При цьому п'єзометрична позначка у вузлі, до якого приєднана башта (вузол 3) для випадку максимального транзиту становитиме

$$\Pi_{М.тр.} = Z_{Б.мах} + h_{ВБтр} = 85,91 + 0,14 = 86 \text{ м}$$

де  $h_{ВБтр}$  - втрати напору у ділянках, що з'єднують мережу з баштами, при максимальному транзиті води до них, м.



Схема однієї башти із нанесеними розмірами та позначками рівнів води показана на рис. 4.2.

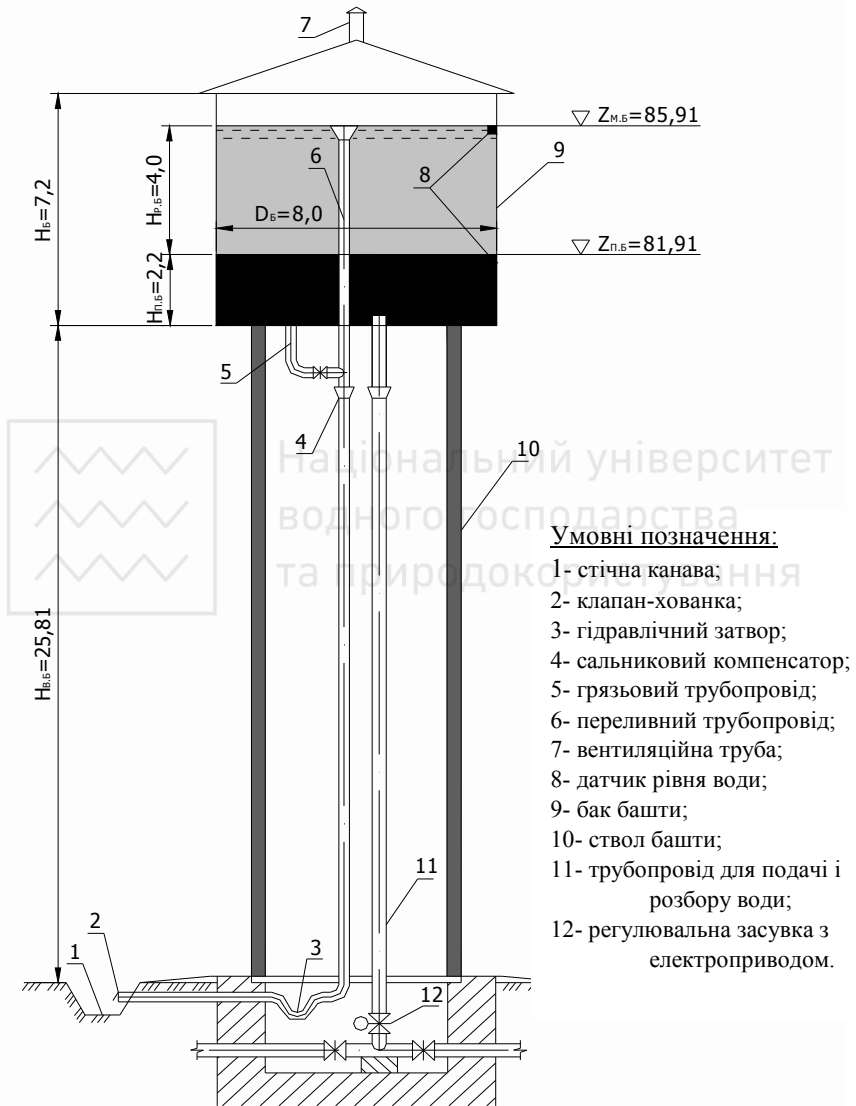


Рис. 4.2. Схема водонапірної башти



Водонапірні башти обладнують трубопроводами та арматурою для подачі та відведення води, переливу і для повного спорожнення бака від води і накопиченого мулу („грязьовий” трубопровід). Крім того, залежно від призначення башт, в баках встановлюють різні пристрої для вимірювання рівнів води з передачею сигналів на пульт керування чи диспетчерський пункт. Найчастіше це – поплавкові, контактні і манометричні датчики рівнів, які подають сигнали на закриття (відкриття) засувки або вмикання (вимикання) насосів при певних рівнях води (рис. 4.2).

Скидні труби слід приєднувати до дощової каналізації або відводити у відкриту канаву з влаштуванням гідрозатвору і ґрат з прозорами між прутами 10 мм. Для впускання (випускання) повітря при зміні рівнів води в баках влаштовують вентиляційні труби.

Діаметр труб для подачі і відведення води розраховують залежно від витрат води, які надходять у башту, чи поступають від неї, а також від допустимої швидкості руху води в них, яку приймають у межах 1..1,2 м/с. Діаметр переливної труби приймають на 2-3 сортаменти менше від діаметра труб подачі і розраховують її на пропуск витрат води, що є різницею між максимальною подачею і мінімальним відбором. Діаметр труб для повного спорожнення бака приймають залежно від його об'єму в межах 100..150 мм [6, п.9.16].

На трубопроводах подачі й переливному, які жорстко закріплені в днищі бака, встановлюють компенсатори для запобігання розриву труб в разі можливої зміни їх довжин [6, п.9.25].

#### **4.2.2. Резервуари чистої води**

Резервуари чистої води (РЧВ) застосовують для зберігання господарських, протипожежних, технологічних й аварійних запасів води. Резервуари, які розташовують на високих позначках місцевості, виконують ті ж функції, що і водонапірні башти. Їх розраховують так само, як і башти.

Об'єм РЧВ, які розташовують, в основному, біля станцій підготовки води, розраховують [6, п. 9.1; 9.2; 9.4 ] за формулою, м<sup>3</sup>

$$W_p = W_{p.p} + W_{p.n} + W_{p.v}, \quad (4.19)$$

де  $W_{p.p}$  - регулювальний об'єм, м<sup>3</sup>;

$W_{p.n}$ ,  $W_{p.v}$  - об'єм води, відповідно, для пожежогашіння і промивки фільтрів на станції підготовки води.



Регулювальний об'єм  $W_{p,p}$  визначають табличним або графічним способами суміщенням графіків надходження води від станції підготовки в резервуар і відбору її насосами насосних станцій (найчастіше II-го підняття). Надходження води в резервуари приймають рівномірним протягом доби, яке становить  $\sim 4,17\%$  від  $Q_{p,доб}$ , а відбір води із них — за графіком роботи насосів, які живлять мережу (рис. 2.1). З урахуванням величини частини регулювального об'єму башти, на яку він зменшується, регулювальний об'єм резервуарів,  $m^3$ , визначають за формулою (при двохступінчастому графіку роботи насосної станції)

$$\begin{aligned} W_{p,p} &= \Delta P_1 \cdot T_1 \cdot Q_{p,доб} / 100 + \gamma \cdot W_{p,б} = \\ &= \Delta P_2 \cdot T_2 \cdot Q_{p,доб} / 100 + \gamma \cdot W_{p,б}, \end{aligned} \quad (4.20)$$

де  $\Delta P_1$  - різниця між величинами надходження води в резервуар і її відбору насосами першого ступеня, %, тобто  $\Delta P_1 = 4,17 - P_1$ ;

$\Delta P_2$  - те саме, для насосів другого ступеня:  $\Delta P_2 = P_2 - 4,17$ ;

$T_1$  і  $T_2$  - тривалість роботи насосів відповідно першого й другого ступенів, год.

У випадку, коли графік надходження води в резервуар збігається з графіком відбору насосами II-го підняття, то регулювальний об'єм  $W_{p,p} = 0$ . Однак, для забезпечення нормальної роботи насосів передбачають запас води, розрахований на роботу насосів протягом 0,5..1 год., який становить

$$W_{p,p} = (0,5 \dots 1) \cdot Q_{макс.год}, \quad (4.21)$$

де  $Q_{макс.год}$  - максимальна погодинна подача води насосами,  $m^3$ .

Об'єм води  $W_{p,в}$  для власних потреб на станції підготовки визначають [6, п. 6.117] з розрахунку забезпечення двох або більше промивок фільтрів і приблизно становить 1...1,5%  $Q_{p,доб}$  [13]. Цей об'єм визначають за формулою

$$W_{p,в} = (0,01 \dots 0,15) \cdot Q_{p,доб}. \quad (4.22)$$

Протипожежний об'єм води  $W_{p,п}$  визначають [6, п. 9.3, п. 9.4] за умови подачі розрахункових витрат води на пожежогасіння  $Q_{пож}$  при максимальному відборі води з мережі. Якщо гарантують





безпечення надходження води від станції підготовки в резервуари протягом пожежогасіння, то враховують поповнення їх водою, і тоді протипожежний об'єм визначають за формулою

$$W_{p.n.} = (3,6 \cdot q_{пож} - Q_{с.п}) \cdot T_n + \sum Q_{макс} - Q_v, \quad (4.23)$$

де  $Q_{с.п}$  - подача води в резервуари від станції підготовки води,  $m^3$ /год.,

$T_n$  - розрахункова тривалість пожежогасіння: 2..3 год. [6, п.2.24];

$\sum Q_{макс}$  - сума максимальних погодинних витрат води в населеному пункті за період пожежогасіння  $T_n$ ,  $m^3$ ;

$Q_v$  - сумарні витрати води в душових, теплицях і на поливання території підприємств протягом розрахункового часу пожежогасіння, якщо гасіння пожеж на цих підприємствах входить до розрахункової кількості пожеж,  $m^3$ /год.

За відомим об'ємом і кількістю резервуарів, яких повинно бути не менше двох [6, п. 9.21], і за типовими проектами чи додатком 12 приймають тип і розміри резервуарів (стандартну місткість і розміри в плані та по висоті). Об'єми кожного з резервуарів повинні бути такими, щоб при відключенні одного в інших зберігалось не менше 50 % пожежних та аварійних запасів води.

Усі складові об'єми розподіляють пропорційно місткості кожного з резервуарів. Для всіх складових об'ємів  $W_{p.i}$  визначають висоти шарів води в кожному із них за формулою

$$H_{p.i} = W_{p.i} / F_p, \quad (4.24)$$

де  $F_p$  - площа дзеркала води в резервуарі,  $m^2$ .

Резервуари чистої води, як і водонапірні башти, обладнують трубами такого ж призначення. Однак, у резервуарі встановлюють засоби для збереження протипожежного об'єму води. Крім того, резервуари обладнують вентиляційними трубами із засобами для очищення повітря, яке надходить у них, люками-лазами, драбинами тощо. Резервуари утеплюють, як правило, шаром ґрунту не менш ніж 0,5 м [6, п. 14.27]. Максимальний рівень води в резервуарах приймають на  $\Delta H_{pчв} = 1,5..2,0$  м вищим від поверхні землі з тим, щоб забезпечити роботу насосів під заливом (рис. 4.3).

За відомими позначками поверхні землі біля резервуарів і висотами шарів води  $H_{p.i}$  визначають позначки дна і рівнів води в них.

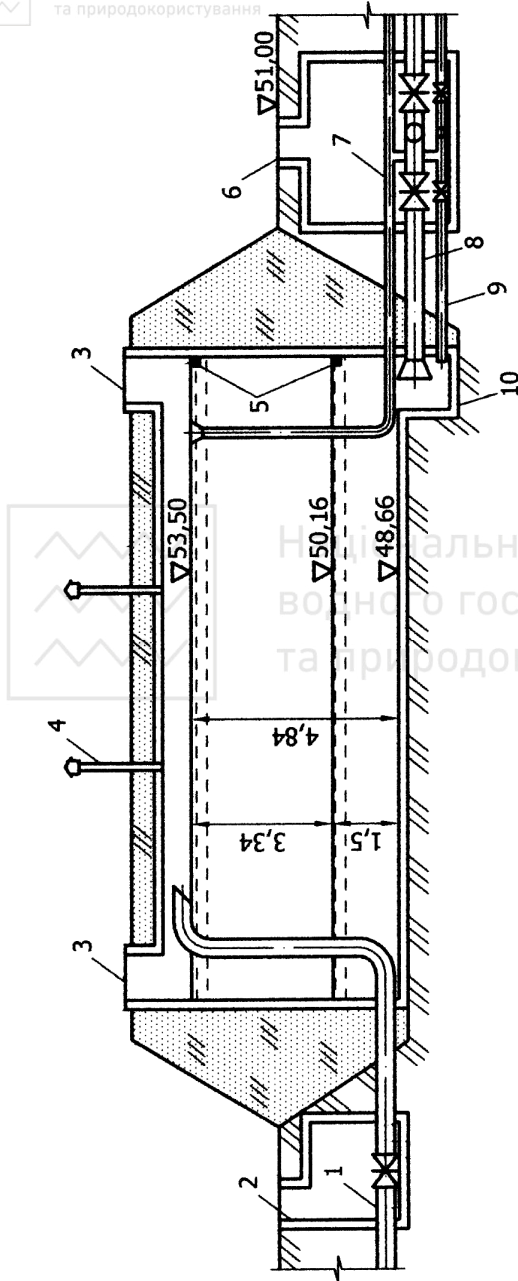


Рис. 4.3. Схема резервуара чистої води

- |                              |                                    |
|------------------------------|------------------------------------|
| 1 - трубопровід подачі води; | 6 - камера переключень;            |
| 2 - водопровідний коловіть;  | 7 - переливний трубопровід;        |
| 3 - лок-паз;                 | 8 - трубопровід забору води з РЧВ; |
| 4 - вентиляційна труба;      | 9 - гравійовий трубопровід;        |
| 5 - датчики рівнів води;     | 10 - прийом.                       |



**Приклад:** Визначити об'єми резервуарів та позначки рівнів води в них. Об'єми води регульовальний та на власні потреби становлять:

$$W_{p,p} = (4,17 - 2,98) \cdot 8 \cdot 23817/100 + 0,35 \cdot 495,4 = 2440,8 \text{ м}^3;$$

$$W_{p,v} = 0,01 \cdot 23817 = 238,2 \text{ м}^3.$$

При тривалості пожежогасіння 3 год., протипожежний об'єм становить

$$W_{p,n} = (3,6 \cdot 70 - 23817/24)3 + 1283 + 1306 + 1165 - 0 = 1532,9 \text{ м}^3.$$

Тоді загальний об'єм дорівнює

$$W_p = 2440,8 + 238,2 + 1532,9 = 4211,9 \text{ м}^3.$$

Приймаємо два резервуари чистої води по 2500 м<sup>3</sup> кожний і розмірами в плані 30х18 м та з глибиною води 4,84 м (додаток 12).

$$\text{Тоді: } H_{p,p} = 2440,8 / (2 \cdot 30 \cdot 18) = 2,26 \text{ м};$$

$$H_{p,n} = 1532,9 / (2 \cdot 30 \cdot 18) = 1,42 \text{ м};$$

$$H_{p,v} = 238,2 / (2 \cdot 30 \cdot 18) = 0,22 \text{ м};$$

$$H_{p,p} + H_{p,n} + H_{p,v} = 2,26 + 1,42 + 0,22 = 3,90 \text{ м} < H_{pчв} = 4,84 \text{ м}.$$

В кінцевому розрахунку приймаємо: висоту недоторканого (пожежного) запасу води в РЧВ -  $H_{p,низ} = 1,50 \text{ м}$ ; висоту регульовального (для  $H_{p,p}$  і  $H_{p,v}$ ) об'єму -  $H_{p,рег} = 4,84 - 1,50 = 3,34 \text{ м} > H_{p,p} + H_{p,v}$ . Для позначки землі на технологічному майданчику, де знаходяться РЧВ (рис. 1.1),  $Z_3 = 51,00 \text{ м}$  позначки рівнів води в них і дна будуть рівні:

$$\text{- максимального: } Z_{p,макс} = Z_3 + \Delta H_{pчв} = 51,00 + 2,50 = 53,50 \text{ м};$$

$$\text{- мінімального: } Z_{p,мін} = Z_{p,макс} - H_{p,рег} = 53,50 - 3,34 = 50,16 \text{ м};$$

$$\text{- дна: } Z_{p,дна} = Z_{p,макс} - H_{pчв} = 53,50 - 4,84 = 48,66 \text{ м}.$$

Схема одного резервуару і визначені позначки рівнів води в ньому показані на рис.4.3.

### 4.3. Насосні станції, що живлять водопровідну мережу

Для вибору насосів необхідно визначити їх розрахункові параметри: розрахункову витрату  $Q_n$  і розрахунковий напір  $H_{p,n}$ . Ці параметри необхідно знати для кожного ступеня відповідно до графіка роботи насосів (див. рис. 2.1). Розрахункові витрати для насосів (одного або групи) визначені в розділі 2 (табл. 2.8).

Розрахунковий напір насосів, м, визначають за формулою

$$H_{p,n} = H_{z,ср} + h_k + h_v + h_m, \quad (4.25)$$

де  $H_{z,ср}$  - середня геометрична висота підняття води, м;



$h_k$  - втрати напору в комунікаціях наносної станції: для господарсько-питних насосів  $h_k = 2$  м; для пожежних  $h_k = 3$  м [13];

$h_e$  - втрати напору у водоводах при пропуску розрахункових витрат води, м;

$h_m$  - середні втрати напору у водопровідній мережі від вузла, до якого під'єднані водоводи, і до башти (для господарсько-питних насосів у випадку мережі з прохідною баштою  $h_m = 0$ ).

Середня геометрична висота підняття води для господарсько-питних насосів, м

$$H_{z,sp} = (Z_1 + Z_2) / 2 - (Z_3 + Z_4) / 2, \quad (4.26)$$

де  $Z_1$  і  $Z_2$  - відповідно, мінімальна й максимальна позначки рівнів води регулювального об'єму в башті, м;

$Z_3$  і  $Z_4$  - те саме, в резервуарі, м.

Середня геометрична висота підняття для пожежних насосів, м

$$H_{z,пож} = Z_{д.п} + H_{н.п} - Z_{д.РЧВ}, \quad (4.27)$$

де  $Z_{д.п}$  - геодезична позначка землі в "диктуючій точці" для другого розрахункового (пожежогасіння) випадку, м;

$H_{н.п}$  - необхідний вільний напір у цій точці для другого розрахункового випадку, м;

$Z_{д.РЧВ}$  - геодезична позначка дна РЧВ, м.

За розрахунковими витратами води і напорами, використовуючи зведений графік характеристик насосів (додаток 13), вибирають марку господарсько-питних і пожежних насосів. При цьому, мінімальна кількість робочих насосів повинна бути не менше двох [6, п. 7.3]. Кількість резервних насосів залежить від категорії СПРВ і кількості робочих насосів [6, табл. 32].

На зведений графік наносять точку з розрахунковими величинами  $Q_n$  і  $H_{p,n}$ . Якщо розрахункова точка «вписалася» в робочу зону кількох насосів, то перевагу віддають насосу з більшим коефіцієнтом корисної дії, або найкращими експлуатаційними показниками. У випадку, коли розрахункова точка знаходиться поза робочими зонами насосів, перевіряють можливість паралельної роботи групи з однакових насосів, або добирають найближчий насос за рахунок обточки його робочого колеса чи зменшення частоти обертання насосного агрегату [13].

**Приклад: Господарсько-питні насоси:**

Для другого ступеня розрахункова (максимальна) подача насосів становить  $Q_n = 314,9 \text{ л/с}$ ; для першого ступеня  $Q_n = 197,2 \text{ л/с}$  (табл. 2.9).

Розрахунковий напір насосів:

$$H_{z,cr} = (81,91 + 85,91) / 2 - (50,16 + 53,50) / 2 = 32,08 \text{ м (формула 4.26);}$$

$$h_k = 2 \text{ м [13];}$$

$h_v = 4,62 \text{ м}$  (для залізобетонних труб у дві нитки довжиною  $L = 2850 \text{ м}$ ; діаметром  $d_v = 500 \text{ мм}$ ;  $Q_v = 157,5 \text{ л/с}$ ) [16];

$$h_m = (h_{m1} + h_{m3}) / 2 = (6,18 + 11,09) / 2 = 8,64 \text{ м;}$$

де  $h_{m1}$  і  $h_{m3}$  - втрати напору у водопровідній мережі від вузла, до якого під'єднані водоводи, і до башти, відповідно для 1-го і 3-го розрахункових випадків:

$$h_{m1} = \Pi_1 - Z_{ВВ\text{ min}} = 88,09 - 81,91 = 6,18 \text{ м (табл. 3.9 та рис. 3.6);}$$

$$h_{m3} = \Pi_3 - Z_{ВВ\text{ max}} = 97,00 - 85,91 = 11,09 \text{ м;}$$

де  $\Pi_1$  і  $\Pi_3$  - п'єзометричні позначки у вузлі (№ 1), до якого під'єднані водоводи, відповідно для 1-го і 3-го розрахункових випадків, м.

$$\text{Отже } H_{p,n} = 32,08 + 2,0 + 4,62 + 8,64 = 47,34 \text{ м.}$$

Приймаємо три робочих насоси для другого ступеня марки **Д500-65** ( $n = 1450 \text{ об/хв}$ ;  $D_{р-к} = 390 \text{ мм}$ ). На першому ступені працюватиме два насоси названої марки ( $Q_n = 197,2 \text{ л/с}$ ;  $H_{р,n} = 50 \text{ м}$ ).

Пожежні насоси:

$$Q_{n,пож} = 432,9 \text{ л/с (табл. 2.8);}$$

$$H_{z,пож} = Z_{д,n} + H_{н,n} - Z_{д,рчв} = 50,50 + 10,0 - 48,66 = 11,84 \text{ м; } h_k = 3 \text{ м [13];}$$

$$h_v = 8,38 \text{ м [16];}$$

$h_m = 23,05 \text{ м}$  (див. результати гідравлічного розрахунку мережі для випадку пожежогасіння).

$$\text{Отже } H_{р,n,пож} = 11,84 + 3,0 + 8,38 + 26,05 = 46,27 \text{ м.}$$

Приймаємо для гасіння пожеж чотири робочих насоси марки **Д500-65** ( $n = 1450 \text{ об/хв}$ ;  $D_{р-к} = 390 \text{ мм}$ ).

При чотирьох робочих насосах для системи водопостачання першої категорії приймаємо два резервних насоси [6, п. 7.3] марки **Д500-65**, а всього таких насосних агрегатів шість.



### **Контрольні питання**

1. Які впливові фактори враховують при розрахунках водоводів?
2. Яке захисне покриття використовують для поверхні металевих труб?
3. Що таке економічно вигідний діаметр водоводів?
4. Для чого необхідні перемички між водоводами?
5. Як розраховують кількість перемичок між водоводами?
6. Як розраховують об'єм води у водонапірній башті?
7. Яким чином враховують саморегульовальну здатність насосів при визначенні регулюючого об'єму водонапірної башти?
8. Яке призначення протипожежного об'єму у водонапірній башті?
9. Як визначають висоту водонапірної башти?
10. Якими трубопроводами і для чого обладнана водонапірна башта?
11. Як визначають об'єм резервуара чистої води?
12. Яке призначення складових загального об'єму резервуара чистої води?
13. Яке обладнання встановлюють у резервуарах чистої води?
14. Як визначають розрахунковий напір насосів?
15. Як визначити кількість робочих насосів?
16. Від яких показників залежить кількість резервних насосів?
17. Як визначити марки насосних агрегатів?



## 5. КОНСТРУЮВАННЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Після визначення діаметрів труб магістральної мережі та її гідравлічних розрахунків визначають діаметри труб розподільчих мереж, складають конструктивну схему всієї мережі й водоводів, монтажні схеми (деталювання) їх окремих вузлів і розроблюють робочі креслення. **Діаметри розподільчих мереж** визначають конструктивно за умови пропуску пожежних витрат води. Для цього за додатком 10 залежно від сумарних витрат води (зовнішніх і внутрішніх) на гасіння однієї пожежі в даній житловій зоні, типу мереж (кільцеві чи тупикові) та довжин ліній (від точок під'єднання до магістральної мережі) отримують величину діаметра труб, округлюючи його до більшого стандартного значення. **На конструктивній схемі** водоводів і мереж розміщують водопровідну арматуру (пожежні гідранти, колонки, засувки, водовипуски, вантузи тощо). На схемі всі водопровідні колодязі нумерують. **На монтажних схемах** показують всю арматуру, фасонні частини, контури колодязів та всі трубопроводи. **Робочі креслення** складають для типових колодязів, великих і складних робочих камер та унікальних споруд (акведуків, дюкерів, переходів під залізницями тощо).

### 5.1. Розташування водопровідної арматури

На водопровідних мережах і водоводах встановлюють регулювальну, запірну, водорозбірну й запобіжну арматури, а також водовипуски для спорожнення ділянок трубопроводів.

*Регулюючу й запірну арматуру* (засувки з ручним приводом, або поворотні дискові затвори) застосовують для регулювання витрат води та напорів у мережі, а також для повного відключення її ділянок під час ремонту.

Для розбору води із зовнішніх водопровідних мереж застосовують *водорозбірну арматуру*: пожежні гідранти (при пожежогасінні) та водорозбірні колонки (для господарсько-питних потреб).

*Запобіжна арматура* (вантузи і різного роду клапани) встановлюють на трубопроводах для автоматичного впускання й випускання повітря під час їх спорожнення чи заповнення, а також для регулювання тиску в них і боротьби з гідравлічними ударами.



Використовуючи умовні позначення, на **конструктивній схемі показують** місце знаходження пожежних гідрантів, колонок, засувки та іншої арматури і водовипусків, керуючись вказівками, наведеними в [6, п. 8.10, 8.14, 8.16; 8.19 і 8.20 і 13, с. 192..198].

Пожежні гідранти, для зручності їх експлуатації (особливо взимку), встановлюють на перехрестях вулиць і провулків, в основному, на розподільчій мережі. При обґрунтуванні можливе встановлення гідрантів на магістральних лініях із діаметром труб до 400 мм. Залежно від схеми розташування гідрантів (лінійне чи шахматне), способів пожежогасіння та віддалі між суміжними лініями мережі визначають розрахункову віддаль між гідрантами [6, п. 8.16 і 13, с. 192], яка не повинна перевищувати радіус дії пожежного гідранта

$$R = kL_p + r - H_{\text{буд}}, \quad (5.1)$$

де  $R$  - радіус дії пожежного гідранта, м;

$L_p$  - розрахункова довжина ліній пожежних рукавів, яка залежить від засобів пожежогасіння: для автонасосів - 200 м; для мотопомп - 100..150 м залежно від їх типу;

$k$  - коефіцієнт, який враховує згини й повороти пожежних рукавів, приймають у межах  $k = 0,80... 0,95$ ;

$r$  - радіус дії компактної частини струменя води, який залежить від величин витрат води, діаметра отвору брандспойта і знаходиться в межах  $r = 11... 17$  м;

$H_{\text{буд}}$  - висота будинку від поверхні землі до його найвищої точки, яка залежить від кількості поверхів, м. Орієнтовно

$$H_{\text{буд}} = 3 \cdot (n_{\text{нов}} + 1), \quad (5.2)$$

де  $n_{\text{нов}}$  - кількість поверхів забудови.

Якщо віддаль між суміжними лініями мережі дорівнює або більша за  $2R$ , то її закріплюють. Віддаль між гідрантами не повинна бути меншою за  $R/2$ .

Якщо віддаль між попередньо наміченими місцями під гідранти на перехрестях вулиць і провулків перевищує розрахункову ( $L_{\text{пг}} > R$ ), то між ними встановлюють додаткові гідранти таким чином, щоб віддаль між ними не перевищувала розрахункову.





На магістралях із діаметром труб понад 400 мм пожежні гідранти не встановлюють, оскільки вони знижують надійність роботи цих мереж. У цьому випадку [6, п. 8.7] для встановлення пожежних гідрантів та підключень водоспоживачів прокладають дублюючі лінії з діаметром, що дорівнює діаметру розподільчої мережі, або встановлюють їх на відгалуженнях до будівель (внутрішні квартальні мережі). Доцільно встановлювати гідранти на розподільчих лініях у місцях їх під'єднань до магістральних, а в окремих випадках, і на підключеннях споживачів. Можливе встановлення гідрантів на байпасах. При обґрунтуванні застосовують нестандартні пожежні підставки. **Не припустимо встановлювати пожежні гідранти** на тупикових відгалуженнях від ліній водопроводу, якщо в них відсутнє постійне протікання води.

У випадку, коли ширина проїзної частини вулиці становить понад 20 м, також прокладають дублюючі лінії з таким розрахунком, щоб уникнути перетину вулиць вводами в будівлі. Крім того, якщо ширина вулиць у межах червоних ліній забудови перевищує 60 м, то дублюючі лінії прокладають з обох боків вулиці і на них встановлюють пожежні гідранти [6, п. 8.7].

Водорозбірні колонки, також першочергово, розташовують на перехрестях вулиць і провулків у тих районах забудови, де передбачено їх використання для водозабезпечення споживачів. Радіус дії кожної колонки приймають за [6, п. 8.20] таким, що не перевищує 100 м. При цьому віддаль між ними не повинна перевищувати 180..190 м. Водорозбірні колонки підключають до зовнішніх водопровідних мереж через засувки, вентиля чи коркові крани трубами діаметром 32..50 мм.

Розташувавши на схемі пожежні гідранти й водорозбірні колонки, приступають до розміщення засувок на мережі керуючись вимогами [6, п. 8.10, 13, с. 194]:

- на всіх водопровідних лініях у місцях приєднання водоводів від насосних станцій та башт до магістральної мережі;
- в місцях підключення усіх ліній розподільчих мереж до магістральних;
- на вводах до підприємств (їх повинно бути не менше двох із підключенням до різних ремонтних ділянок) і до окремих будівель;
- на початку і в кінці кожної ремонтної ділянки так, щоб відключалось не більше п'яти пожежних гідрантів [6, п. 8.10].



У найнижчих точках ремонтних ділянок встановлюють водовипуски [6, п. 8.14] для спорожнення при ремонтах чи промиванні. Діаметри випусків й обладнання для впускання повітря назначають таким, щоб забезпечувалось спорожнення ремонтних ділянок не більше як за 2 год. Воду від випусків відводять у водотік, яр, канаву або в спеціальний колодязь, із якого її відкачують автонасосами чи мотопомпами. На трубопроводах діаметром до 250 мм випуски не встановлюють, а воду видаляють за допомогою автонасосів чи мотопомп.

На поворотах трубопроводів у вертикальній і горизонтальній площині, коли зусилля, що виникають, не можуть бути сприйняті стиками труб, необхідно передбачати упори, які влаштовують з бетону, бутобетону чи бутової кладки.

На конструктивній схемі водопровідної мережі всі колодязі нумерують. Якщо в колодязі встановлено пожежний гідрант, то його номер починають із абрєвіатури «ПГ». Далі після риски пишуть його порядковий номер, наприклад, ПГ-21. Водопровідні колодязі без гідрантів мають тільки порядковий номер, наприклад, 2 на рис. 5.1.

## **5.2. Деталювання вузлів у мережі**

Усю водопровідну арматуру, що має фланцеві з'єднання, встановлюють у водопровідних колодязях. Для її монтажу застосовують стандартні чавунні, або сталеві зварні фасонні частини [11]. Розтрубні та муфтові з'єднання необхідно виносити за межі колодязів. Це дозволить зменшити їх розміри, а значить і вартість будівництва.

За відомими діаметрами труб мережі та арматурою, яку встановлюють на ній, складають її монтажну схему, тобто виконують деталювання вузлів мережі. На цій схемі за допомогою умовних позначень показують труби, фасонні частини й арматуру [1, 2, 6, 8, 11]. Деталювання одного призначення, однакових розмірів (довжини, діаметри) і виготовленим з одного матеріалу, в межах однієї схеми або всього робочого проекту присвоюють один (наскрізний) номер (позицію).

На основі монтажною схемою водопровідної мережі упорядковують специфікацію труб, фасонних частин та арматури (додатки 15 і 16). Специфікації необхідні для складання кошторису



й замовлення необхідних труб та деталей для будівництва і монтажу колодязів на мережі.

**Приклад:** Розміщення арматури для частини водопровідної мережі з чавунних (водоводи і магістральні лінії) і пластмасових труб із ПНТ (розподільні лінії) наведено на рис 5.1.

Розрахункову відстань між пожежними гідрантами для п'ятиповерхової забудови й застосуванні автонасосів визначено методикою, наведеною на с. 91, прийнято рівною  $L = 160 \text{ м}$ , а для одноповерхової (вузли ПГ-1; ПГ-7; ПГ-13; ПГ-19) –  $L = 180 \text{ м}$ . Гідранти встановлено на перехрестях вулиць на трубах діаметром до 300 мм включно (застосовують стандартні чавунні пожежні підставки). Вздовж магістральної лінії діаметром 400 мм прокладена супроводжуюча лінія діаметром 160 мм (із пластмасових труб), на якій встановлено гідранти. На ремонтних ділянках діаметром понад 250 мм встановлено водовипуски, а в одноповерховій житловій зоні – водорозбірні колонки. Деталювання для частини вузлів цієї монтажної схеми показано на рис. 5.2. Інші приклади деталювання водопровідних колодязів і камер мережі наведено на рис. 5.3.

### Колодязь ПГ-1.

На магістральному трубопроводі діаметром 400 мм необхідно встановити пожежний гідрант і засувку. Крім того, необхідно влаштувати відгалуження на обидва боки діаметром 300 мм і встановити на них засувки, а для спорожнення ремонтної ділянки - водовипуск. Для встановлення пожежного гідранта й влаштування відгалужень застосовують сталеву зварну пожежну підставку хрест фланцевий (ППХФ). До кінців ствола підставки приварюють фланці із зовнішнім діаметром 565 мм. До них приєднують засувку 8 і випуск фланцевий 3 (ЗФ) діаметрами 400 мм. До випуску 3 з відростком діаметром 150 мм приєднують засувку 22, такого ж діаметру.

Для влаштування відгалужень до ствола підставки приварюють відростки діаметром 300 мм, до яких попередньо приварюють фланці зовнішнім діаметром 440 мм. Вони необхідні для приєднання засувки 9 діаметром 300 мм. Засувки й випуск із чавунними трубами мережі з'єднують за допомогою патрубків 15, 16 і 20 фланець-гладкий кінець (ПФГ), які мають довжину 1200 мм. Це дозволяє з'єднувати фасонні частини з трубами за межами колодязя. Для встановлення пожежного гідранта до ствола підставки вертикально приварюють патрубок довжиною 300..350 мм і діаметром 200 мм. Завчасно до патрубка приварюють фланець зовнішнім діаметром 335 мм для закріплення пожежного гідранта 24.

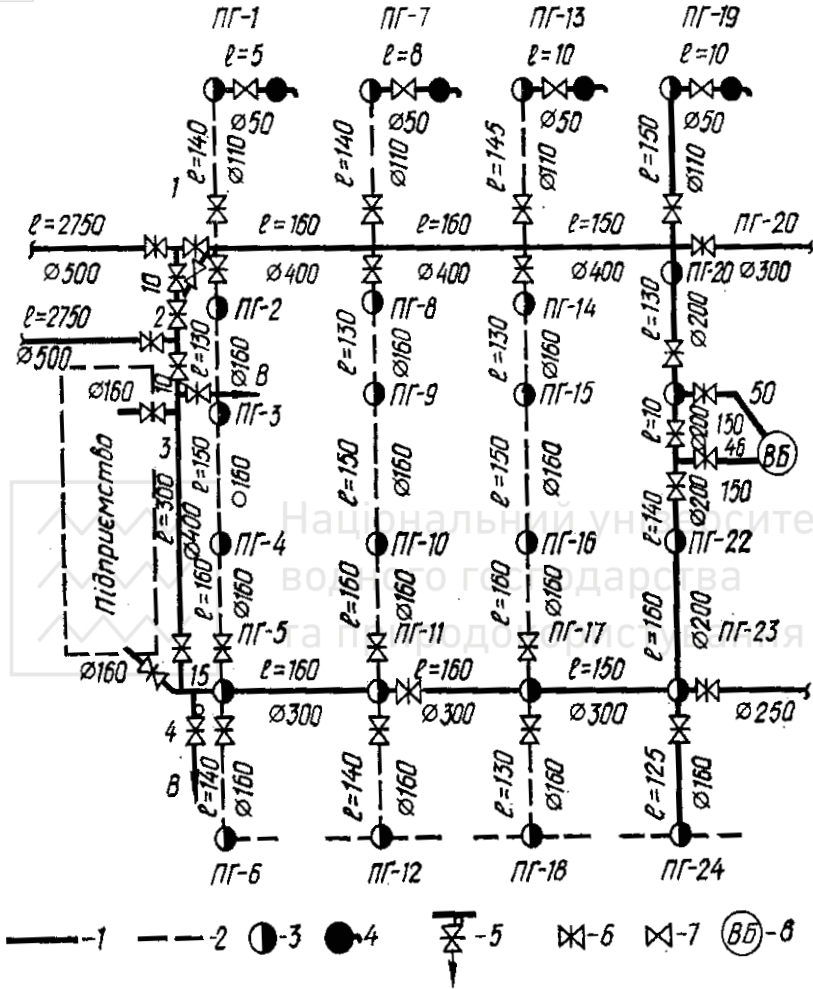


Рис. 5.1. Конструктивна схема водопровідної мережі

- 1 – водоводи і магістральні лінії; 2 – розподільчі лінії; 3 – пожежний гідрант; 4 – водорозбірна колонка; 5 – водовипуск; 6 – засувка;  
7 – вентиль; 8 – водонапірна башта;  
l – довжина ділянки, м;  $\varnothing$  – діаметр труб; ПГ-12 – номер колодязя і з пожежним гідрантом; 3 – те ж, без гідранта.

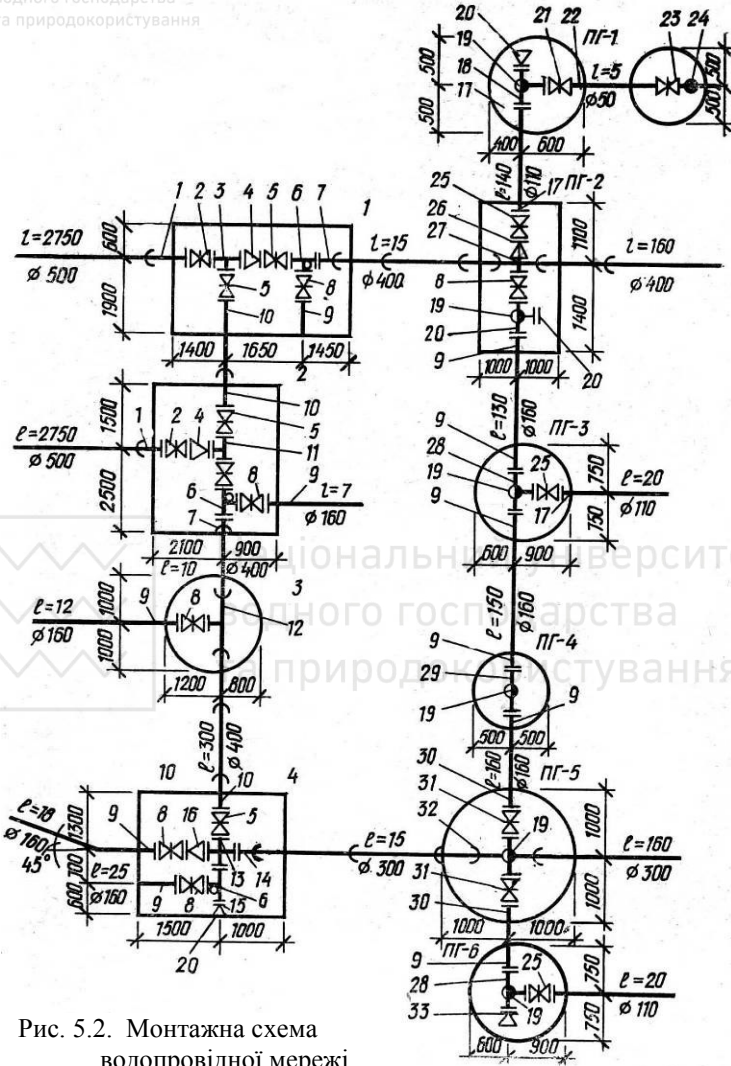
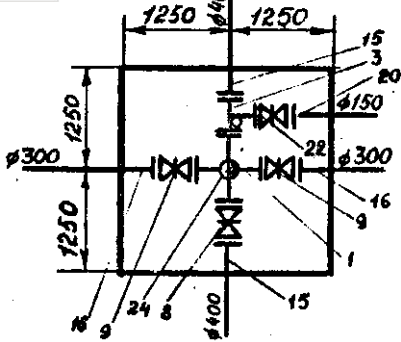


Рис. 5.2. Монтажна схема  
водопровідної мережі

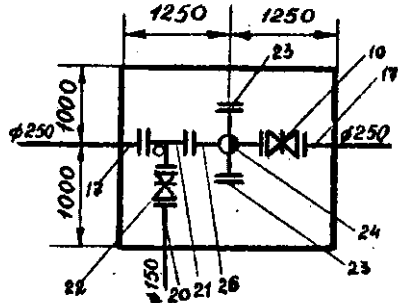
1, 10 – патрубок фланець-гладкий кінець; 2, 5, 8, 25, 31 – засувка; 3, 11 – трійник фланцевий; 4, 16, 26 – перехід фланцевий; 6 – випуск фланцевий; 9, 17, 30 – патрубок з насунним фланцем; 7, 14 – патрубок фланець-розтруб; 12 – трійник розтруб-фланець; 13 – хрест фланцевий; 15, 33 – заглушка; 18, 28 – трійник фланцевий з пожежною підставкою; 19 – пожежний гідрант; 20 – упор; 21, 23 – вентиль; 24 – водорозбірна колонка; 27 – хрест розтруб-фланець; 29 – пожежна підставка фланцева (нестандартна); 32 – хрест розтруб-фланець з пожежною підставкою.



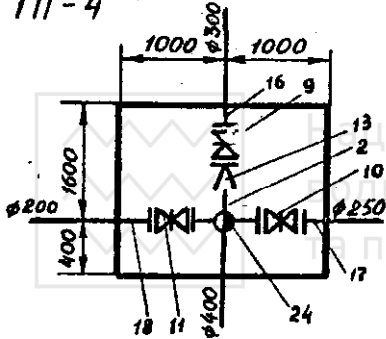
ПГ-1



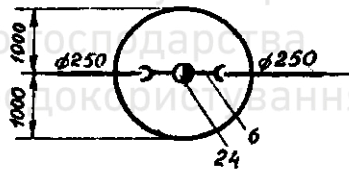
ПГ-9



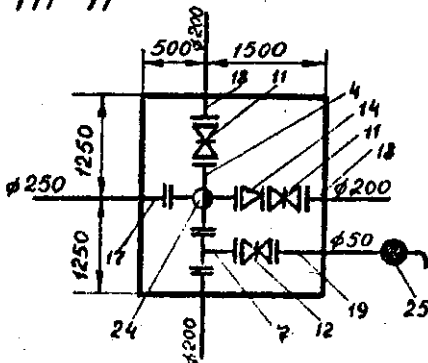
ПГ-4



ПГ-10 (а)



ПГ-11



ПГ-10 (б)

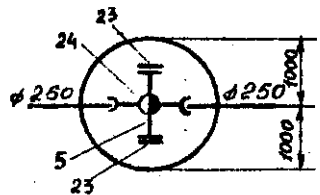


Рис. 5.3. Можливі варіанти деталювання водопровідних колодязів і камер  
(позначення див. далі в тексті)



### **Колодязь ПГ-9.**

У колодязі на магістралі діаметром 250 мм необхідно встановити пожежний гідрант, засувку діаметром 250 мм і водовипуск.

Для встановлення пожежного гідранта застосовують стандартну чавунну пожежну підставку хрест фланцевий 26 (ППХФ) із діаметром ствола 250 мм і відростків 150 мм. До фланця ствола приєднують засувку 10 діаметром 250 мм і випуск 21 із засувкою 22 діаметром 150 мм. До фланців відростків пожежної підставки діаметром 150 мм приєднують заглушки фланцеві 23 (ЗФ), які, при необхідності, замінюють на засувки з влаштуванням відгалужень до будівель.

### **Колодязь ПГ-10.**

У колодязі необхідно встановити пожежний гідрант на магістральній лінії діаметром 250 мм. Для цього застосовують пожежну підставку розтрубну 6 (ППР) діаметром 250 мм (*варіант а*), або пожежну підставку хрест розтруб-фланець 5 (ППХРФ) у тому випадку, якщо в перспективі передбачають влаштування ввідів до будівель (*варіант б*).

### **Колодязь ПГ-11.**

У колодязі на магістральній лінії діаметром 250 мм необхідно встановити пожежний гідрант, зробити відгалуження в обидва боки діаметром 200 мм, встановити дві засувки діаметром 200 мм і перейти від діаметра 250 мм до 200 мм, а також підключити водорозбірну колонку.

Для встановлення пожежного гідранта на магістралі діаметром 250 мм застосовують чавунну пожежну підставку хрест фланцевий 4 (ППХФ) заводського виготовлення діаметром ствола 250 мм і діаметром відростків 200 мм, на одному з яких встановлюють засувку 11. Для переходу від діаметра 250 мм до 200 мм застосовують перехідник фланцевий 14 (ХФ), до якого приєднують засувку 11 діаметром 200 мм.

Водорозбірну колонку підключають за допомогою трійника фланцевого 7 (ТФ) із діаметром ствола 200 мм і відростком діаметром 50 мм. До фланця відростка приєднують засувку 12 діаметром 50 мм. Водорозбірну колонку 25 встановлюють за межами проїзної частини дороги на відстані не меншій 5 м від колодязя з пожежним гідрантом.

Арматуру з'єднують з трубами так само, як і в колодязі ПГ-1.

### ***5.3. Водопровідні колодязі та камери***

Розміри водопровідних колодязів чи камер визначають залежно від розмірів арматури й фасонних частин, а також з урахуванням мінімально допустимих відстаней від них до стін колодязя [6. п. 8.63] (рис. 5.5 і табл. 5.1).





Визначивши розміри колодязів, стандартні залізобетонні елементи приймають за [4, с. 427-434] круглими та прямокутними в плані. Основний матеріал стін — залізобетон (збірний або монолітний) та цегла. Колодязі із стандартних круглих кілець можуть мати діаметри 1,0; 1,5; 2,0 та 2,5 м із висотою одного кільця 0,6; 0,9 або 1,2 м. Прямокутні залізобетонні колодязі монтують із збірних панелей розмірами від 2 x 2,5 м до 4 x 4,5 м і висотою 0,6; 0,9; 1,8 м. Для забезпечення проходження труб через стінки колодязів у них влаштовують отвори (рис.5.4) [4, с. 429]. Водопровідні колодязі можна будувати з цегли, бетону чи інших матеріалів, переважно, круглими або прямокутними в плані (рис.5.5, 5.6).

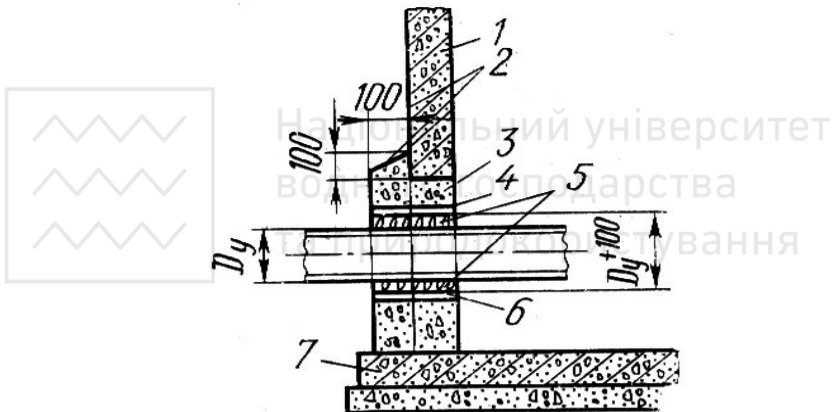


Рис. 5.4. Прокладання труб в стінах колодязів, які споруджують в мокрих ґрунтах

1 – кільце стінове; 2 – покриття гарячим бітумом за два рази; 3 – бетон марки 150; 4 – сталевий патрубко-футляр; 5 – азбестоцементний розчин; 6 – просмолений канат; 7 – плита-днище.

Глибина колодязів залежить від розмірів водопровідної арматури, діаметрів труб та глибини їх укладання  $H_y$ , яку приймають з урахуванням [7, п. 8.42] і визначають за формулою

$$H_y = H_{np} + 0,5, \quad (5.3)$$

де  $H_{np}$  - глибина промерзання ґрунту, м.



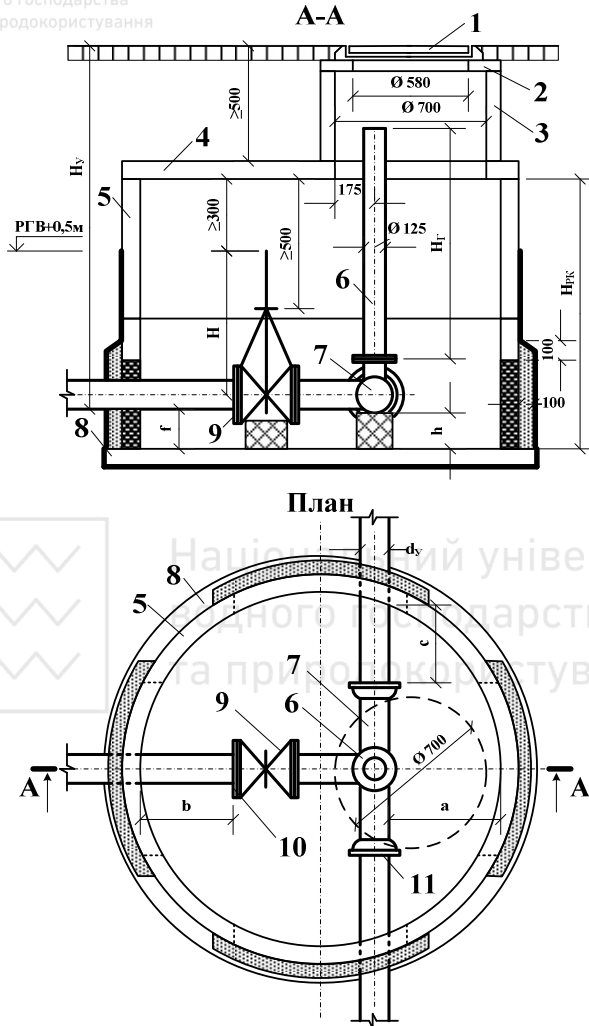


Рис. 5.5. Водопровідний колодязь з круглих залізобетонних елементів з горловиною:

- 1 – люк; 2 – опірне кільце; 3 – стінове кільце горловины; 4 – плита перекриття;  
5 – стінове кільце робочої камери; 6 – пожежний гідрант; 7 – пожежна підставка  
трійник-розтруб; 8 – плита днища; 9 – засувка; 10 – фланець; 11 - розтруб



Мінімально допустимі розміри, м, водопровідних колодязів  
(рис 5.5)

$D_y$ , мм	$h$	$H$	$H_{p,k}$	$H_z$	$a$	$b$	$c$	$f$
100	0,25	0,5	1,5	0,75	0,3	0,3	0,4	0,25
150	0,25	0,7	1,5	1,00	0,3	0,3	0,4	0,25
200	0,25	0,9	1,6	1,25	0,3	0,3	0,4	0,25
250	0,25	1,1	1,8	1,25	0,3	0,3	0,4	0,25
300	0,25	1,3	2,0	1,50	0,3	0,3	0,4	0,25
400	0,25	1,7	2,5	-	0,3	0,3	0,5	0,25
500	0,30	1,35	2,4	-	0,5	0,5	0,5	0,30
600	0,30	1,6	2,7	-	0,5	0,5	0,5	0,30
800	0,35	2,1	3,4	-	0,7	0,5	0,5	0,35
1000	0,35	2,3	3,7	-	0,7	0,5	0,5	0,35

**Примітки:** 1. Для  $D_y < 500$  мм значення  $H$  взяті для заслінок з висувним шпindelем, а для  $D_y \geq 500$  мм - із невисувним шпindelем.

2. При застосуванні збірних залізобетонних елементів значення  $H_{p,k}$  становить **1.5; 1.8; 2.1; 2.4; 2.7; 3.0 м** і т.д.

3. На трубах  $D_y > 300$  мм встановлювати гідранти не рекомендують.

Колодязі перекривають плитами зі зміщеними отворами під люк [4, с. 432], забезпечивши при цьому мінімальну висоту робочої частини колодязя, яка повинна бути не меншою 1,5 м [6, п. 8.63].

При значній глибині колодязя, для спуску в нього, влаштовують горловину із стінових кілець з діаметром не менше 0,7 м [4, с. 428]. Для цього люк монтують на опірних кільцях [4, с. 431], які встановлюють на кільця горловини. Якщо глибина укладання труб невелика, то для забезпечення висоти робочої частини колодязя його перекривають дорожними плитами з отвором під люк [4, с. 433].

За відомою глибиною укладання труб і розмірами пожежних підставок визначають висоту пожежних гідрантів, яку беруть за [5, с. 72]. При цьому необхідно враховувати, що відстань від низу люка до верха гідранта повинна знаходитись в інтервалі 0,15..0,4 м, щоб можна було вільно забирати воду за допомогою пожежної колонки (стендера).

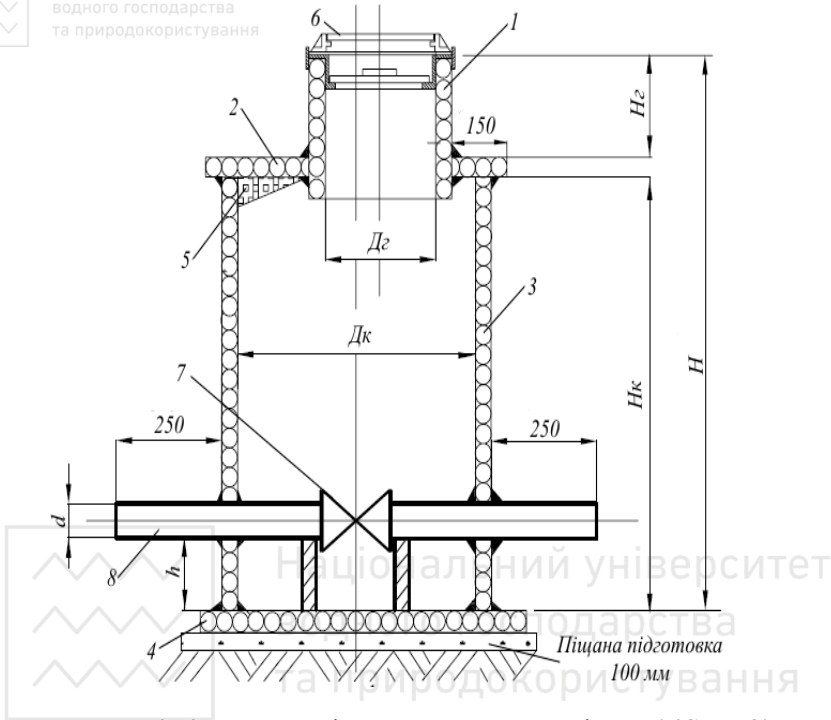


Рис.5.6. Колодязь поліетиленовий водопровідний (КСП-ВО)

1 – горловина; 2 – перекриття; 3 – корпус колодязя; 4 – дно; 5 – ребра жорсткості; 6 – люк; 7 – засівка (кульовий кран); 8 – пластмасова труба;  
 $D_g$  – діаметр горловини;  $H_g$  – висота горловини;  $H_k$  – висота корпусу;  
 $D$  – внутрішній діаметр корпусу;  $H$  – висота корпусу;  $h$  – відстань від дна колодязя до низу труби.

Залежно від місця розташування колодязя (проїзна частина, тротуар чи газон) застосовують і різні модифікації люків [5, с. 66]: легкі - типу "Л" або важкі - типу "Т" (рис.5.7 та 5.8). На дорогах з твердим покриттям люки встановлюють врівень із його поверхнею. В інших випадках люки повинні знаходитись вище поверхні землі: на газонах на 5 см із вимощенням 1 м навколо; на незабудованих територіях — на 20 см. Для колодязів, розташованих на газонах, в останні роки застосовують поліетиленові люки.

За отриманими розмірами готують робочі креслення водопровідних колодязів у масштабі 1 : 20 або 1 : 25.

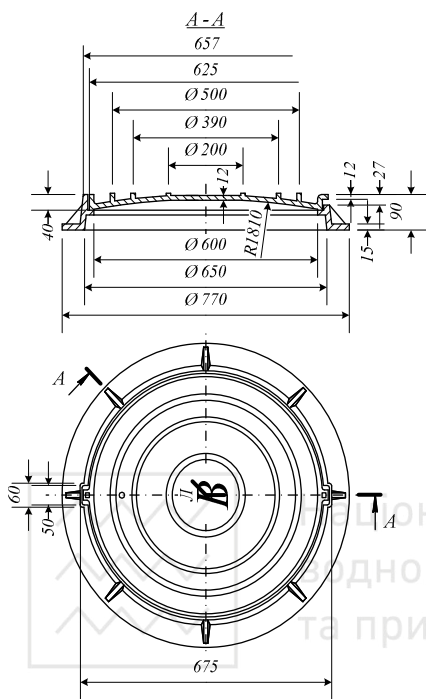


Рис. 5.7. Легкий люк

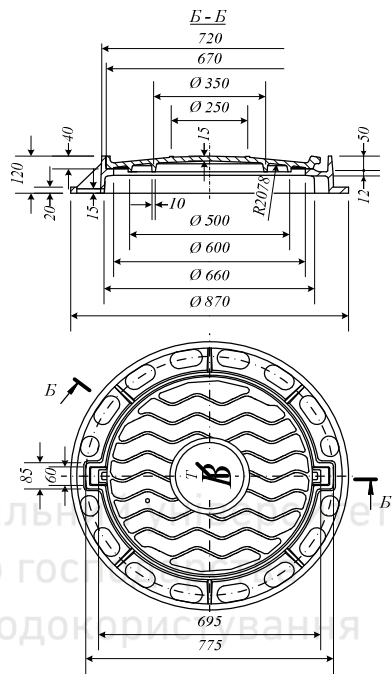


Рис. 5.8. Важкий люк

#### 5.4. Переходи трубопроводів через дороги, річки та яри

При перетині водоводів із залізничними та автомобільними дорогами їх слід прокладати по мостах або в тунелях під шляховими насипами, а при їх відсутності - у футлярах (кожухах) із сталевих труб (рис. 5.9). При обґрунтуванні можна передбачити прокладання труб у галереях, що необхідно для забезпечення цілісності залізничного полотна й шляхових споруд при аваріях водоводу, а також для можливості прокладки та ремонту трубопроводу без порушення графіка руху транспорту.

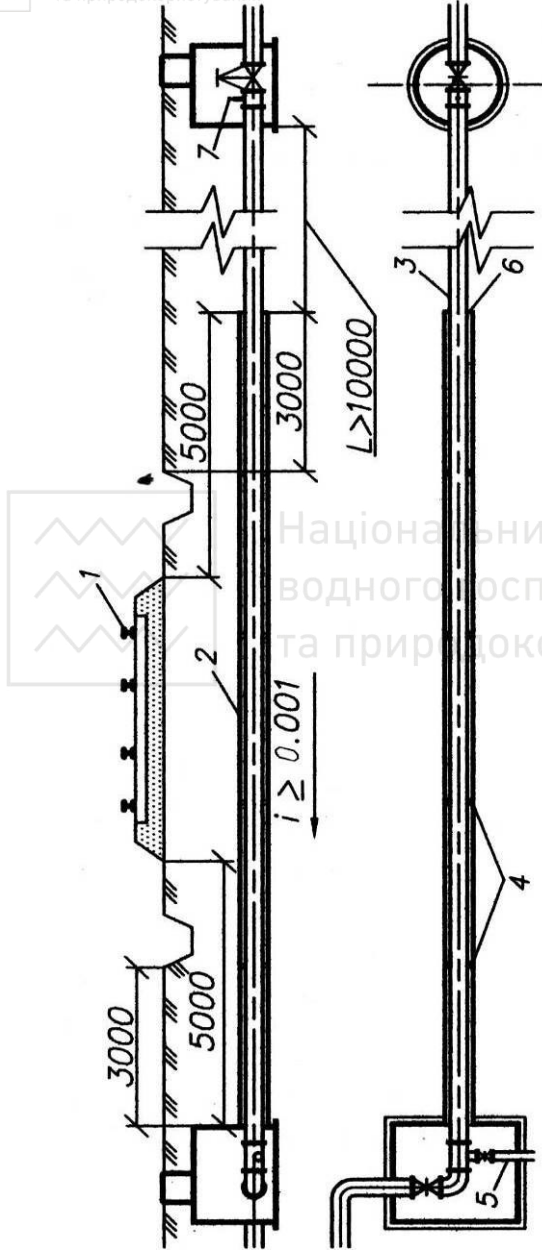


Рис. 5.9. Перехід під залізничними коліями

1 – залізничне полотно; 2 – кожух (футляр) із сталевих труб; 3 – сталевий трубопровід; 4 – опори для труб (повзунки чи ролики); 5 – водовипуск; 6 – сальник; 7 – кран для випуску повітря.



Внутрішній діаметр футляра слід приймати залежно від способу виконання робіт [6, п. 8.56]:

а) відкритим способом на 200 мм більшим від зовнішнього діаметра трубопроводу;

б) закритим способом (продавлювання й горизонтальне буріння) залежно від довжини переходу, діаметра трубопроводу й характеру виконання робіт. В одному футлярі або тунелі допускається укладання кількох трубопроводів, а також і комунікацій іншого призначення.

Для того, щоб при пошкодженнях водоводу вода витікала з футляра, його прокладають із ухилом 0,001..0,005 до одного з оглядових колодязів, влаштованих з обох боків переходу. Для відключення переходу в кожному колодязі встановлюють засувки, а в нижньому колодязі – водовипуск. Водопровідні лінії у футлярі прокладають із сталених труб, що добре витримують динамічні навантаження.

Для полегшення переміщення труб у футлярі до них прилаштовують ролики або повзунки. Для ремонту труб переходу їх витягають з футляра, для чого в одному з колодязів встановлюють монтажні коліна труб, розбірні стінки, місце під траншею за межами колодязя.

Відстань по вертикалі від підосви рейки залізничного шляху або від покриття автомобільної дороги до верху труби, футляра або тунелю слід приймати не меншою 1 м.

Відстань у плані від обрізу футляра, а в разі влаштування в кінці футляра колодязя, від зовнішньої поверхні його стіни, повинна прийматись відповідно до рекомендацій [6, п. 8.55]:

а) *при перетині залізниць*: від осі крайнього шляху - 8 м; від підосви насипу - 5 м; від краю виямки й крайніх водопровідних споруд (кюветів, каналів тощо) - 3 м;

б) *при перетині автомобільних доріг*: від краю водопровідних споруд - 3 м.

Відстань у плані до зовнішньої поверхні футляра або тунелю потрібно приймати не меншою:

- від опори контактної мережі - 3 м;
- від стрілок, хрестовин і місць приєднання кабелю до електрифікованих доріг - 10 м;
- до мостів, водопропускних труб, тунелів, тощо - 30 м.



Відстань від обрізу футляра (тунелю) необхідно уточнити залежно від наявності кабелів міжміського зв'язку, сигналізації тощо, які укладені вздовж дороги.

При перетині електрифікованої залізниці слід передбачити заходи захисту труб від корозії блукаючим струмом.

При перетині річок трубопроводи вигідно прокладати по існуючих мостах в утеплюючих кожухах. Трубопроводи можуть підвішувати на металевих підвісках під мостом із забезпеченням доступу до них для огляду й ремонту. Переходи трубопроводів через річки також виконують у вигляді дюкера (рис. 5.10), прокладаючи труби по дну річки.

Для забезпечення надійності в роботі трубопроводів при переході через водотоки кількість ліній дюкера повинна бути не меншою двох. При вимиканні однієї лінії трубопроводу іншими повинна забезпечуватись подача 100 % розрахункових витрат води [6, п. 8.61]. Їх діаметри приймають рівними економічно вигідним (як і на інших ділянках магістральної мережі).

Для дюкера застосовують сталеві труби підвищеної міцності зі зварними підсиленими муфтами. Труби повинні мати посилену антикорозійну ізоляцію, захищену від механічних пошкоджень.

Для запобігання підмивання й пошкодження труб глибина укладки підводної частини дюкера (до верха труби) повинна бути не менш ніж на 0,5 м нижче дна водотоку, а в межах фарватеру на судноплавних водотоках - не менш ніж на 1,0 м [6, п. 8.61]. Відстань між лініями дюкера повинна бути не менше 1,5 м. Кут нахилу висхідних частин дюкера слід приймати не більше 20° до горизонту.

По обидва боки дюкера необхідно передбачити влаштування колодязів і переключень із встановленням запірної арматури й водовипуску. Позначка планування біля колодязів дюкера повинна прийматись на 5 м вище від максимального рівня води у водотоці забезпеченістю 5%.

При перетині трубопроводом вузьких рівчаків і приярків влаштовують акведуки – споруди, в яких труби прокладають над дном у повітрі, не змінюючи прямолінійний переріз профілю трубопроводу.

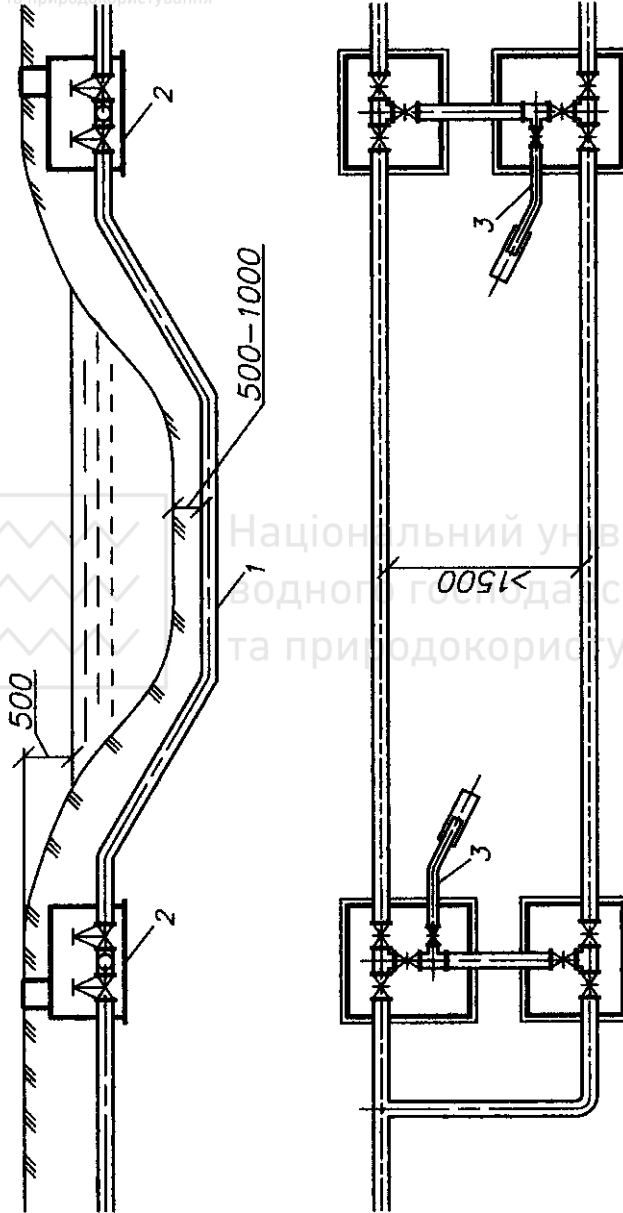


Рис. 5.10. Перехід через ріку (дюкер)

1 – сталеві трубопроводи; 2 – водопровідні камери; 3 – водовипуск.





## 5.5. Обладнання водоводів

Водоводи є, свого роду, артеріями системи подачі і розподілу води. Від їх надійної і безперебійної роботи залежить забезпечення водою всього об'єкта водопостачання. Тому їх влаштуванню та утриманню приділяють особливу увагу. Крім правильного вибору матеріалу і діаметрів, залежно від місцевих умов, потрібно ще встановити в певних точках їх траси спеціальні пристрої. Вони необхідні для забезпечення безперебійного транспортування води при різних критичних ситуаціях, що виникають в процесі експлуатації.

### 5.5.1. Вантузи і випуски

У воді, яку транспортують по водопровідних лініях, завжди є розчинне повітря. З трубопроводів розподільної водопровідної мережі його постійно вилучають через водорозбірні крани, і на ній немає потреби встановлювати вантузи. З водоводів повітря не видаляється, тому його слід відводити через автоматичні пристрої – **вантузи**, які встановлюють у підвищених точках траси водоводу. Вони впускають та випускають невеликі об'єми повітря і їх називають **експлуатаційними**. В практиці використовують вантузи з діаметром з'єднуючих патрубків 50 мм, 75 мм і 100 мм.

Крім експлуатаційних, потрібно встановлювати також **вантузи та аераційні клапани** для впускання повітря **при спорозженні** водоводу і для його випускання **при наповненні**.

При спорозженні водоводу воду випускають через особливі відгалуження від водоводу — **випуски**. Їх розмішують в понижених точках кожної ремонтної ділянки, а також в місцях, необхідних для промивки водоводів перед здачею в експлуатацію щойно збудованого водоводу або після його ремонту.

Діаметри випусків і пристроїв для впускання повітря повинні забезпечити спорозження ділянок водоводів на протязі не більше 2 годин. Якщо випуски, призначені для промивки водоводу, то вони повинні забезпечити створення в ньому швидкості на 10% більше розрахункової. При гідропневматичній промивці швидкість руху може бути навіть на 20% більше максимальної експлуатаційної швидкості водоводу, що необхідно враховувати при розрахунку випусків. Воду, після промивки, необхідно відводити у водостік,



канаву або в колодязі з наступним її відкачуванням. Між роботою вантуза і випуску під час спорожнення водоводу є певна гідравлічна залежність. З цього випливає, що вантузи і випуски слід розраховувати спільно. Професор О.О. Сурін розробив методику розрахунку вантузів і випусків, який має широке застосування на практиці. Розрахунок дає добрі наслідки з врахуванням таких положень [13, с. 160-163]:

- довжина ремонтної ділянки водоводу не повинна перевищувати 1,5 км;
- довжина випуску повинна бути не менш як 2 м;
- відношення діаметра випуску до діаметра водоводу повинно становити приблизно 0,35;
- в розрахунках не слід враховувати втрати напору у водоводі, тому що вони набагато менші втрат напору у випуску.

### 5.5.2. Запобіжні клапани і пристрої

Запобіжні клапани і пристрої поділяють на дві основні групи:

- **пружинні запобіжні клапани**, які застосовують при гідравлічних ударах, що починаються з хвилі підвищення тиску;
- **автоматичні гасителі удару**, що починається з хвилі пониження тиску.

Перші встановлюють в місцях, де є небезпека підвищення тиску на водоводах умовним діаметром 200..800 мм. Їх виготовляють умовним діаметром 25..200 мм, розрахованими на тиск 1,6..4,0 МПа. Діаметр клапана, мм, підбирають за залежністю

$$d_y = 0,25 \cdot D_y, \quad (5.4)$$

де  $D_y$  – умовний діаметр водоводу, мм.

В процесі експлуатації необхідно оберігати клапан від корозії і систематично перевіряти стан пружини.

Автоматичні гасителі гідравлічних ударів встановлюють на водоводах діаметром 300 мм і більше, які мають невелику довжину при значному геометричному підйомі (більше 30..40 м).

Якщо тиск, який виникає при гідравлічному ударі, невідомий, а провести випробування неможливо, тоді діаметр і кількість гасителів можливо визначити за діаметром водоводу (табл. 5.2).



Параметри для підбору автоматичних гасителів удару

Діаметр водоводу, мм	300..700	800..900	1000..1200
Діаметр гасителя, мм	200	200	350
Кількість гасителів	1	2	1..2

### 5.5.3. Компенсатори

Компенсатори необхідні для сприйняття осьових навантажень. Їх встановлюють на водоводах, стикові з'єднання яких не компенсують осьових переміщень, викликаних зміною температури води, повітря, ґрунту. На сталевих водоводах компенсатори встановлюють тоді, коли їх прокладають у тунелях, каналах та естакадах. При підземному прокладенні сталевих труб із зварними стиками вони потрібні в місцях встановлення чавунної фланцевої арматури. Їх встановлюють у колодязях. Для чавунних і залізобетонних трубопроводів, які мають розтрубні з'єднання, компенсатори не потрібні.

Найбільш широке розповсюдження отримали сальникові компенсатори, які виготовляють за типовими проектами діаметром  $D_y = 125..1200$  мм.

### 5.5.4. Упори

Упори встановлюють на поворотах трубопроводів у вертикальній або горизонтальній площинах, коли гідростатичні зусилля не можуть сприйматися стиками труб.

При визначенні гідростатичного тиску, який діє на упор, виходять із найбільшого його значення, що відповідає випробувальному тиску трубопроводу.

Упори, які розташовані в ґрунті, розраховують за умови, що тиск на ґрунт не перевищує розрахункового опору, ґрунт не виходить на поверхню, деформація ґрунту не порушує стикових з'єднань, вага упора-якоря більше сили, що переміщує трубопровід уверх.

При робочому тиску до 1 МПа і куті повороту до  $10^\circ$  упори на чавунних і залізобетонних водоводах можна не передбачати. На



стальних водоводах їх встановлюють при повороті у вертикальній або горизонтальній площині під кутом  $30^\circ$  і більше. Матеріалом упорів служить бетон, залізобетон, бут, цегла.

### ***5.6. Розташування водопровідних мереж з іншими інженерними комунікаціями***

Інженерні мережі розташовують, переважно, у межах поперечних профілів вулиць та доріг: під тротуарами і розділювальними смугами – інженерні мережі в колекторах, каналах або у тунелях; у межах розділювальних смуг – водопровід, газопровід, теплові мережі, господарсько-побутова і дощова каналізація. При ширині проїзної частини більше 20 м водопровідні мережі слід прокладати з обох сторін вулиць.

Мінімальні відстані в плані від мереж водопроводу і каналізації до сусідніх підземних комунікацій при їх паралельному прокладанні наведені в табл. 5.3, а до найближчих будинків і споруд в табл. 5.4. Взаємне розташування підземних комунікацій показано на рис. 5.11.

При різниці у глибині залягання суміжних трубопроводів понад 0.4 м, відстані необхідно збільшувати з урахуванням стрімкості схилів траншей, але не менше глибини траншеї до підшови насипу і бровки виїмки.

При перетині підземних інженерних мереж із пішохідними переходами треба передбачати прокладання трубопроводів під тунелями, а силових кабелів і кабелів зв'язку – над тунелями.

У місцях перетину водопровідні труби слід прокладати вище каналізаційних, а відстані між стінами труб по вертикалі повинна бути не менше 0.4 м. Якщо ж водопровідні труби потрібно прокладати нижче каналізаційних, то вони повинні бути сталевими і їх встановлюють у сталевий футляр. При цьому відстань у плані від кінця футляра до каналізаційних труб повинна бути не менше 5 м для глинистих ґрунтів і не менше 10 м для пісків.

При розробці робочих креслень складають плани прокладання інженерних мереж по проїздах і мікрорайонах. Основою для їх складання є схеми інженерних комунікацій.

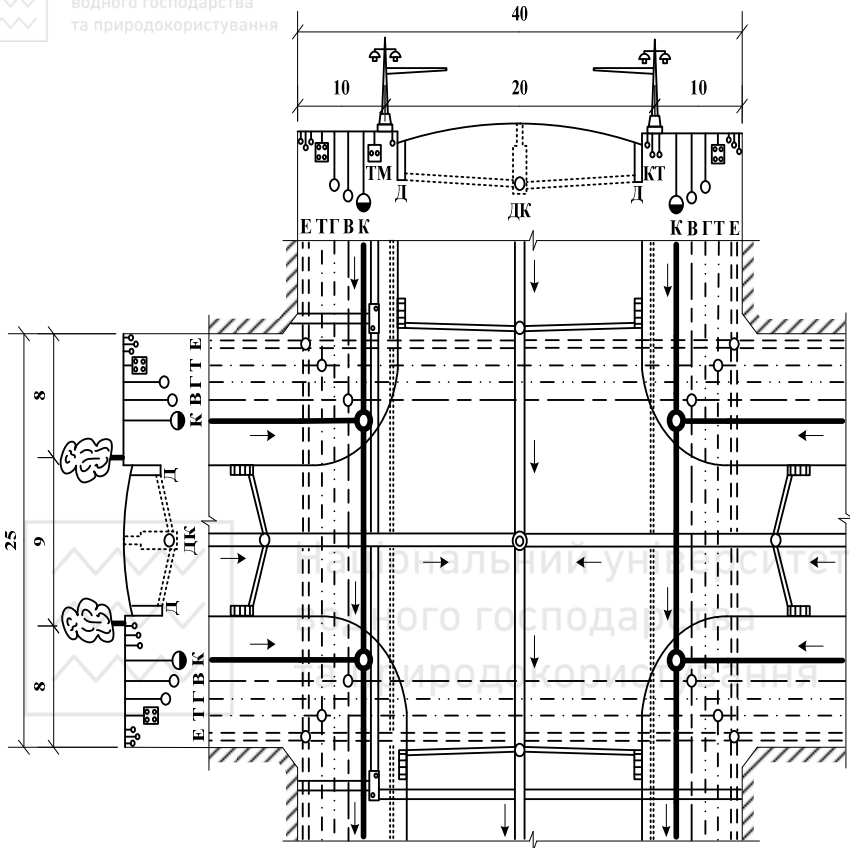


Рис. 5.11. Схема раціонального розташування підземних комунікацій

**ТС** — теплові мережі; **КТ** — кабелі трамваїв і тролейбусів;  
**Е** — електромережі; **Т** — телефон; **Г** — газопровід;  
**В** — водопровід; **К** — каналізація; **Д** — дощоприймальники;  
**ДК** — водостоки.



Таблиця 5.3

Мінімальні відстані в плані до інженерних мереж, м

№ з/п	Комунікації	Водопровід	Каналізація	Примітки *
1	Водопровід	0,7-2,2*	1,5	Для труб різних матеріалів
2	Каналізація	1,5	0,4	
3	Газопровід низького тиску	1,0	1,0	
4	Те ж, середнього	1,0	1,5	
5	Те ж, високого: 0,3..0,6 МПа	1,5	2,0	
6	Те ж, високого: 0,6..1,2 МПа	2,0	5,0	
7	Силові кабелі: до 35 кВ	1,0	0,5	
8	Те ж, 35..110 кВ	1,0	1,0	
9	Кабелі зв'язку	0,5	0,5	
10	Теплові мережі	1,5	3,0*	В каналах – 1,0
11	Загальні колектори	1,5	2,0	

Таблиця 5.4

Мінімальні відстані в плані до будинків і споруд, м

№ з/п	Будівлі і споруди	Водопровід	Каналізація	Примітки *
1	Фундаменти будівель, шляхопроводи і тунелі	5	3	
2	Огорожі опор контактних мереж та зв'язку	3	1,5	
3	Залізничні колії*	4	4	До вісі крайнього шляху
4	Трамвайні колії*	2,8	2,8	
5	Бордюри вулиць і доріг	2	1,5	
6	Зовнішня бровка кювета або підшва насипу	1	1	
7	Фундаменти опор ліній електромереж напругою до 1 кВ та зовнішнього освітлення	1	1	
8	Те ж, напругою 1-35 кВ	2	2	
9	Те ж, напругою 110 кВ і вище	3	3	



### **Контрольні питання**

1. Арматуру якого призначення встановлюють на водопровідній мережі?
2. Як визначити радіус дії пожежного гідранта?
3. Які вимоги до встановлення засувок на водопровідній мережі?
4. Де встановлюють водовипуски і для чого?
5. Що називають ремонтною ділянкою водопровідної мережі?
6. Як складають конструктивну схему водопровідної мережі?
7. Як складають монтажні схеми водопровідних вузлів?
8. Для чого призначена специфікація труб, фасонних частин і арматури?
9. Як визначити розміри водопровідних колодязів?
10. Від яких параметрів залежить глибина водопровідних колодязів?
11. Які люки встановлюють у колодязях?
12. Як прокладають водоводи та водопровідні мережі через дороги, річки та яри?
13. Як влаштовують дюкери та акведуки?
14. Яке обладнання встановлюють і для чого на водоводах та водопровідних мережах?
15. Які вимоги до взаємного розташування водопровідних мереж з іншими інженерними комунікаціями?



## ДОДАТКИ

### Додаток 1. Вихідні дані для проектування

#### ЗАВДАННЯ

на виконання курсового проекту

"Водопровідна мережа міста"

студенту \_\_\_\_\_ форми навчання  
\_\_\_\_\_ курсу \_\_\_\_\_ групи

\_\_\_\_\_ (Прізвище, ім'я та по-батькові)

1. План забудови міста № \_\_\_\_\_ .
2. Планшет № \_\_\_\_\_ .
3. Характеристика житлових зон :

Зона забудови	Кількість жителів, тис.осіб	Кількість поверхів	Ступінь благоустрою житла (за СНиП)	Поливні території	
				назва	площа, га
1				Квітники і газони	
2				Присадибні ділянки	

4. Громадський заклад \_\_\_\_\_ :  
об'єм будівлі \_\_\_\_\_ тис.м<sup>3</sup> ; кількість поверхів \_\_\_\_\_
5. Тривалість поливного періоду \_\_\_\_\_ діб.
6. Глибина промерзання ґрунту \_\_\_\_\_ м.
7. Глибина залягання ґрунтових вод \_\_\_\_\_ м.
8. Ґрунти на трасі водопроводу \_\_\_\_\_ .
9. Інші умови проектування \_\_\_\_\_ .  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Строк видачі завдання \_\_\_\_\_

Строк здачі проекту \_\_\_\_\_

Керівник \_\_\_\_\_ / \_\_\_\_\_ /





## Характеристики промислових підприємств

№ з/п	Назва підприємства	Кількість змін	Кількість продукції, що виготовляється		Об'єм найбільшої будівлі, тис.м <sup>3</sup>	Категорія виробництва за пожеж.безпекою	Ступінь вогнестійкості будівлі	Необхідний напір, м
			за добу	за зміну				
1	Хлібопекарня	3	20	8	25	Б	I	18
2	Молокозавод	2	12	8	10	В	IV	20
3	Маслозавод	1	25	25	20	В	III	16
4	М'ясокомбінат	2	30	20	25	А	II	22
5	Цукровий завод	2	45	25	45	Д	IV	24
6	Пивзавод	2	30	20	20	Д	III	18
7	Овочепереробний комбінат	1	10	10	15	Г	III	24
8	Мукомольний завод	2	30	15	40	В	II	14
9	Льонокомбінат	3	25	10	45	Б	I	30
10	Прядильноткацька фабрика	2	18	8	30	Б	II	28
11	Цементний завод	3	100	40	50	В	II	12
12	Цегельний завод	3	60	20	28	Д	III	10
13	Завод залізобетонних виробів	1	40	40	55	Е	I	16
14	Інструментальний завод	1	15	15	24	Д	II	18
15	Повстяна фабрика	3	10	4	35	В	III	22
16	Шкіряна фабрика	1	8	8	10	Г	III	28
17	Трикотажна фабрика	1	20	20	15	Г	V	10
18	Деревообробний комбінат	1	30	30	40	Д	III	24
19	Завод пластмасових виробів	2	28	18	20	Г	V	28
20	Завод хімволокна	2	20	10	30	В	III	30



### Додаток 2. Питомі витрати води населенням [3, 6]

№ з/п	Ступінь благоустрою житлових будівель	Питоме водоспоживання (середнє за рік), л/(доб.людину)
1	Водокористування із водорозбірних колонок	30 ... 50
2	Забудова будівлями з внутрішнім водопроводом і каналізацією без ванн	125 ..150
3	Те ж, з газопостачанням	130 .. 160
4	Забудова будівлями з водопроводом, каналізацією і ваннами з водонагрівачами на твердому паливі	150 ... 180
5	Те ж, з газовими водонагрівачами	160 ... 230
6	Те ж, з централізованим гарячим водопостачанням	230 ... 350

### Додаток 3. Питомі витрати води на полив [3, 6]

№ з/п	Вид поливу	Одиниця	Витрати води на один полив, л/м <sup>2</sup>
1	Полив зелених насаджень	Один полив	3 ... 4
2	Полив квітників і газонів	Один полив	4 ... 6
3	Полив присадибних ділянок: - овочевих культур - плодкових дерев	Один полив	3 ... 15 10 ... 15
4	Полив у теплицях: - ґрунтових зимових - стелажних зимових, ґрунтових весняних і парниках	Один полив	15 6
5	Полив покриттів проїздів і площ: - механізований - із шлангів	Один полив	0,3 ... 0,4
6	Механізоване миття покриттів проїздів і площ	Одне миття	1,2 ... 1,5

**Додаток 4. Питомі витрати води на підприємствах на технологічні і побутові цілі [10]**

№ з./п	Підприємство	Одиниця виміру продукції	Питомі витрати води, м <sup>3</sup> /одиницю продукції			Коефіцієнти зміни водоспоживання К <sub>літ</sub> / К <sub>зим</sub>
			технічної	питної на цілі		
				технологічні	побутові	
1	2	3	4	5	6	7
1	Мукомольні заводи (млини)	1 т зерна	0	0,4..2,5	0,1..0,3	1,0 1,0
2	Молокозаводи, маслосирзаводи	1 т молока	0	5,5..8,0	0,2..0,5	1,0 0,6
3	М'ясокомбінати	1 т м'яса	6..7	20..25	0,6..1,4	1,4 0,6
4	Овочепереробні комбінати	1000 обліков. банок	0	3,0..6,0	0,1	2,0 0,6
5	Пивоварні заводи	1000 дал продук.	0..100	30..100	2,0..18,0	1,0 1,0
6	Птахокомбінати	1 т м'яса	8..14	14..28	0,8..1,3	1,5 0,5
7	Соковинні заводи	1000 дал продукції	10..70	15..75	3,0..5,0	1,0 1,0
8	Хлібопекарні	1 т хліба	0	1,7..5,1	0,5..1,2	1,0 1,0
9	Холодильники харчопродуктів	1 т сировини	120..150	0,9..1,1	0,5..0,7	1,0 1,0
10	Цукрові заводи	1 т буряків	1,4..1,6	0,05..1,0	0,1..0,2	0,9 1,2
11	Заводи гумового взуття	100 пар	30..50	10..15	1,5..3,5	1,0 1,0
12	Лакофарбні заводи	1 т фарб	1,5..4	2..3,5	0,35..0,45	1,0 1,0
13	Пластмасові заводи	1 т продукції	25..35	2,5..12	1,0..1,3	1,0 1,0
14	Заводи хімволокна	1 т продукції	50..485	10..25	10..20	1,0 1,0
15	Деревообробні заводи	1 м <sup>3</sup> матеріалів	2..5	1,5..2,2	0,1..0,2	1,0 1,0



Продовження додатку 4

1	2	3	4	5	6	7
16	Меблеві фабрики	1 т продукції	0	23..25	3,5..7,5	1,0 0,9
17	Заводи первинної обробки льону	1 т волокна	70..100	0	0,7..1,5	1,0 1,0
18	Ф-ки первинної обробки шерсті	1 т шерсті	40..70	0	0,8..1,5	1,0 1,0
19	Льонокомбінати	1 т тканини	250.. 385	20..24	22..28	1,1 0,9
20	Бавовняні комбінати	1 т тканини 1000 м <sup>2</sup> тканини	250.. 310 49..78	48..90 14..15	28..50 14..18	1,1 0,9
21	Прядильно- ткацькі фабрики	1 т пряжі	390.. 440	50..80	6,5..9,0	1,1 0,9
22	Трикотажні фабрики	100 кг трикотажу	13..15	12..17	1,5..2,5	1,0 0,9
23	Шкіряні фабрики	1 т шкіри	60..107	0	4,0..6,0	1,0 1,0
24	Хутряні фабрики	1000 шкір	23.. 240	0	2,0..4,2	1,0 1,0
25	Повстяні фабрики	1 т продукції	56..84	0	1,0..1,5	1,0 1,0
26	Фабрики хімчистки	1 кг одягу	0	107.. 133	2,7..6,3	1,0 1,0
27	Гумові заводи	1 т гуми	10..12	0	0,4..0,5	1,0 1,0
28	Інструментальні заводи	1 т інструмент	23..28	5..10	10..12	1,0 1,0
29	Цементні заводи	1 т цементу	1,0..2,5	0	0,1..0,1 6	1,0 1,0
30	Цегельні заводи	1000 шт цегли	0,4..1,2	0..1,1	0,1..0,15	1,0 1,0
31	Заводи залізо- бетонних виробів	1м <sup>3</sup> виробів	1,5..3,0	0	0,1..0,4	1,0 1,0
32	Скляозаводи	1000 м <sup>2</sup> скла	30..4 5	1,0	3,5	1,0 1,0
33	Автомобільні заводи	1 легковий автомобіль	25..30	10..14	3,0..6,0	1,05 0,95
34	Авторемонтні заводи	1 автомобіль	11..19	0	2,0..4,0	1,1 0,9



### Додаток 5. Значення коефіцієнта $\beta$ [6]

Кількість жителів, осіб	Коефіцієнти	
	$\beta_{max}$	$\beta_{min}$
$\leq 100$	4,5	0,01
150	4,0	0,01
200	3,5	0,02
300	3,0	0,03
500	2,5	0,05
750	2,2	0,07
1 000	2,0	0,1
1 500	1,8	0,1
2 500	1,6	0,1
4 000	1,5	0,2
6 000	1,4	0,25
10 000	1,3	0,4
20 000	1,2	0,5
50 000	1,15	0,6
100 000	1,1	0,7
300 000	1,05	0,85
$\geq 1\ 000\ 000$	1,0	1,0

**Додаток 6.** Витрати води на пожежогасіння [3, 6, 13]**Додаток 6.1.** Витрати води на зовнішнє пожежогасіння  
в житлових районах населених пунктів

Кількість жителів у населеному пункті чи його районі, тис. жителів	Розрахункова кількість одночасних пожеж	Витрати води, л/с, на одну пожежу для будинків заввишки	
		до 2-х поверхів включно	3-и поверхи і вище
до 1,0	1	5	10
1 ... 5	1	10	10
5 ... 10	1	10	15
10 ... 25	2	10	15
25 ... 50	2	20	25
50 ... 100	2	25	35
100 ... 200	3	-	40
200 ... 300	3	-	55
300 ... 400	3	-	70
400 ... 500	3	-	80

**Примітки:** 1. Витрати води не залежать від ступеня вогнестійкості будинків.

2. Для населених пунктів з числом жителів понад 500 тисяч витрати води на гасіння однієї пожежі слід приймати 80 л/с плюс 5 л/с на кожні 100 тис. жителів; кількість одночасних пожеж - 3.

**Додаток 6.2.** Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для житлових, громадських і допоміжних виробничих будівель

Кількість поверхів	Витрати води на 1 пожежу при об'ємах будівель, тис.м <sup>3</sup>				
	до 1	1 ... 5	5 ... 25	25 ... 50	50 ... 150
Житлові одно- і багатосекційні будівлі					
до 2	10 (5)	10	-	-	-
2 ... 12	10	15	15	20	-
12 ... 16	-	-	20	25	-
16 ... 25	-	-	-	25	30
Громадські і допоміжні виробничі будівлі					
до 2	10 (5)	10	15	-	-
2 ... 6	10	15	20	25	30
6 ... 12	-	-	25	30	35
12 ... 16	-	-	-	30	35

**Примітки:** 1. Витрати води не залежать від ступеня вогнестійкості будинків.

2. В дужках наведено витрати для сільських населених пунктів.



**Додаток 6.3.** Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для виробничих будівель з ліхтарями і без них до 60 м завширшки

Ступінь вогнестійкості	Категорія виробництва за пожежною безпекою	Витрати води, л/с, на одну пожежу при об'ємах будівель, тис.м <sup>3</sup>						
		до 3	3..5	5..20	20..50	50..200	200..400	400..600
I і II	Г, Д, Е	10	10	10	10	15	20	25
I і II	А, Б, В	10	10	15	20	30	35	40
III	Г, Д	10	10	15	25	35	-	-
III	В	10	15	20	30	40	-	-
IV і V	Г, Д	10	15	20	30	-	-	-
IV і V	В	15	20	25	40	-	-	-

**Додаток 6.4.** Витрати води на зовнішнє пожежогасіння для виробничих будівель I і II ступенів вогнестійкості без ліхтарів 60 м і більше завширшки

Категорія виробництва за пожежною безпекою	Витрати води, л/с, на одну пожежу при об'ємах будівель, тис.м <sup>3</sup>								
	до 50	50...100	100...200	200...300	300...400	400...500	500...600	600...700	700...800
А, Б, В	20	30	40	50	60	70	80	90	100
Г, Д, Е	10	15	20	25	30	35	40	45	50

**Примітки:** 1. Кількість одночасних пожеж на підприємстві слід приймати: при площі його території до **150 га** - одну; при більшій площі - дві.

2. При двох розрахункових пожежах на підприємстві витрати води на пожежогасіння слід приймати для двох будівель, що потребують найбільших витрат води.

3. Для сільськогосподарських підприємств **I і II** ступеня вогнестійкості з об'ємами будівель до **5 тис.м<sup>3</sup>** і з виробництвами категорій **Г** та **Д** витрати на зовнішнє пожежогасіння становлять **5 л/с**.

4. Для будівель **II** ступеня вогнестійкості з дерев'яними конструкціями витрати на зовнішнє пожежогасіння слід приймати на **5 л/с** більшими за наведені у таблицях.

**Додаток 6.5.** Витрати води на внутрішнє пожежогасіння у будівлях і приміщеннях

Об'єм будівлі, тис.м <sup>3</sup>	Ступінь вогнестійкості будівель	Кількість струменів	Витрати води на 1 струмінь, л/с	Примітки
<b>Житлові будинки</b>				
не нормується	не нормується	1	2,5	$n_n=12..16; L_k \leq 10M$
не нормується	не нормується	2	2,5	$n_n=12..16; L_k > 10M$
не нормується	не нормується	2	2,5	$n_n=17..25; L_k \leq 10M$
не нормується	не нормується	3	2,5	$n_n=17..25; L_k > 10M$
<b>Громадські будівлі</b>				
до 25	не нормується	1	2,5	$n_n \leq 10$
понад 25	не нормується	2	2,5	$n_n \leq 10$
до 25	не нормується	2	2,5	$n_n > 10$
понад 25	не нормується	3	2,5	$n_n > 10$
<b>Виробничі та складські приміщення до 50 м заввишки</b>				
0,5..5	I і II	2	2.5	A, B, B
0,5..5	III, IV, V	2	2.5	B
5..50	IV, V	2	2.5	Г, Д
5..200	III	2	2.5	Г, Д
5..50	IV, V	2	2.5	B
5..200	III	2	5	B
5..200	I і II	2	5	A, B, B
200..400	I і II	3	5	A, B, B
400..800	I і II	4	5	A, B, B
<b>Допоміжні виробничі будівлі</b>				
5..25	не нормується	1	2.5	-
понад 25	не нормується	2	2.5	-

В графі „Примітки” введено такі позначення:

- $n_n$  – кількість поверхів будівлі;
- $L_k$  – довжина коридору, м;
- A, B, B, Г, Д - категорії виробництв за пожежною безпекою.



**Додаток 7. Розподіл добових витрат води по годинах для житлових зон, %**

Години доби	Витрати води для коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання														
	1,2	1,25	1,3	1,35	1,4	1,45	1,5	1,7	1,8	1,9	2	2,5			
0-1	3,50	3,50	3,20	3,00	2,50	2,00	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60			
1-2	3,45	3,25	3,25	3,20	2,65	2,10	1,50	1,00	0,90	0,85	0,75	0,60			
2-3	3,45	3,30	2,90	2,50	2,20	1,85	1,50	1,00	0,90	0,85	1,00	1,20			
3-4	3,40	3,20	2,90	2,60	2,25	1,90	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	2,00			
4-5	3,40	3,25	3,35	3,50	3,20	2,85	2,50	2,00	1,35	2,70	3,00	3,50			
5-6	3,55	3,40	3,75	4,10	3,90	3,70	3,50	3,00	3,85	4,70	5,50	3,50			
6-7	4,00	3,85	4,15	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,20	5,35	5,50	4,50			
7-8	4,40	4,45	4,65	4,90	5,10	5,30	5,50	6,50	6,20	5,85	5,50	10,20			
8-9	5,00	5,20	5,05	4,90	5,35	5,80	6,25	6,50	5,50	4,50	3,50	8,80			
9-10	4,80	5,05	5,40	5,60	5,85	6,05	6,25	5,50	5,85	4,20	3,50	6,50			
10-11	4,70	4,85	4,85	4,90	5,35	5,80	6,25	4,50	5,00	5,50	6,00	4,10			
11-12	4,55	4,60	4,60	4,70	5,25	5,70	6,25	5,50	6,50	7,50	8,50	4,10			
12-13	4,55	4,60	4,50	4,40	4,60	4,80	5,00	7,00	7,50	7,90	8,50	3,50			
13-14	4,45	4,55	4,30	4,10	4,40	4,70	5,00	7,00	6,70	6,35	6,00	3,50			
14-15	4,60	4,75	4,40	4,10	4,60	5,05	5,50	5,50	5,35	5,20	5,00	4,70			
15-16	4,60	4,70	4,55	4,40	4,60	5,30	6,00	4,50	4,65	4,80	5,00	6,20			
16-17	4,60	4,50	4,50	4,30	4,90	5,45	6,00	5,00	4,50	4,00	3,50	10,40			
17-18	4,30	4,35	4,25	4,10	4,60	5,05	5,50	6,50	5,50	4,50	3,50	9,40			
18-19	4,35	4,40	4,45	4,50	4,70	4,85	5,00	6,50	6,30	6,20	6,00	7,30			
19-20	4,25	4,30	4,40	4,50	4,50	4,50	4,50	5,00	5,35	5,70	6,00	1,60			
20-21	4,25	4,30	4,40	4,50	4,40	4,20	4,00	4,50	5,00	5,50	6,00	1,60			
21-22	4,15	4,20	4,50	4,80	4,20	3,60	3,00	3,00	3,00	3,00	3,00	1,00			
22-23	3,90	3,75	4,20	4,60	3,70	2,85	2,00	2,00	2,00	2,00	2,00	0,60			
23-24	3,80	3,70	3,50	3,30	2,70	2,10	1,50	1,00	1,00	1,00	1,00	0,60			
Всього:	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100	100			



### Додаток 8. Стандартні діаметри водопровідних труб

Діаметр умовного проходу $d_p$ , мм	Сталеві електрозварні ГОСТ 10704 та ГОСТ 8696-74			Чавунні типу А ГОСТ 9583-75			Залізобетонні ГОСТ 12586-83			Поліетиленові (ПНТ) типу С ГОСТ 18599-83		
	$d_{300s}$ , мм	$d_{600s}$ , мм	Маса 1 м, кг	$d_{300s}$ , мм	$d_{600s}$ , мм	Маса 1 м, кг	$d_{300s}$ , мм	$d_{600s}$ , мм	Маса 1 м, кг	$d_{300s}$ , мм	$d_{600s}$ , мм	Маса 1 м, кг
65	89	83	6,4	81	66,2	12,4	-	-	-	75	66	1,0
80	102	96	7,3	98	82,2	16,2	-	-	-	90	80	1,4
100	121	115	8,7	118	101,4	20,8	-	-	-	110	97	2,1
125	140	133	11,8	144	126,6	26,8	-	-	-	125	110	2,7
150	168	158	18,1	170	151,6	33,7	-	-	-	160	140	4,4
200	219	210	23,8	222	201,8	48,8	-	-	-	200	175	6,8
250	273	261	39,5	274	252,0	65,9	-	-	-	250	220	10,6
300	325	311	54,9	326	302,2	85,2	-	-	-	315	280	16,8
350	377	363	63,9	378	352,4	106,5	-	-	-	355	310	21,3
400	426	412	72,3	429	401,4	130,5	-	-	-	400	375	27,0
500	530	516	90,3	532	501,8	183,5	-	-	-	500	445	42,1
600	630	616	107,6	635	600,2	244,8	730	600	375	630	560	66,8
700	720	706	123,1	738	699,4	316,0	-	-	-	710	630	84,7
800	820	804	160,2	842	799,3	394,6	930	800	490	800	710	108,0
900	920	904	179,9	945	899,2	480,9	-	-	-	-	-	-
1000	1020	1004	199,7	1048	998,4	578	1150	1000	700	-	-	-



**Додаток 9.** Приклад робочого поля сервісного програмного модуля *TER\_dek.xls*  
для визначення економічних факторів (лист «E»)

Параметри	Труби									
	сталеві		чавунні		залізобетонні		пластмасові			
	водоводи	мережі	водоводи	мережі	водоводи	мережі	водоводи	мережі	водоводи	мережі
<i>a</i>	1,1	1,15	1,6	1,5	2,05	2,4	1,8	1,5		
<i>β</i>	1,93	1,93	1,81	1,81	1,85	1,85	1,774	1,774		
<i>m</i>	5,08	5,08	4,9	4,9	4,89	4,89	4,774	4,774		
<i>k</i>	0,00148	0,00148	0,00163	0,00163	0,00169	0,00169	0,00105	0,00105		
<i>b</i>	4298	4794	6460	7004	3162	3332	10336	9112		
<i>p<sub>к.в.</sub></i>	0,055	0,055	0,024	0,024	0,04	0,04	0,026	0,026		
<i>E</i>	<b>1,003</b>	<b>0,978</b>	<b>0,921</b>	<b>0,918</b>	<b>0,982</b>	<b>0,955</b>	<b>0,784</b>	<b>0,814</b>		

— підстає коректуванню відносно  
вартості бюджету на 2010 р.

Вартість електроенергії	$\sigma_0 = 1,02$
К.К.Т. насосів	$\eta_0 = 0,70$
Кредитна ставка	$S_{\text{кр}} = 7,10$ $e = 0,16$
Термін реалізації проекту	$T = 25$ років

<i>a<sub>η</sub></i>	0,00000137 (зменшення ККД за T=25 років на 30%: $a_{\eta} = 0,3 T / 24365$ )
<i>a<sub>τ</sub></i>	0,01 (зростання водоспоживання за T=25 років у 1,25 разів: $a_{\tau} = (1,25-1)T$ )
<i>a<sub>σ</sub></i>	0,05 (щорічне зростання вартості електроенергії на 5,0%)



**Додаток 10.** Приклад робочого поля сервісного програмного модуля **TEP\_dek.xls**  
для визначення економічно вигідних діаметрів труб (лист «dek»)

$d_{\text{вн}}, \text{м}$	0,317	0,305	0,292	0,268	0,216	0,328	0,157	0,175	0,167	0,441
$Q_{\text{вн.НС}}, \text{м}^3/\text{с}$	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221	0,221
$E$	0,918	0,918	0,918	0,918	0,918	0,978	0,918	0,918	0,918	0,982
$n$	3	3	3	3	3	3	3	3	4	2
$K_{\text{Д}}$	0,30	0,26	0,22	0,16	0,07	0,27	0,02	0,03	0,03	0,50
$K^{\text{НС}}_{\text{зод.макс}}$	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14	1,14
$K^{\text{Л}}_{\text{зод.макс}}$	1,42	1,43	1,46	1,51	1,67	1,43	2,02	1,93	1,91	1,36
$a_{\text{н}}$	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06	1,37E-06
$a_{\text{з}}$	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01	0,01
$a_{\sigma}$	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05	0,05
$\alpha$	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	1,5	2,05
$\beta$	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,81	1,85
$m$	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,9	4,89
$e$	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16	0,16
$T$	25	25	25	25	25	25	25	25	25	25

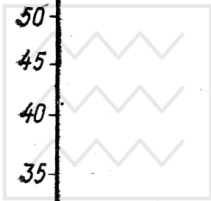
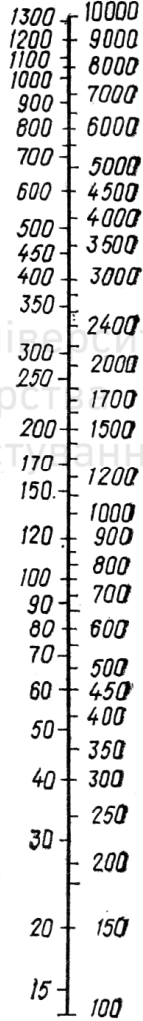
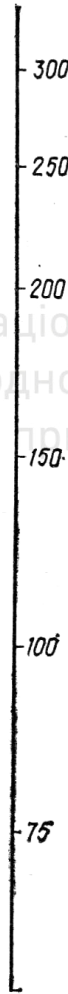
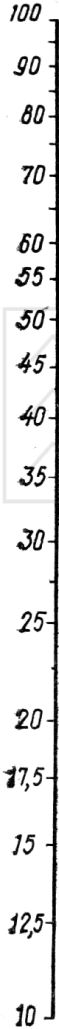


### Додаток 11. Номограма для визначення діаметрів труб розподільчих мереж

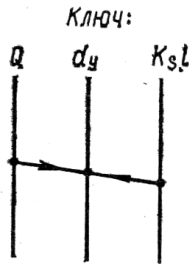
Витрати  $Q$ , л/с, на  
васіння однієї по-  
жежі в житловій  
зоні

Діаметри труб  $d_y$ , мм

Значення  $K_s l$ , м  
Для тупикових ділянок  
Для кільцевих мереж



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



$K_s$  - коефіцієнт збільшення опору  
 $l$  - довжина ділянки, м



## Додаток 12. Характеристика водонапірних башт (за типовими проектами)

Об'єм бака, м <sup>3</sup>	Розмір бака, м		Висота ствола, м	Номери приміток
	діаметр	висота		
15	3	2,8	6; 9	1
			12	2
25	3	4,4	9; 12; 15; 18; 21	1
			12; 15	2
50	3	7,6	9; 12; 15; 18; 21; 24	1
			15; 18	2
			12; 18	3
100	3	6,5	12; 15; 18; 21; 24	1
			24	3
150	5	8,0	18; 24	1
200	6,5	6,8	12; 15; 18; 21; 24	1
			24; 30	3
300	8	7,2	15; 18; 21; 24; 30; 36	1
			30; 36	3
			21; 24; 30; 36; 42	4

**Примітки:** 1. Безшатрові башти з цегляним стволом і сталевим баком за проектами ЦНДІЕП - інженерного обладнання.

2. Уніфіковані водонапірні башти заводського виготовлення (системи Рожновського) за проектами ДіпроНДІсільгосп і ЦНДІЕП.

3. Безшатрові башти з стволом із збірного залізобетону і сталевим баком за проектами ДПІ Київпромбуду.

4. Безшатрові залізобетонні башти з сталевим баком за проектами ЦНДІЕП інженерного обладнання.

**Додаток 13. Основні параметри прямокутних резервуарів із залізобетонних елементів (за типовими проектами )**

Об'єм , м <sup>3</sup>		Розміри , м		
номінальний	корисний	довжина	ширина	глибина води
50	53	6	3	3,64
100	114	6	6	3,64
150	175	9	6	3,64
200	236	12	6	3,64
300	297	15	6	3,64
500	486	12	12	3,64
1000	987	24	12	3,64
1500	1491	18	18	4,84
2000	1997	24	18	4,84
2500	2503	30	18	4,84
3000	2976	27	24	4,84
4000	3987	30	24	4,84
5000	4980	30	36	4,84
7000	7004	42	36	4,84
10000	10040	60	36	4,84
15000	15071	60	54	4,84
20000	19625	78	54	4,84









Додаток 15. Приклад специфікації фасонних частин і арматури

N за/п	Назва фасонних частин і арматури	Умовні позначення		ГОСТ	Розміри, мм		Маса, кг		Загальна кількість			Усього в колодязях		
		На кресленнях	В документах		$\frac{D}{d_0}$	$\frac{L}{l_0}$	оди-ниці	Загальна	на кількість	кількість	ПГ-1	ПГ-19	ПГ-30	ПГ-41
1	Пожежна підставка хрест фланцевий		ППХФ	Зварна	$\frac{400}{300}$	$\frac{700}{700}$	129	129	1	-	1	-	-	-
2	Трійник розтруб-фланеш		ТРФ	5525-88	$\frac{400}{150}$	$\frac{600}{325}$	156	156	2	1	-	-	1	
3	Вигук фланцевий		ВФ	5525-88	$\frac{400}{150}$	$\frac{600}{325}$	156	156	2	1	-	-	1	
4	Пожежна підставка хрест фланцевий		ППХФ	5525-88	$\frac{250}{150}$	$\frac{600}{500}$	111	111	3	-	1	1	1	
5	Пожежна підставка розтрубна		ППР	5525-88	250	680	97	97	1	-	-	-	1	
6	Трійник фланцевий		ТФ	5525-88	$\frac{200}{50}$	$\frac{600}{225}$	61	61	1	-	-	-	1	
7	Засувка		30ч6бр	8437-88	400	600	490	490	2	1	-	-	1	
8	Патрубок-фланеш гладкий кінець		ПФГ	5525-88	200	1200	84	246	4	1	-	-	2	



### Додаток 16. Приклад специфікації трубопроводів

Назва	Матеріал	ГОСТ, ТУ	Діаметр умовного проходу чи середній зовнішній діаметр, мм	Довжина, м	Маса, кг	
					1 м	загальна
Водоводи	Залізобетон	12586-83	600	2850	375	1 068 750
Магістральні лінії	Чавун	9583-75	300	3250	85,2	276 900
Розподільчі лінії	ПНТ	18599-83	160	1760	4,4	7 744

### Додаток 17. Специфікація залізобетонних елементів

Назва виробу	ГОСТ	Марка виробу	Внутрішній діаметр кілець, мм	Зовнішній діаметр виробу, мм	Висота стінових кілець, мм	Товщина, мм	Примітка
Кільце стінове	8020-90	КС10.9	1000	1160	890	80	Маса 0,6 т
Плита днища	8020-90	ПН20	2500	-	-	120	Маса 1,48 т

### Додаток 18. Експлікація приміщень

Номер приміщення	Найменування	Площа, м <sup>2</sup>	Категорія приміщення*
1	Машинна зала	...	...
2	Камера регулювання	...	...
3	Трансформаторна	...	...

\* Категорія за вибухопожежною та пожежною безпекою

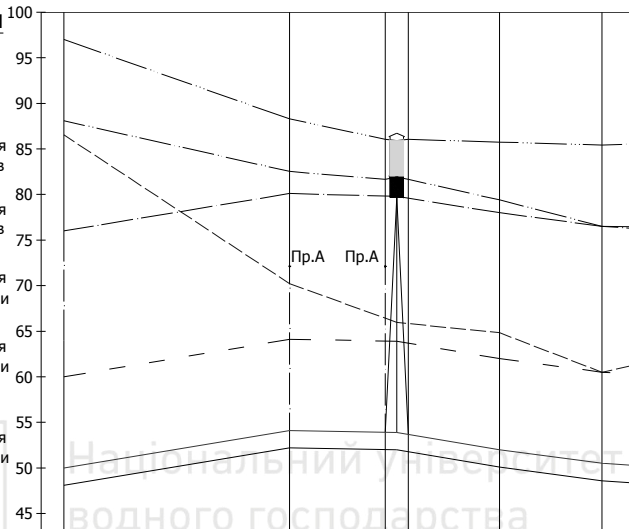


**М** в 1:500  
**Г** 1:20 000

**Умовні позначення**

- — — — — поверхня землі
- — — — — лінія низу траншеї трубопровода
- - - - - п'єзометрична лінія необхідних напорів при пожежегасінні
- - - - - п'єзометрична лінія необхідних напорів при г-п відборі
- - - - - п'єзометрична лінія дійсних напорів при пожежегасінні
- - - - - п'єзометрична лінія дійсних напорів при максимальному водоспоживанні
- - - - - п'єзометрична лінія дійсних напорів при транзиті

42,500



Позначка низу труби		50,0	48,1	54,1	52,2	53,9	52,0	52,0	50,1	50,5	48,6
Проектна позначка землі		50,0	48,1	54,1	52,2	53,9	52,0	52,0	50,1	50,5	48,6
Позначення труб і типу ізоляції		Чавунні напір									
Основа											
Діаметр d <sub>v</sub> , мм				Ø 300		Ø 300		Ø 300		Ø 200	
Нахил, ‰				4,1		0,7		4,5		3,3	
Довжина, м		990		420		400		450		88	
Номер колодязя, точки		1		2		3		4		5	
П'єзометрична позначка лінії необхідних напорів	г/п відбір	76,00		80,10		79,80		78,00		76,50	
	пожежегасіння	60,00		64,10		63,80		62,00		60,50	
П'єзометрична позначка лінії дійсних напорів	максимальне водоспож.	88,09		83,52		81,66		79,40		76,50	
	пожежегасіння	86,55		80,22		78,05		76,83		75,50	
	транзит	97,00		88,28		86,05		85,75		85,41	





**Акведук** – споруда для перетину трубопроводами вузьких природних перешкод.

**Байпас** – пристрій для врівноваження тиску по обидва боки затворних ущільнювачів шляхом влаштування обвідних трубопроводів малого діаметра із засувками.

**Безперебійність систем водопостачання** – забезпечення споживачів достатньою кількістю води з необхідним тиском відповідно до встановлених нормативів.

**Вантуз** – пристрій для випускання й впускання повітря у трубопровід при нормальній його експлуатації, а також при його спорожненні та наповненні водою.

**Вільний напір** – висота стовпа води над поверхнею землі в точці приєднання споживачів до зовнішньої водопровідної мережі.

**Випуск** – пристрій для скидання води при спорожненні водоводів.

**Витрата води** – кількість води, що подають споживачам або протікає через живий перетин труб, споруд тощо, за одиницю часу.

**Водовипуск** – пристрій для скидання води при спорожненні трубопроводів, який встановлюють у найнижчих точках ремонтних ділянок водоводів і магістральних ліній мережі.

**Водовід** – трубопровід для транспортування води до окремих водопровідних споруд, зокрема, від насосної станції до мережі.

**Водонапірна башта** – висотна споруда у складі бака для води, розміщеного на опорах (стволі башти), технологічних трубопроводів та інших елементів (блискавковідводу, драбини, шатра (необов'язково) навколо бака тощо).

**Водопостачання питне** – виробнича діяльність, яка направлена на забезпечення споживачів водою питної якості.

**Водопровідна арматура** – пристрої для забезпечення експлуатаційних режимів і надійної роботи трубопроводів і споруд, проведення їх обслуговування та ремонтів.



**Водопровідна мережа** – система трубопроводів і споруд на ній для доставки води до місць її споживання на території об'єкта водопостачання.

**Водорозбірна колонка** – пристрій для розбору води у ємкості із зовнішньої водопровідної мережі.

**Водоспоживачі** – споживачі води із водопроводу (населення, підприємства, установи, заклади тощо), яких відносять до різних категорій з різними вимогами до кількості та якості води.

**Вузол водопровідної мережі** – умовна точка розбору води, яка відповідає спрощеній схемі водорозбору із мережі.

**Гідравлічний опір трубопроводу** – параметр, який визначає його пропускну спроможність і залежить від довжини, діаметра, матеріалу труб та інших показників, зокрема, місцевих опорів на ділянках водопровідних мереж чи водоводів.

**Гідравлічний розрахунок водопровідної мережі** – серія перевірочних обчислень для визначення фактичних витрат води та втрат напору на ділянках, а також п'єзометричних позначок і вільних напорів у вузлах мережі.

**Графіки водоспоживання** – розподіл по годинах доби сумарних витрат води всіх категорій водоспоживачів населеного пункту.

**Джерело питного водопостачання** – водний об'єкт (водойма, водотік, водоносний горизонт), вода якого використовується для питного водопостачання після відповідної обробки або без неї.

**Диктуюча точка** – вузол мережі, в якому вільний напір дорівнює потрібному за умови, що у всіх інших вузлах мережі вільні напори не будуть меншими за потрібні.

**Дисконтована витрата** – зведена на початок реалізації проекту вартість грошових затрат на будівництво та експлуатацію будь-яких об'єктів, зокрема, водопровідних мереж.

**Дюкер** – споруда із трубопроводів і обладнання на них для переходу через річки та яри по їх дну.

**Економічно вигідні діаметри труб** – розрахункові величини діаметрів, при яких дисконтовані витрати є найменшими.



**Засувка** – пристрій для повного чи часткового перекриття потоку води в трубопроводі, запірні елементи якого (диски) переміщуються перпендикулярно потоку.

**Зонування систем подачі та розподілення води** – поділ СПРВ на кілька окремих автономних зон у складі єдиної централізованої системи водопостачання.

**Категорія водоспоживачів** – група споживачів води, об'єднаних за певними ознаками, зокрема, умовами проживання, виробництва, вимогами до кількості та якості води тощо. Найчастіше це – населення, комунально-побутові заклади, промислові й сільськогосподарські підприємства, поливні території, пожежі.

**Кількісний метод визначення вузлових відборів води** – спосіб, в якому допускають, що вода витрачається пропорційно кількості споживачів, які обслуговуються кожною ділянкою, під'єднаним до даного (розрахункового) вузла мережі.

**Колодязі водопровідні** – підземні споруди, призначені для розміщення засувок, гідрантів та інших видів арматури й фасонних частин.

**Комбінована мережа** – система замкнених (кільцевих) і тупикових трубопроводів.

**Конструктивна схема мережі** – схема розміщення водопровідної арматури (пожежних гідрантів, колонок, засувок, водовипусків) на трубопроводах мережі.

**Лінійний метод визначення вузлових відборів води** – спосіб, в якому допускають, що вода витрачається пропорційно довжині кожної ділянки мережі, під'єднаним до даного (розрахункового) вузла мережі.

**Локальний водопровід** – система водопостачання, що забезпечує подачу води тільки для окремих споживачів (промислових підприємств, тваринницьких ферм або груп багатопверхових будинків).

**Люк** – верхня частина перекриття водопровідного колодязя у складі кришки і корпусу, встановленого на опорну частину горловини чи робочої камери колодязя.



**Магістральна лінія водопровідної мережі** – трубопровід, що призначений для транспортування значних витрат води до найвіддаленіших її споживачів.

**Метод ув'язки М.М. Андріяшева** – спосіб ув'язки водопровідної мережі, особливістю якого є визначення контурів ув'язки і оригінальна формула для визначення поправкових витрат води. Запропонований у 1935 році інженером М.М. Андріяшевим для обчислень вручну.

**Метод ув'язки УПВГ** – спосіб ув'язки водопровідної мережі, який передбачає послідовну ув'язку кілець мережі на основі запропонованої формули для визначення поправкових витрат води із врахуванням всіх раніше отриманих результатів при ув'язці наступних кілець мережі. Запропонований у 1985 році в Українському інституті інженерів водного господарства (УПВГ, нині – НУВГП). Має ряд суттєвих переваг при розрахунках на ЕОМ, зокрема щодо сходимості обчислень.

**Насосна станція** – водопровідна споруда для подачі води під напором у водопровідну мережу, окремому водоспоживачу або їх групі.

**Необхідний напір** – величина тиску води у метрах водяного стовпа, необхідного для забезпечення її подачі до споживачів, які знаходяться на верхніх поверхах будівель, а для підприємств – мінімального тиску для виконання технологічних процесів.

**Об'єднана система водопостачання** – система, яка забезпечує питні та господарсько-побутові потреби населення, виробничі потреби підприємств, а також потреби у воді на пожежогасіння.

**П'єзометрична позначка** – абсолютне значення позначки рівня води, до якої вона може піднятися у відкритій зверху трубці, умовно встановленій у водопровідну споруду чи трубопровід.

**Питоме господарсько-питне водоспоживання** – кількість питної води, яка необхідна для задоволення (забезпечення) фізіологічних та побутових потреб однієї людини на протязі доби в конкретному населеному пункті, окремому об'єкті, транспортному засобі при нормальному функціонуванні систем питного водопостачання або надзвичайних ситуаціях.





**Питомі пошляхові витрати води** – рівномірно розподілені витрати води, віднесені до одиниці довжини трубопроводу.

**Пожежний водопровід високого тиску** – водопровід, що забезпечує напір для створення компактного струменю висотою не менше 10 м на рівні найвищої точки найвищої будівлі.

**Пожежний водопровід низького тиску** – водопровід, що забезпечує при пожежогасінні вільний напір в мережі над поверхнею землі не менше 10 м.

**Пожежний гідрант** – водорозбірний пристрій, призначений для відбору води із зовнішніх водопровідних мереж при гасінні пожежі.

**Попередній поточкорозподіл** – розподіл потоків води на ділянках водопровідної мережі за певними правилами для визначення діаметрів труб або ув'язки мережі.

**Резервуари чистої води (РЧВ)** – підземні чи наземні ємкісні споруди для зберігання значних об'ємів води (регульовальних, пожежних, аварійних і (або) на власні потреби).

**Ремонтна ділянка водоводу** – частина водоводу, яка може бути виключена із роботи запірною арматурою, зокрема, для проведення ремонтних робіт.

**Ремонтна ділянка водопровідної мережі** – частина трубопроводу мережі призначена для проведення ремонтних та аварійних робіт, яку з обох боків відключають запірною арматурою (найчастіше засувками).

**Рівень забезпеченості споживачів водою** – частка (або відсоток) витрат, що перевищують задану величину витрати води.

**Розгалужена (тупикова) мережа** – система трубопроводів, прокладених в одну нитку з відгалуженнями до окремих об'єктів або районів.

**Розподільча лінія водопровідної мережі** – трубопровід, призначений для розподілу води на території об'єкта водопостачання і доставки її до окремих споживачів.

**Розрахункова довжина ділянки** – умовна довжина ділянки, яку використовують для визначення вузлових витрат із мережі.



**Розрахункова витрата води** – добова, погодинна чи секундна витрата води, яку визначають для всіх категорій споживачів і об'єкта водопостачання в цілому при проведенні техніко-економічних і гідравлічних розрахунків мережі.

**Розрахунковий режим роботи водопровідної мережі** – характерний режим подачі та розбору води із мережі, за яким проводять її техніко-економічні та гідравлічні розрахунки. Найчастіше такі, що відповідають найбільшому навантаженню на мережу (максимальне водоспоживання, пожежогасіння тощо).

**Система водопостачання** – комплекс інженерних споруд, призначених для добування води з природних джерел, поліпшення її якості, транспортування й розподілу водоспоживачам.

**Система подачі і розподілення води (СПРВ)** – технологічно взаємозв'язана система водопровідних споруд, до складу якої входять водоводи, магістральні і розподільчі зовнішні мережі, насосні станції та напірно-регулювальні споруди.

**Схема водопостачання** – взаємне розташування споруд системи водопостачання, яке найчастіше зображають графічно.

**Термін окупності** – період відшкодування вкладених коштів (інвестицій), що визначається такою величиною часу реалізації проекту, при якому дисконтовані інвестиційні вкладення рівні дисконтованим доходам.

**Техніко-економічний розрахунок водопровідної мережі** – комплекс обчислень, основною метою якого є визначення економічно вигідних діаметрів труб на ділянках мережі, за умови дотримання нормативних вимог і технічних обмежень в її роботі.

**Трасування водопровідної мережі** – визначення схеми трубопроводів мережі на плані населеного пункту з дотриманням певних рекомендацій.

**Ув'язка водопровідної мережі** – перерозподіл потоків води на ділянках мережі з метою досягнення умов, що відповідають обом аналогам правил Кірхгофа.

**Упор** – елемент підсилення ґрунту, основи чи стінки колодязя з метою протидії силам реакції, що виникають в трубопроводах.



Національний університет

водного господарства  
та природокористування

**Фасонні частини** – спеціальні елементи для з'єднання труб і встановлення водопровідної арматури.

**Централізована система водопостачання** – комплекс інженерних пристроїв і споруд для забезпечення питною водою всієї сукупності визначених її споживачів на території об'єкта водопостачання.

**Чистий дисконтований дохід** (чиста нинішня вартість) – сучасна вартість майбутніх грошових потоків, дисконтована на рівень граничної вартості капітальних вкладень.



Національний університет  
водного господарства  
та природокористування



1. Абрамов Н.Н. Водоснабжение. - М.: Стройиздат, 1982. - 440 с.
2. Абрамов Н.Н., Поспелова М.М., Сомов М.А. и др. Расчет водопроводных сетей. - М.: Стройиздат, 1983. - 278 с.
3. Відомчі будівельні норми України. Сільськогосподарське водопостачання. Зовнішні мережі і споруди. Норми проектування. ВБН 46/33-2.5-5-96. - К., 1996 - 152 с.
4. Монтаж систем внешнего водоснабжения й канализации / Под ред. А.К.Перешивкина. -М.: Стройиздат, 1988. - 653 с.
5. Оборудование водопроводно-канализационных сооружений / Под ред. А.С.Москвитина. - М.: Стройиздат, 1979. - 430 с.
6. СНиП 2.04.02-84. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. -М.: Стройиздат, 1985. - 136 с.
7. Ткачук О.А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів: Монографія. Рівне: НУВГП, 2008. – 301 с.
8. Ткачук О.А., Шадура В.О. Водопровідні мережі. - Рівне: НУВГП, 2004. - 117 с.
9. Тугай А. М., Орлов В. О. Водопостачання. – К.: Знання, 2009. – 735 с.
10. Укрупненные нормы водопотребления и водоотведения для различных отраслей промышленности. - М.: Стройиздат, 1982. - 528 с.
11. Хоружий П.Д., Орлов В.О., Ткачук О.А. та інші. Довідник по сільськогосподарському водопостачанню та каналізації. К.: Урожай, 1992. - 328 с.
12. Хоружий П.Д. Расчет гидравлического взаимодействия водопроводных сооружений. - Львов: Изд-во "Висш. шк." при ЛГУ, 1984. -151 с.
13. Хоружий П.Д., Ткачук О.А. Водопровідні системи і споруди. К.: Вища школа, 1993. - 262 с.
14. Хоружий П. Д., Хомутецька Т.П., Хоружий В.П., Ресурсозберігаючі технології водопостачання. – К.: Аграрна наука, 2008. – 534 с.
15. Хоружий П.Д., Шарков М.В. Реконструкция систем водоснабжения. - К.: Будівельник, 1983. - 144 с.
16. Шевелев Ф.А., Шевелев А.Ф. Таблицы для гидравлического расчета водопроводных труб. - М.: ООО «БАСТЕТ», 2008. - 352 с.



## ЗМІСТ

ВСТУП .....	3
1. ОБ'ЄКТ, СИСТЕМИ І СХЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ .....	4
1.1. Склад і обсяги проектних робіт .....	4
1.2. Характеристика об'єкта водопостачання .....	9
1.3. Визначення системи водопостачання .....	13
1.4. Обґрунтування схеми водопостачання .....	15
Контрольні питання .....	17
2. ВОДОСПОЖИВАННЯ І РОЗРАХУНКОВІ РЕЖИМИ .....	18
2.1. Добові і річні витрати води .....	18
2.2. Погодинні витрати води .....	23
2.3. Графіки водоспоживання і роботи насосів, що живлять водопровідну мережу .....	26
2.4. Витрати води на пожежогасіння .....	29
2.5. Розрахункові режими роботи водопровідної мережі .....	31
2.6. Розрахункові витрати води .....	33
Контрольні питання .....	34
3. РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ .....	35
3.1. План мережі та її розрахункова схема .....	35
3.2. Вузлові відбори води .....	36
3.3. Попередній потікорозподіл .....	44
3.4. Матеріал труб, типи фасонних частин і водопровідної арматури .....	45
3.5. Діаметри труб мережі .....	47
3.6. Гідравлічні розрахунки .....	52
3.6.1. Ув'язка мережі .....	53
3.6.1.1. Розрахунки на ЕОМ .....	54
3.6.1.2. Ув'язка вручну .....	64
3.6.2. П'єзометричні позначки і вільні напори .....	68
Контрольні питання .....	71
4. РОЗРАХУНКИ ВОДОВОДІВ, НАПІРНО-РЕГУЛЮВАЛЬНИХ СПОРУД ТА НАСОСНИХ СТАНЦІЙ .....	72
4.1. Водоводи .....	72
4.1.1. Матеріал і діаметри труб .....	72

4.1.2. Ремонтні ділянки .....	74
4.2. Напірно-регулювальні споруди .....	76
4.2.1. Водонапірні башти .....	76
4.2.2 Резервуари чистої води .....	82
4.3. Насосні станції, що живлять водопровідну мережу .....	86
Контрольні питання .....	89
<b>5. КОНСТРУЮВАННЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ І ВОДОВОДІВ .....</b>	<b>90</b>
5.1. Розташування водопровідної арматури .....	90
5.2. Деталювання вузлів мережі .....	93
5.3. Водопровідні колодязі та камери .....	98
5.4. Переходи трубопроводів через дороги, річки та яри .....	103
5.5. Обладнання водоводів .....	108
5.5.1. Вантузи і випуски .....	108
5.5.2. Запобіжні клапани і пристрої .....	109
5.5.3. Компенсатори .....	110
5.5.4. Упори .....	110
5.6. Розташування водопровідних мереж з іншими інженерними комунікаціями .....	111
Контрольні питання .....	114
<b>ДОДАТКИ .....</b>	<b>115</b>
1. Вихідні дані для курсового проектування .....	115
2. Питомі витрати води населенням .....	117
3. Питомі витрати води на полив .....	117
4. Питомі витрати води на технологічні цілі на підприємствах .....	118
5. Значення коефіцієнта $\beta$ .....	120
6. Витрати води на пожежогасіння .....	121
7. Погодинні розподіли витрат води в житлових зонах .....	124
8. Стандартні діаметри водопровідних труб .....	125
9. Приклад робочого поля сервісного програмного модуля <i>TEP_dek.xls</i> для визначення економічних факторів (лист «E») .....	126
10. Приклад робочого поля сервісного програмного модуля <i>TEP_dek.xls</i> для визначення економічно вигідних діаметрів труб (лист «dek») .....	127
11. Номограма для визначення діаметрів труб розподільчих мереж .....	128



12. Характеристики водонапірних башт .....	129
13. Основні параметри РЧВ .....	130
14. Зведений графік <b>Q-H</b> -характеристик насосів типу Д .....	131
15. Приклад специфікації фасонних частин і арматури .....	132
16. Приклад специфікації трубопроводів .....	133
17. Специфікація залізобетонних елементів .....	133
18. Експлікація приміщень .....	133
19. Профіль по контуру мережі .....	134
ТЕРМІНОЛОГІЧНИЙ СЛОВНИК .....	136
СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ .....	143





Національний університет  
водного господарства  
та природокористування

Навчальне видання

*Олександр Андрійович Ткачук*  
*Віктор Опанасович Шадура*



# **Водопровідні мережі**

Навчальний посібник

Друкується в авторській редакції

*Видавництво Національний університет водного  
господарства та природокористування  
33000, Рівне, вул. Соборна, 11*