

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

С. С. Душкін, Т. О. Шевченко

**КОНСПЕКТ ЛЕКЦІЙ
з дисципліни
ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ
(«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ
ВОДОПОСТАЧАННЯ».
МОДУЛЬ 2)**

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання
напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)»,
6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти за
спеціальністю 7.06010108, 8.06010108 «Водопостачання та
водовідведення»)*

Душкін С. С. Конспект лекцій з дисципліни «Водопровідні системи і споруди» («Споруди і обладнання водопостачання». Модуль 2) (для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 6.060101 «Будівництво» та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю 7.06010108, 8.06010108 «Водопостачання та водовідведення») / С. С. Душкін, Т. О. Шевченко; Харк. нац. ун-т міськ. госп-ва ім. О. М. Бекетова. – Х. : ХНУМГ, 2013. – 121 с.

Автори: С. С. Душкін,
Т. О. Шевченко

Рецензент: к.т.н., доц. Г. І. Благодарна

Рекомендовано кафедрою водопостачання, водовідведення та очищення вод,
протокол № 1 від 30.08.2011 р.

ЗМІСТ

	стор.
Вступ.....	5
ЗМ 1.1. Система водопостачання, як комплекс інженерних споруд	
1. Основні задачі курсу. Водогосподарчий баланс, його складання.....	6
1.1. Основні задачі курсу «Водопровідні системи і споруди».....	6
1.2. Водогосподарський баланс, його складання.....	7
2. Характеристика систем водопостачання як комплексу інженерних споруд.....	10
3. Класифікація систем водопостачання.....	14
4. Джерела водопостачання, їх характеристика. Зони санітарної охорони джерел водопостачання.....	16
4.1. Джерела водопостачання, їх характеристика.....	16
4.2. Зони санітарної охорони джерел водопостачання, призначення їх.....	16
5. Споруди для забору води, конструктивні особливості та їх типи.....	20
5.1. Типи водозаборів із поверхневих джерел та вибір місця їх розташування.....	21
5.2. Типи і схеми споруд для забору підземних та інфільтраційних вод.....	21
6. Водоспоживання населених пунктів.....	23
6.1. Визначення коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання.....	23
6.2. Особливості влаштування систем гарячого водопостачання.....	25
6.3. Протипожежне водопостачання.....	26
7. Побудова сумарного графіку водоспоживання та визначення розрахункових витрат води водопроводу, який проектується.....	29
ЗМ 1.2. Водопровідна мережа, її обладнання та розрахунок	
8. Режим роботи водопровідних споруд.....	34
8.1. Режим водоспоживання населеного місця.....	34
9. Зонні системи водопостачання.....	36
9.1. Проектування зонних схем водопостачання.....	36
9.2. Економічний ефект зонування.....	39
9.3. Деякі особливості проектування та влаштування зонних систем.....	40
10. Водопровідна мережа, її трасування.....	41
10.1. Принципи трасування мереж.....	41
10.2. Вимоги до розташування мережі.....	42
11. Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж.....	46
12. Обладнання водопровідної мережі.....	53
12.1. Водопровідні труби.....	54
12.2. Водопровідні колодязі.....	64
12.3. Упори та компенсатори.....	66
12.4. Пристрої на перетині водопровідних ліній з дорогами, річками та ярами.....	67
13. Арматура та споруди на мережі.....	69
13.1. Типи водопровідної арматури.....	69
13.2. Запирна та регулююча арматура.....	69
13.3. Водорозбірна арматура.....	72

13.4. Запобіжна арматура.....	73
ЗМ 1.3. Особливості проектування споруд та водопровідної мережі	
14. Регулюючі та запасні ємності.....	76
14.1. Водонапірні башти.....	77
14.2. Резервуари.....	82
14.3. Пневматичні водонапірні установки.....	86
15. Споруди для транспортування води. Особливості гідравлічного розрахунку відкритих каналів.....	88
15.1. Транспортування води. Основні типи транспортуючих споруд.....	88
15.2. Безнапірні водопровідні канали.....	91
15.3. Напірні гравітаційні водоводи.....	94
16. Особливості влаштування дворової та внутрішньоквартальної водопровідної мережі.....	96
17. Принципи техніко-економічного розрахунку водопровідної мережі.....	100
17.1. Основи техніко-економічних розрахунків систем подачі і розподілу води.....	101
17.2. Визначення економічно вигідних діаметрів труб напірних водоводів.....	102
18. Досягнення науки та техніки в галузі розвитку проектування та устрою водопровідних мереж.....	104
18.1. Основні технології відновлення пропускної здатності трубопроводів систем водопостачання.....	105
Список використаних джерел.....	119

ВСТУП

Водопостачання являється однією з найважливіших галузей інженерної інфраструктури міст та населених пунктів, яка призначена для підвищення рівня життя людей, благоустрою населених пунктів, розвитку промисловості та сільського господарства. Постачання населенню якісної водою в достатній кількості має важливе соціально - гігієнічне значення, попереджує появу епідемічних захворювань у людей, що розповсюджуються через воду.

В умовах дефіциту поверхневих джерел води та погіршення їх якісних показників однією з найбільш пріоритетних задач держави є забезпечення населених пунктів високоякісною питною водою (Закон України «Про воду та питне водопостачання»). Це потребує вдосконалення систем водопостачання, підвищення ефективної та надійної їх роботи, що досягається шляхом застосування новітніх енерго- та ресурсозберігаючих технологій, матеріалів та конструкцій у комплексі водопровідних споруд. Найважливішим елементом цього комплексу є системи подачі та розподілу води, від нормальної роботи яких залежить якість води, що подається споживачу, та економічні показники системи водопостачання [1].

Повноцінне виконання поставлених задач потребує знання основних положень проектування водопровідних систем, фахівці повинні вміти розробляти ескізи і робочу документацію елементів водогосподарських мереж та споруд, використовуючи нормативну і довідкову літературу. В ринкових умовах значно підвищується попит на кваліфікованих випускників (фахівців), які могли б грамотно розв'язувати поставлені інженерні задачі. Все це обумовлює необхідність вивчення курсу «Водопровідні системи і споруди».

Дисципліна «Водопровідні системи і споруди» вивчається студентами 3 курсу денної і заочної форм навчання, слухачів другої вищої освіти напрямів підготовки 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)» та 6.060101 «Будівництво» (для спеціальності «Водопостачання та водовідведення»).

ЗМ 1.1. Система водопостачання, як комплекс інженерних споруд

1. ОСНОВНІ ЗАДАЧІ КУРСУ. ВОДОГОСПОДАРЧИЙ БАЛАНС, ЙОГО СКЛАДАННЯ

1.1. Основні задачі курсу «Водопровідні системи і споруди»

Сучасні інженерні системи міського господарства і підприємств представляють собою складний взаємопов'язаний комплекс споруд, трубопроводів і обладнання. Забезпечення безперебійної роботи цієї життєдайної системи - це головна задача фахівців у галузі водопостачання. Повноцінне виконання поставлених задач потребує знання основних положень проектування водопровідних систем, фахівці повинні вміти розробляти ескізи і робочу документацію елементів водогосподарських мереж та споруд, використовуючи нормативну і довідкову літературу. В ринкових умовах значно підвищується попит на кваліфікованих випускників (фахівців), які могли б грамотно розв'язувати поставлені інженерні задачі. Все це обумовлює необхідність вивчення курсу «Водопровідні системи і споруди».

Дисципліна «Водопровідні системи і споруди» належить до циклу дисциплін за вибором ВНЗ (природничо-наукової підготовки) варіативної частини навчального плану підготовки бакалавра напрямів підготовки 6.060101 «Будівництво» (спеціальність «Водопостачання та водовідведення») та 6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)».

Метою вивчення дисципліни є формування у майбутніх фахівців знань, пов'язаних з вирішенням питань влаштування, розрахунку, проектування та експлуатації мереж, систем і споруд водопостачання для прийняття вірних проектних та технологічних рішень, з урахуванням економічної складової, та для успішного виконання у майбутньому своїх функціональних обов'язків.

Основними завданнями, що мають бути вирішені в процесі викладення дисципліни, є оволодіння студентами наступними питаннями і навичками:

- Загальна характеристика системи водопостачання та її складові елементи, роль основних водопровідних споруд;
- Джерела водопостачання, їх класифікація;
- Визначення розрахункового обсягу водоспоживання, режим водоспоживання; побудова сумарного графіку водоспоживання;
- Водопровідна мережа, її обладнання та розрахунок;
- Основні типи систем подачі та розподілу води у мережах водопостачання і розрахункові випадки їх роботи; початковий потокорозподіл у кільцевих мережах водопостачання;
- Розташування водопровідних мереж у поперечному профілі вулиць;
- Гідравлічний розрахунок систем водопостачання з одним водоспоживачем і без нефіксованих відборів;
- Методи внутрішньої ув'язки кільцевих мереж водопостачання;
- Гідравлічний розрахунок систем водопостачання з контррезервуаром; методи розрахунку систем подачі та розподілу води з урахуванням сумісної роботи водоспоживачів і нефіксованих відборів;
- Особливості гідравлічних розрахунків систем подачі води та розподілу води з кількома водоспоживачами і нефіксованими відборами;
- Особливості проектування споруд та водопровідної мережі;

- Споруди для транспортування води; особливості гідравлічного розрахунку відкритих каналів;
- Особливості улаштування дворової та внутрішньо квартальної водопровідної мережі;
- Використання ПК для вирішення задач ув'язки водопровідних мереж.

Предметом вивчення дисципліни є теоретичні аспекти і питання призначення та принципів роботи, розрахунку та проектування мереж систем водопостачання населених пунктів і промислових підприємств, а також питання розрахунку систем подачі та розподілу води.

1.2. Водогосподарський баланс, його складання

Питну воду як продукцію промислового виробництва можна розглядати як товарну продукцію галузі комунального водопостачання, на яку встановлені «Державні санітарні норми і правила (ДержСанПіН) Вода питна. Гігієнічні вимоги до якості води централізованого господарсько-питного водопостачання» [2].

При виробництві й використанні будь-якого виду продукції неминучі певні втрати як сировини, так і самої продукції. У зв'язку з цим виробництво і транспортування питної води, її споживання у житлових будинках і на промислових підприємствах також супроводжується втратами як вихідної води, так і готової продукції – питної води.

Втрати води можна класифікувати на такі дві основні групи: *споживчі*, тобто втрати реалізованої товарної продукції, і *технологічні*, тобто втрати питної води (або сировини) у процесах її видобутку, виробництва і транспортування до споживачів. Крім того, до втрат товарної продукції повинні бути віднесені *невраховані витрати* води.

Особливо слід зупинитися на проблемі *неврахованих витрат* товарної продукції. До цієї групи слід віднести:

- приховані витрати із зовнішніх трубопроводів і мережної арматури (невеликі течії, що не виходять на поверхню землі);
- втрати води при аваріях на трубопроводах;
- витрати води абонентів, що не враховуються вимірювальними приладами через недостатню чутливість водолічильників у зоні невеликих витрат;
- витрати на пожежогасіння і пожежонавчання;
- розкрадання води.

На перший погляд, об'єднання в одній групі настільки різнохарактерних витрат води здається невмотивованим і тому недостатньо обґрунтованим. Щоб правильно враховувати і планувати заходи щодо скорочення неврахованих витрат води, бажано окремо враховувати величину і причини появи кожного з них.

З наведеного переліку видно, що в розряд неврахованих віднесені як витрати, що є прямими втратами товарної продукції (через аварії і недостатню герметичність трубопроводів і розкрадання води), так і технологічні витрати, пов'язані безпосередньо із забезпеченням нормальної технічної експлуатації і налагодженням роботи систем подачі й розподілу води, а також з пожежонавчаннями. Разом з тим, сюди віднесені витрати, які не враховані водолічильниками абонентів, що в певних умовах можуть і не бути прямими втратами води, тому що вода в кінцевому рахунку використана споживачами. Але при всій різноманітності вказаних видів неврахованих витрат води їх

об'єднують в одну групу дві супутні обставини. По-перше, всі вони являють собою неоплачену підприємству водопостачання товарну продукцію і, отже, мають бути віднесені до витрат виробництва. По-друге, кількісно вони можуть бути зареєстровані вимірювальними приладами тільки сукупно, в сумі, як різниця між кількістю поданої і реалізованої води.

Для кожного з вказаних видів неврахованих витрат окремо можуть бути проаналізовані тільки причини їхньої появи. Наближена кількісна оцінка може бути зроблена тільки для деяких видів втрат води, наприклад, на промивання при аваріях трубопроводів. Це обумовлено тим, що до неврахованої відноситься продукція, яка витрачається на ділянці між двома основними пунктами контролю за витратою води - між витратомірами у водоживильників, що реєструють загальну подачу води, і водолічильниками, що реєструють споживання води кожним абонентом. Через складність організації більш детального проміжного обліку віднесення перерахованих видів втрат води до однієї групи на сучасному етапі здається правомірним, хоча і змушеним. Зрозуміло, більш правильно було б називати ці витрати води неоплаченою товарною продукцією, а термін «невраховані» поширити тільки на ті види витрат, що дійсно не враховуються і не можуть бути враховані з різних причин за допомогою вимірювальних приладів. Всі інші витрати цієї групи, крім власне невраховуваних приладами, хоча і сукупно, але все-таки піддаються об'єктивній оцінці (хоча б за різницею показань витратомірів і водолічильників) і тому не є, строго кажучи, неврахованими. Але термін «невраховані» як затверджений у застосуванні до вказаних видів витрат води при нинішньому стані й технічній оснащеності приладами обліку підприємств комунального водопостачання, напевно, може бути збережений.

Характеристика видів втрат з погляду сформованих способів їхнього обліку, оплати, оцінки величини і можливості усунення в різних елементах системи водопостачання (від місця видобутку до реалізації абонентам) наведена в табл. 1.1.

Норми водоспоживання повинні чітко регламентувати три складові споживання води: корисна витрата, нераціональна витрата і витоки води. Це забезпечить можливість контролю та аналізу причин підвищених витрат у порівнянні з установленими нормативами, цілеспрямовано домагатися зниження водоспоживання за рахунок зменшення частки нераціонального використання і витоків води.

Скорочення технологічних витрат і усунення втрат до водолічильника абонента є прямою функцією персоналу підприємства комунального водопостачання. Скорочення втрат і нераціонального використання води в абонентів безпосередньо залежить від споживачів і є їхнім прямим обов'язком.

Контрольні питання

1. Назвіть основну задачу, яку вирішує складання водогосподарського балансу?
2. Наведіть основні види втрат води, які виникають при підготовці та транспортуванні її до споживача.
3. Приведіть характеристику видів втрат води в системах комунального водопостачання.

Таблиця 1.1 – Класифікація і характеристика втрат води в системах комунального водопостачання

Основні елементи системи водопостачання	Водозабірні споруди	Очисні споруди	Система подачі й розподілу води	Абоненти (житлові будинки, комунально-побутові, промислові та інші підприємства)
Види втрат води	Технологічні втрати сировини (води джерела)	Технологічні втрати товарної продукції (питної води)	Технологічні втрати товарної продукції (питної води): витоки, втрати при аваріях, промивання, розкрадання, пожежогасіння	Витоки і нераціональне використання води
Спосіб обліку втрат води	Не оцінюються	Враховуються за допомогою приладів	Оцінюються в сумі неврахованих витрат	Не оцінюються, враховуються в загальному обсязі витраченої води
Спосіб оплати	Не оплачуються	Не оплачуються		Оплачуються в загальному обсязі витраченої води
Можливість оцінки, усунення втрат води	Можуть бути враховані повністю і скорочені	Можуть бути скорочені	Можуть бути оцінені орієнтовно і скорочені	Можуть бути оцінені орієнтовно, витоки повністю усунуті, нераціональне використання скорочене

2. ХАРАКТЕРИСТИКА СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК КОМПЛЕКСУ ІНЖЕНЕРНИХ СПОРУД

Системи водопостачання представляють собою комплекс взаємозалежних споруд, які призначені для забезпечення потреб у воді будь-якого об'єкту: міста, промислового підприємства, підприємств сільського господарства.

Системи водопостачання, що забезпечують водою окремі райони країни або групи різних населених пунктів та інших об'єктів, називаються *районими* або *груповими* системами водопостачання.

У загальному випадку в задачі систем водопостачання входять: отримання води з природного джерела, покращення її якості у відповідності з вимогами споживачів, транспортування на територію об'єкту та подача до всіх заданих точок відбору. При цьому в точках відбору повинні бути забезпечені заданий тиск в трубах водопровідної мережі [3].

У відповідності до названих задач системи водопостачання в її склад включаються наступні види водопровідних споруд:

а) водозабірні споруди, які здійснюють забор води з обраних для даного об'єкту джерел;

б) насосні станції (водопідйомні споруди), що створюють потрібний тиск у водопровідних трубах для подачі заданих витрат води на задану висоту;

в) споруди для очистки і обробки води (очисні споруди), що здійснюють покращення якості (очистку) природної води у відповідності до вимог споживача;

г) водоводи та водопровідні мережі, які транспортують воду до об'єктів та місць споживання;

д) регулюючі та запасні ємності – резервуари різноманітних типів для зберігання та акумуляції води.

Водоводи і водопровідні мережі разом з насосними станціями та регулюючими ємностями утворюють так звані *системи подачі та розподілу води* – найвідповідальніші підсистеми водопостачання в цілому.

Для розв'язування задач постачання господарсько-питною водою населених місць і промислових підприємств використовуються класичні схеми систем водопостачання, наведені на рис. 2.1 - 2.2.

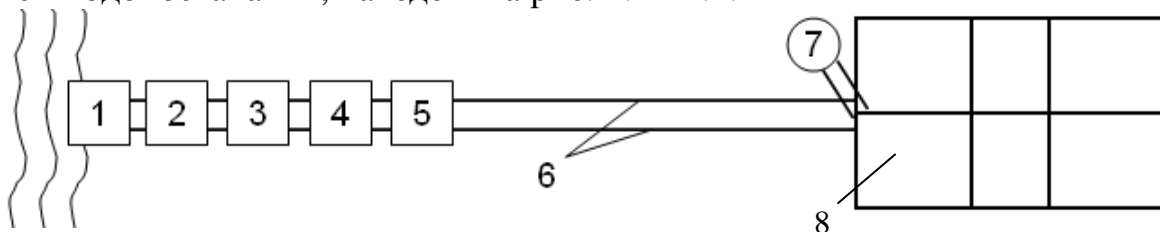


Рис. 2.1 – Схема системи водопостачання для господарсько-питних потреб міста з відкритого джерела:

- 1 – водозабірні споруди; 2 – насосна станція I підйому; 3 – очисні споруди;
4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція II підйому; 6 – водогони;
7 – водонапірна вежа; 8 – водогінна мережа.

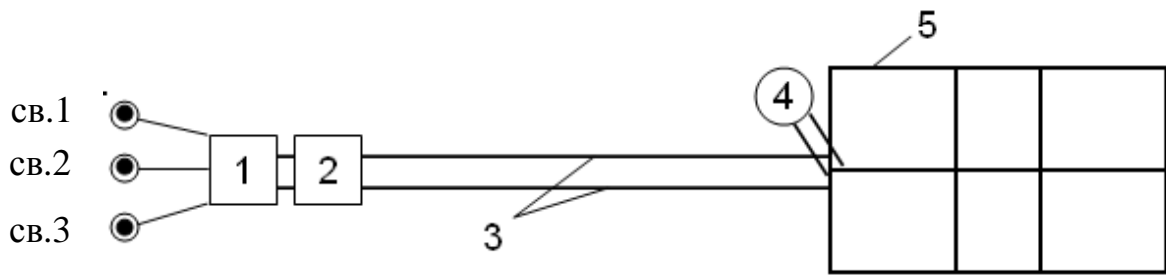


Рис. 2.2 – Схема системи водопостачання при заборі води з підземного джерела:

св.1-св.3 – артезіанські свердловини; 1 – резервуари чистої води; 2 – насосна станція; 3 – водогони; 4 – водонапірна башта; 5 – водопровідна мережа.

При високодебітних свердловинах і їх малій кількості схема системи водопостачання об'єкта може мати вигляд, наведений на рис. 2.3.

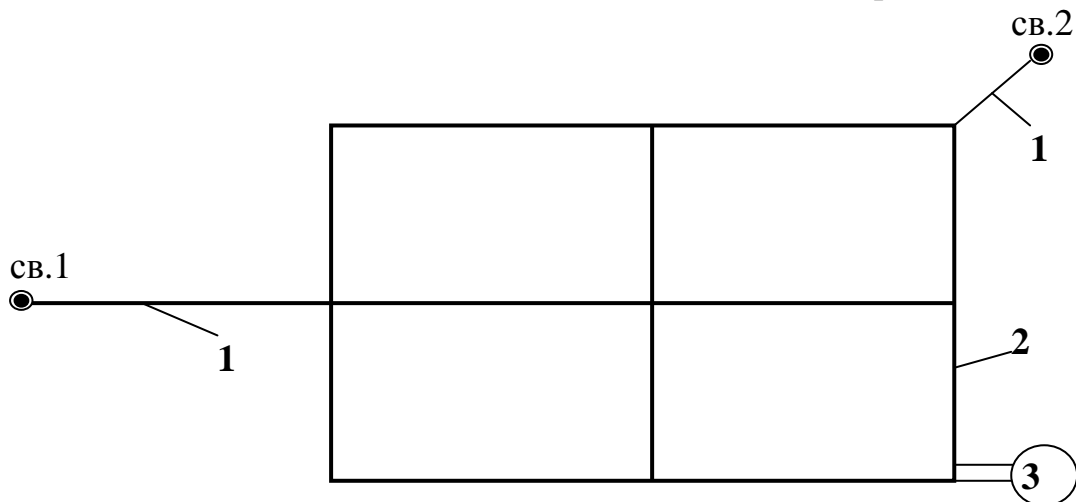


Рис. 2.3 – Схема системи водопостачання з підземного джерела з безпосередньою подачею води в мережу

св.1-св.2 – артезіанські свердловини; 1 – водоводи; 2 – водопровідна мережа; 3 – водонапірна башта.

При живленні з гірських джерел можуть бути відсутніми насосні станції, а очищення зводиться до організації попереднього відстоювання. У цьому випадку схема системи водопостачання матиме вигляд, наведений на рис. 2.4.

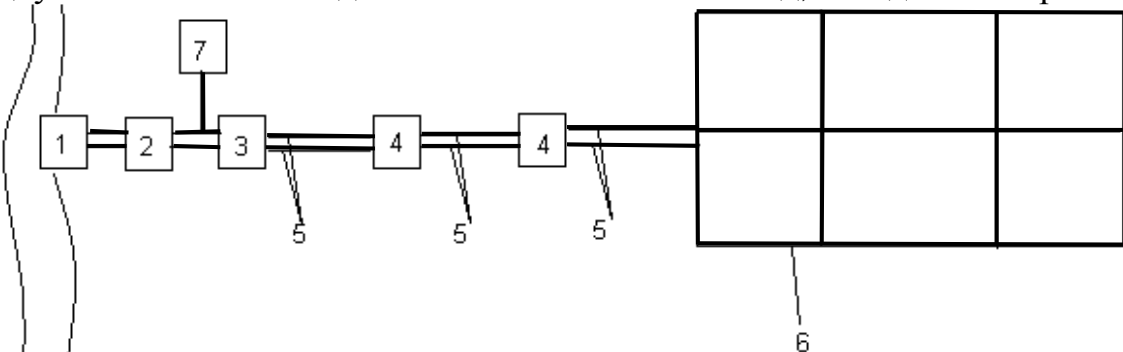


Рис. 2.4 – Схема системи водопостачання з гірського джерела
1 - водозабірні споруди; 2 – відстійники; 3 – резервуари чистої води;
4 – розвантажувальні резервуари; 5 – водоводи; 6 – водопровідна мережа;
7 – споруди для знезараження;

В умовах недостатніх запасів води широке поширення мають групові або районні системи водопостачання. Схема такої системи наведена на рис. 2.5.

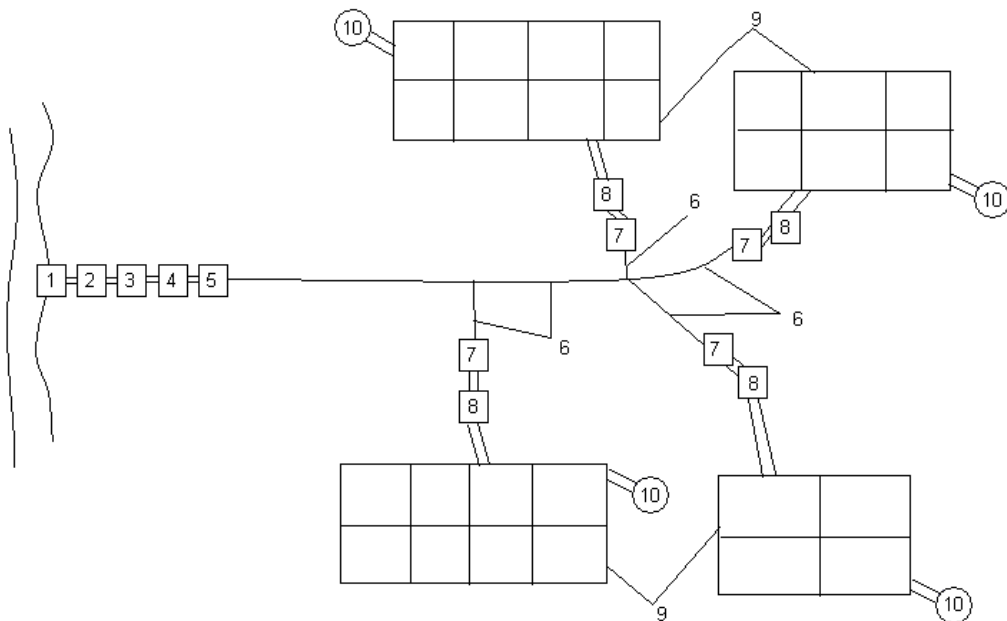


Рис. 2.5 – Схема районної (групової) системи водопостачання
 1 – водозабір; 2 – насосна станція I підйому; 3 – очисні споруди;
 4 – резервуари чистої води; 5 – насосна станція II підйому; 6 – водоводи;
 7 – запасні резервуари чистої води; 8 – насосні станції III підйому; 9 – водогінні мережі окремих населених місць; 10 – водонапірні бапти.

Необхідний гідравлічний режим системи водопостачання забезпечується насосними станціями або природним перепадом позначок місцевості. Він залежить від:

- припустимих рівнів води у відділеннях водозабору;
- рівнів води в спорудах станції очищення для забезпечення гравітаційного режиму руху води;
- необхідних напорів у водопровідній мережі міста.

Існують системи водопостачання, які використовуються виключно для промислових підприємств. До них, в першу чергу, належать так звані системи **оборотного водопостачання**. На деяких підприємствах вода після використання її для технічних цілей не забруднюється зовсім або забруднюється трохи і тільки нагрівається, наприклад, вода, що використовуюється для охолодження виробничих агрегатів, конденсації пари та інш. При недостатній потужності природного джерела або високій вартості подачі з нього необхідної кількості води (наприклад, при віддаленості джерела) є необхідність або економічна доцільність воду, що скидається підприємством або окремим цехом, охолоджувати і подавати знову для використання на тому ж об'єкті. При цьому з джерела повинна добавлятися деяка кількість «свіжої» води для поповнення втрат при обороті та охолодженні.

В якості водоохолоджуючих пристроїв використовують ставки, бризкальні басейни та градирні. «Свіжа» вода зазвичай подається в басейн, в якому збирається охолоджена вода. Дуже часто оборотну воду треба не тільки охолоджувати, але й піддавати очистці. Системи оборотного водопостачання застосовують також, коли вода при використанні не нагрівається, а забруднюється домішками, які порівняно легко видаляються. В таких випадках для прояснення води застосовують відстійники.

Система оборотного водопостачання схематично показана на рис. 2.6.

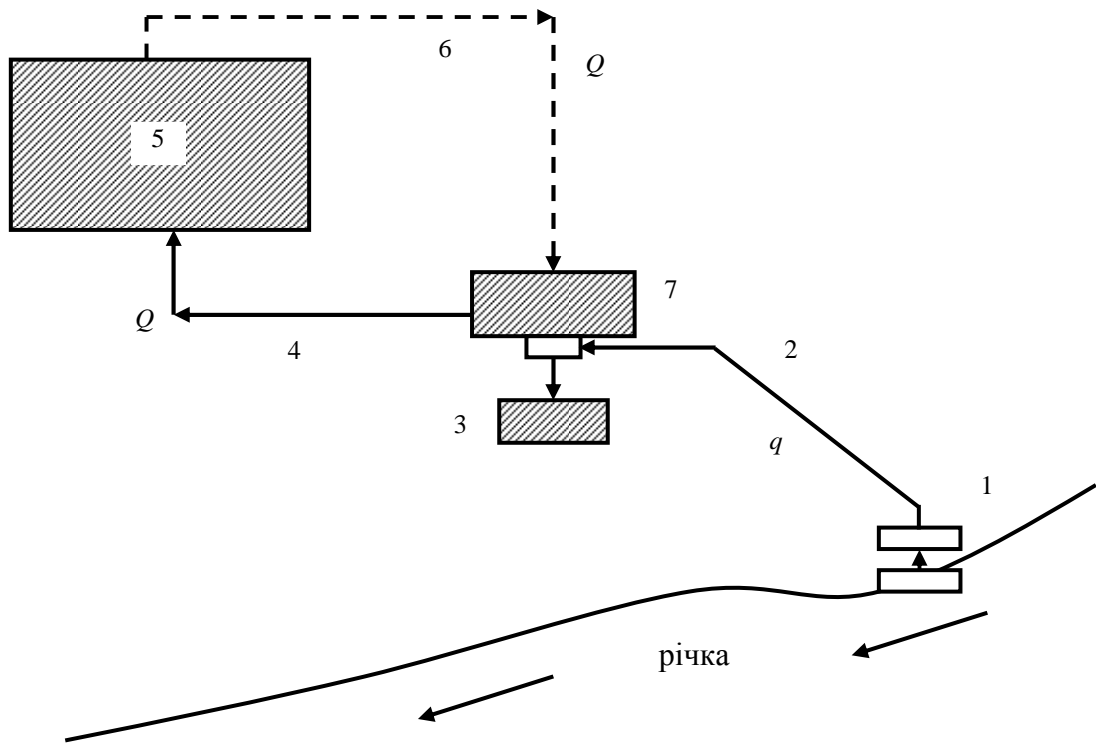


Рис. 2.6 – Схема оборотної системи водопостачання

1 – насосна станція «свіжої» води; 2 – водоводи «свіжої» води; 3 – насосна станція оборотної води; 4 – лінії трубопроводів, які подають охолоджену воду; 5 – промислове підприємство; 6 – лінії трубопроводів, які відводять відпрацьовану нагріту воду; 7 – водоохолоджуючі пристрої.

Іноді оборотна система водопостачання влаштовується для виробничого водопостачання при значному забрудненні води у процесі виробництва. В таких випадках оборотне водопостачання дозволяє знизити кількість забруднених вод, що скидаються і часто важко очищуються.

Коли вода, що скидається одним з промислових споживачів, може бути використана іншим, влаштовують так звані системи повторного (послідовного) використання води. Ці системи також дозволяють знизити кількість «свіжої» води, що забирається з джерела.

Контрольні питання

1. Які основні задачі має вирішувати система водопостачання як комплекс інженерних споруд?
2. Які споруди входять до складу системи водопостачання?
3. Наведіть класичні схеми систем водопостачання з забором води з поверхневого та підземного джерела.
4. Наведіть схеми систем водопостачання з підземного та гірського джерел з безпосередньою подачею води в мережу.
5. Приведіть схему районної (групової) системи водопостачання.
6. Наведіть схему оборотної системи водопостачання промислового підприємства та охарактеризуйте її.

3. КЛАСИФІКАЦІЯ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Система водопостачання – це комплекс інженерних споруд, пристроїв та трубопроводів, які призначені для забору, очистки, зберігання, розподілу та подачі заданної кількості води споживачам під необхідним напором.

Система водопостачання включає водозабірні, очисні споруди, насосні станції, водонапірні та регулюючі споруди, водоводи, магістральні та розподільчі трубопроводи. В кожному конкретному випадку наявність тих чи інших споруд залежить від багатьох факторів, головними з яких являються: вид джерела водопостачання та його віддаленість від споживача, продуктивність комплексу, призначення водопроводу, вимог до якості води, місцевих умов т.і.

Системи водопостачання класифікують за наступними основними ознаками [4]:

- 1) за джерелами:
 - поверхневі;
 - підземні;
 - змішані;
- 2) за споживачами:
 - міські;
 - промислові;
 - сільськогосподарські;
 - транспортні;
- 3) за територіальною ознакою:
 - районі (водопроводи, які постачають водою споживачів промислового району);
 - групові (призначені для об'єднаного водопостачання ряду невеликих населених місць);
 - місцеві або локальні (один об'єкт);
- 4) за способом подачі води:
 - напірні;
 - самопливні;
- 5) за призначенням:
 - господарсько-питні;
 - виробничі;
 - протипожежні;
 - об'єднані.
- 6) за надійністю або ступенем забезпеченості поділяються на три категорії (табл. 3.1):

Таблиця 3.1

Категорії забезпеченості подачі води

Чисельність населення, тис. чол.	Категорія надійності	Допустиме зниження подачі води, %	Тривалість зниження подачі, доба	Допустима перерва в подачі води
більше 50	I	≤ 30	≤ 3	≤ 10 хвил.
5-50	II	≤ 30	≤ 10	≤ 6 год.
менше 5	III	≤ 30	≤ 15	≤ 24 год.

Можливість та доцільність об'єднання систем водопроводів зумовлені:

- вимогами до якості води;
- взаємним розположенням;

- необхідними напорами у споживачів;
- економічними факторами.

У місті може бути єдина система господарсько-питного водопостачання, що забезпечує питною водою як населення, так і промисловість. Однак, іноді з тих чи інших причин (неодночасність розвитку промислових підприємств і жилої зони, з економічних міркувань) можуть улаштуватися роздільні господарсько-питні водопроводи міста і промислового підприємства (наприклад, господарсько-питний водопровід комбінату «Запоріжсталь»).

В умовах обмеженості водних ресурсів застосовуються комбіновані схеми систем водопостачання, в яких підземне джерело використовується для доповнення відкритого джерела. Прикладом таких систем в Україні є системи водопостачання деяких міст Криму, у яких до так званої «великої води», одержуваної з водоймищ, додається вода з гірських джерел або свердловин.

У Західній Європі комбіновані системи мають широке поширення як у силу обмеженості водних ресурсів, так і в умовах високої щільності забудови.

Склад споруд у системі водопостачання залежить від багатьох факторів. Наявність чи відсутність очисних споруд у системі водопостачання залежить від якості води, що забирається з джерела. Якщо якість води в джерелі відповідає ДержСанПіН України, то вона подається у резервуари чистої води без очищення. Разом з тим, іноді при заборі підземних вод виникає необхідність у будівництві очисних споруд зі специфічними методами очищення: очисні споруди знезалізнення, очисні споруди для видалення заліза і марганцю; споруди для видалення метану і заліза. Реальні системи водопостачання великих міських конгломератів можуть поєднувати кілька елементарних систем з кількома головними спорудами.

Контрольні питання

1. Назвіть основні ознаки, за якими класифікують системи водопостачання.
2. Наведіть класифікацію систем водопостачання за категоріями надійності.
3. Чим зумовлена доцільність об'єднання систем водопроводів?
4. Наведіть приклади комбінованих систем водопостачання.

4. ДЖЕРЕЛА ВОДОПОСТАЧАННЯ, ЇХ ХАРАКТЕРИСТИКА. ЗОНИ САНІТАРНОЇ ОХОРОНИ ДЖЕРЕЛ ВОДОПОСТАЧАННЯ

4.1. Джерела водопостачання, їх характеристика

Джерелами водопостачання централізованих систем водопостачання являються поверхневі та підземні води, а також атмосферні опади. До поверхневих джерел відносять води річок, озер, водосховищ, ставів, каналів, морів. До підземних належать підруслові, ґрунтові, артезіанські води, криниці. До атмосферних вод належать опади, які випадають у вигляді дощу та снігу, що акумулюються у природних або штучних ємкостях.

Для технічного водопостачання промислових підприємств можливе використання доочищених стічних вод, а також зливної води.

У системі водопостачання допускається використання декількох джерел з різними характеристиками.

Основними вимогами [5, 6], якими має володіти джерело водопостачання, являються:

- забезпечення необхідних витрат води у споживача з врахуванням перспективного розвитку об'єктів;
- заданий ступінь надійності постачання води споживачеві;
- якість води, що найкращим чином відповідає вимогам споживачів, або дозволяє досягти такої якості після очистки;
- при відборі води з поверхневого джерела повинна бути забезпечена гарантована витрата води, необхідна для задоволення потреб нижче розташованих населених місць, підприємств, сільського господарства, рибного господарства, судноплавства і т.і.
- відбір води з джерела не повинен погіршувати екологічний стан;
- економічні вимоги – мінімальні витрати при будівництві та експлуатації.

При наявності декількох можливих джерел водопостачання вибір виконується шляхом техніко-економічного порівняння.

4.2. Зони санітарної охорони джерел водопостачання, призначення їх

Вирішення проблем захисту водних ресурсів полягає в основному у запобіганні забруднення їх стічними водами, бо для деяких комунальних та промислових підприємств водойми і досі є місцем для скиду стоків. Природні води, забруднені такими стічними водами, непридатні для водопостачання, тому що дуже часто в них містяться речовини, які негативно впливають на здоров'я людей, тварин, рослин і можуть спричиняти виникнення різного роду захворювань [3].

Надзвичайно шкідливий вплив на санітарний стан водойм мають забруднені води промислових підприємств, які скидаються без належної очистки. Стічні води багатьох промислових об'єктів, крім забруднень загально санітарного характеру, вміщують специфічні домішки, іноді токсичні. Потрапляючи у природні водоймища такі стоки змінюють якість води, ускладнюють або зовсім виключають можливість використання водоймищ для питних або виробничо-технічних потреб, потреб рибного та сільського господарства, а також для культурно-спортивних та санітарно-оздоровчих потреб.

Тому охорона джерел водопостачання є цілою системою технічних, організаційних, правових та економічних заходів, спрямованих на попередження, обмеження та усунення наслідків забруднення, засмічування та

виснаження водних об'єктів у цілях задоволення попиту населення та народного господарства у воді, яка відповідає б нормативній якості для сьогоденного та наступних поколінь.

Система заходів з охорони вод складається з профілактичних заходів, спрямованих на недопущення появи або обмеження нових джерел забруднення, засмічення та виснаження вод, та заходів з усунення несприятливого впливу господарської діяльності на стан водних об'єктів. Згідно з чинними нормами [7] всі водопроводи господарсько-питного призначення повинні мати зони санітарної охорони, які охоплюють у першу чергу водозабірні споруди та джерела водопостачання в місці забору води і повинні забезпечувати санітарно-епідеміологічну надійність.

Підземні водні горизонти забруднюються внаслідок інфільтрації до них водних розчинів хімічних сполук із територій промислових підприємств, із накопичувачів – відстійників, випалювачів стічних вод, шлаконакопичувачів, із земельних ділянок, що обробляються ядохімікатами та добривами, внаслідок витікання нафти та нафтопродуктів зі сховищ, нафтопроводів, закачування пластової води у поглинаючі горизонти при нафтодобуванні тощо.

При охороні підземних джерел водопостачання слід звертати увагу на комплекс заходів та процесів, які перешкоджають проникненню шкідливих, і таких, що можна встановити тільки через значний проміжок часу, речовин у горизонт підземних вод, та їх подальшому поширенню по горизонту. До профілактичних заходів належать:

- ❖ обґрунтування розміщення об'єктів, які проектуються, з метою запобігання їх негативного впливу на підземні води;
- ❖ планування водоохоронних заходів;
- ❖ виявлення та облік фактичних та потенційних джерел забруднення підземних вод;
- ❖ складання прогнозів можливого забруднення;
- ❖ систематичний контроль за рівнем забруднення підземних вод;
- ❖ влаштування спеціалізованої мережі спостережних свердловин.

Зони водопроводу повинні включати зону джерела водопостачання у місці забору води (включаючи водозабірні споруди), зону і санітарно-захисну смугу водопровідних споруд (насосних станцій, станцій підготовки води, ємностей) і санітарно-захисну смугу водоводів [7].

Зона джерела водопостачання у місці забору води повинна включати 3 пояси: першого – суворого режиму, другого і третього – режимів обмеження. Зона водопровідних споруд має включати перший пояс та смуги (при розташуванні водопровідних споруд за межами другого поясу зони джерела водопостачання).

Проектом зон санітарної охорони водопроводу повинні бути визначені: межі поясів зони джерела водопостачання, зони і смуги водопровідних споруд та смуги водоводів, перелік інженерних заходів з організації зон (об'єкти будівництва, знесення будівель, благоустрій тощо) та опис санітарного режиму у зонах та смугах.

Поверхневі джерела. Межі першого поясу зони поверхневого джерела водопостачання, у тому числі водопідвідного каналу, повинні бути встановленими на відстані від водозабору:

- a) для водотоків (річки, канали):
 - o верх за течією – не менше 200 м;

○ вниз за течією – не менше 100 м;

○ за прилеглим до водозабору берегом - не менше 100 м від урізу води при літньо - осінній межині;

○ у напрямку до протилежного берега: при ширині водотоку менше 100 м – усї акваторія та протилежний берег шириною 50 м від урізу води при літньо - осінній межині та при ширині водотоку більше 100 м – полоса акваторії шириною не менше 100 м;

○ на водозаборах ковшового типу у межі першого поясу включають всю акваторію ковша і територія навколо нього смугою не менше 100 м;

б) для водойм (водосховище, озеро):

○ за акваторією за всіма напрямками – не менше 100 м;

○ за прилеглим до водозабору берегом – не менше 100 м від урізу води при нормальному підпірному рівні у водосховищі та літньо – осінньої межині у озері.

Межі **другого поясу** зони водотоку належить встановлювати:

○ верх за течією, включаючи притоки – виходячи з середньої за шириною та довжиною водотоку або на окремих його ділянках швидкості течії води, та часу протікання води від поясу до водозабору при середньомісячній витраті води літньо – осінньої межині 95 % забезпеченості не менше 5 діб для ІА, Б, В, Г і ПА кліматичних районів і не менше 3 діб для інших кліматичних районів;

○ вниз за течією – не менше 250 м;

○ бокові межі – на відстані від урізу води при літньо – осінній межині – при рівнинному рельєфі – 500 м, при гористому рельєфі місцевості – до вершини першого схилу, що звернутий в бік водотоку, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому схилі.

При наявності у річці підпору або зворотної течії відстань нижньої межі другого поясу від водозабору повинна бути встановлена в залежності гідрологічних і метеорологічних умов, за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби.

На судноплавних річках і каналах в межі другого поясу зони слід включати акваторію, яка прилягає до водозабору в межах фарватеру.

Межі другого поясу зони водойми, включаючи притоки, належить встановлювати від водозабору:

○ за акваторією у всіх напрямках на відстані 3 км при кількості вітрів до 10 % в бік водозабору та 5 км при кількості вітрів більше 10 %;

○ бокові межі – від урізу води при нормальному підпірному рівні у водосховищі та літньо - осінній межині у озері на відстані при рівнинному рельєфі – 500 м, при гористому рельєфі місцевості – до вершини першого схилу, що звернутий в бік водотоку, але не більше 750 м при пологому схилі і 1000 м при крутому схилі.

Межі **третього поясу** зони поверхневого джерела водопостачання повинні бути верх і вниз за течією водотоку або у всі боки за акваторією водойми такими ж, як для другого поясу; бокові межі – за водорозділом, але не більше 3-5 км від водотоку або водойми.

Підземні джерела. Межі **першого поясу** зони підземного джерела водопостачання мають встановлюватися від одиночного водозабору (свердловина, шахтний колодязь, каптаж) або від крайніх водозабірних споруд групового водозабору на відстанях:

- 30 м при використанні захищених підземних вод;
- 50 м при використанні недостатньо захищених підземних вод.

В межі першого поясу зони інфільтраційних водозаборів слід включати берегову територію між водозабором та поверхневим джерелом водопостачання, якщо відстань між ними менше 150 м.

Для підруслених водозаборів та ділянки поверхневого джерела, яке живить інфільтраційний водозбір або використовується для штучного поповнення запасів підземних вод, межі першого поясу зони слід передбачати як для поверхневих джерел водопостачання.

Межі **другого поясу** зони підземного джерела водопостачання встановлюються розрахунком, що враховує час просування мікробного забруднення води до водозабору, який приймається в залежності від кліматичних районів і захищеності підземних вод від 100 до 400 діб.

Межа **третього поясу** зони підземного джерела водопостачання визначається розрахунком, який враховує час просування хімічного забруднення води до водозабору, який має бути більше ніж прийнята тривалість експлуатації водозабору, але не менше 25 років.

Водопровідні очисні споруди. Межа **першого поясу** зони водопровідних споруд має співпадати з огорожею майданчика споруд та передбачатися на відстані:

- від стінок резервуарів фільтрованої (питної) води, фільтрів (крім напірних), контактних прояснювачів з відкритою поверхнею води – не менше 30 м;
- від стін інших споруд та стовбурів водонапірних башт – не менше 15 м.

Санітарно-захисна смуга навколо першого поясу зони водопровідних споруд, розташованих за межами **другого поясу** зони джерела водопостачання, повинна мати ширину не менше 100 м.

Санітарно-захисну зону від промислових та сільськогосподарських підприємств до споруд станції підготовки питної води належить приймати як для населених пунктів в залежності від класу шкідливості виробництва.

Водоводи. Ширину санітарно-захисної смуги водоводів, які проходять по незабудованій території, належить приймати від крайніх водоводів:

- при прокладці в сухих ґрунтах – не менше 10 м при діаметрі до 1000 мм і не менше 20 м при великих діаметрах;
- при прокладці в мокрих ґрунтах – не менше 50 м незалежно від діаметру.

При прокладці водоводів по забудованій території ширину смуги за узгодженням з органами санітарно-епідеміологічної служби допускається зменшувати.

Контрольні питання

1. Які типи джерел водопостачання ви знаєте?
2. Назвіть основні вимоги, які пред'являються до джерел водопостачання.
3. Які чинники являються основними забруднювачами природних водойм та підземних джерел?
4. З якою метою створюються зони санітарної охорони джерел водопостачання?
5. Опишіть зони санітарного захисту поверхневого джерела.
6. Наведіть зони санітарного захисту підземних джерел.
7. Охарактеризуйте зони санітарного захисту водопровідних очисних споруд та водоводів.

5. СПОРУДИ ДЛЯ ЗАБОРУ ВОДИ, КОНСТРУКТИВНІ ОСОБЛИВОСТІ ТА ЇХ ТИПИ

Водозабірні споруди – це споруди, що забезпечують приймання води з природного джерела, грубу її очистку та подачу до водопровідної мережі або на очисні станції чи установки.

Залежно від природних умов джерел водопостачання, вимог водоспоживання, експлуатації систем водопостачання водозабірні споруди поділяють за:

✓ типом джерела водопостачання: поверхневі (річкові, озерні, водосховищні, морські та каналні); підземні (вертикальні, горизонтальні, каптажі); атмосферні (сніжники, ставки-резервуари, льодовики);

✓ призначенням: господарсько-питні, технічні (виробничі), сільськогосподарські, меліоративні;

✓ продуктивністю: мала (до 1 м³/с), середня (від 1 до 6 м³/с) і велика (понад 6 м³/с);

✓ ступенем надійності відбору води з джерела: 1-го ступеня – споруди, що забезпечують безперебійний відбір розрахункової кількості води; 2-го – відбір розрахункової кількості води з можливою перервою протягом 5 годин, або зниження її відбору на період до одного місяця; 3-го – з можливою перервою на період до трьох діб;

✓ категорією надійності подачі води споживачам: 1-ша категорія – можливе зменшення подачі води до 30% розрахункової витрати на період до 3 діб; 2-га категорія – те саме, на період до 1 місяця, або перерва у подачі води до 5 годин; 3-я категорія – те саме, на період до 1 місяця, або перерва у постачанні води до однієї доби.

Водозабірні споруди можуть класифікуватись також і за іншими, менш загальними, ознаками [8].

Водозабірні споруди повинні забезпечувати подачу води на очисні споруди або до водопровідної мережі гарантовано за найнегативніших умов природних джерел водопостачання. Вони мають бути розраховані на експлуатацію не тільки у звичайних, а й особливих умовах: при коливанні витрат та рівнів води відкритих джерел у межах, які відповідають забезпеченості; утворенні донного льоду і шуги, заторів та зажорів; можливих переформувань русла та змін якості води; розвитку планктону, водоростей та інших водних біологічних організмів, які перешкоджають забору води; змінах гідрологічних характеристик джерела, які пов'язані із зарегулюванням річок, їх використанням для енергетичних та меліоративних потреб; частковому або повному виснаженні чи зміні якості води, а також можливих змінах санітарного стану території тощо.

Для забезпечення потрібної категорії надійності подачі води за дуже складних природних умов водоприймальні споруди необхідно передбачати у декількох створах, які розташовані на відстані, що виключає можливість одночасної перерви подачі води, або влаштуванням резервних колодязів та водопідйомного обладнання.

Крім зазначених вимог щодо забезпечення надійної роботи водозабірних споруд мають бути виконані умови щодо стійкості, міцності і довговічності цих споруд поєднанні з простотою їх виконання.

5.1. Типи водозаборів із поверхневих джерел та вибір місця їх розташування

Надійна робота водозабору з поверхневих джерел практично повністю залежить від місця його розташування, складу і конструкції споруд, які входять до технологічної схеми водозабірної вузла.

Водозабірні споруди з поверхневих джерел поділяються за:

- розташуванням основних елементів: суміщені, роздільні, інфільтраційні;
- розташуванням водоприймача: берегові, руслові, комбіновані, ковшові, острівні;
- способом приймання води: глибинні, донні, поверхневі, інфільтраційні, комбіновані;
- ступенем стаціонарності: стаціонарні, пересувні (фунікулерні та плавучі);
- тривалістю експлуатації: постійні та тимчасові.

Звичайно при виборі місця розташування водозабору виходять із таких умов: водозабірний вузол повинен розташовуватися якнайближче до водоспоживача; кількість та якість води у водному джерелі мають відповідати вимогам водоспоживача або відповідати цим вимогам після очищення (за можливістю найбільш простого та ефективного); розташовувати водозабірний вузол слід так, щоб не перешкоджати проведенню призначених водогосподарських заходів на водному джерелі та не зачіпати інтереси інших водоспоживачів та водокористувачів; топографічні, геологічні та гідрогеологічні умови повинні бути сприятливі для будівництва та експлуатації водозабірних споруд, технічне рішення водозабірної вузла та всієї системи водопостачання повинні бути економічними, споруди – простими та доступними під час експлуатації; санітарна охорона – надійна, ефективна і недорога.

Місце водозабору господарсько-питного призначення на річці повинно бути розташоване вище випуску стічних вод та вище населеного пункту за течією річки, вище портів, причалів, товарно-транспортних баз та складів, поза зонами руху пароплавів і плотів [5, 8].

Розташування водозаборів господарсько-питного водопостачання в акваторіях портів, бухт, на ділянках можливого руйнування берега та у зонах відкладення наносів, у верхів'ях водосховищ, у гирлі підпертих річок, у місцях зимівлі риб, на ділянках утворення шугозажорів, заторів та промерзання потоку, а також у місцях нагону плавнику та водоростей не допускається. Не рекомендується також розташовувати водоприймальні споруди на ділянках нижнього б'єфу ГЕС, безпосередньо прилеглих до гідровузла, та на ділянках, розташованих нижче гирла притоків річок, ярів та річок, які можуть виносити у річку значну кількість донних та завислих наносів.

5.2. Типи і схеми споруд для забору підземних та інфільтраційних вод

Спосіб влаштування водозабірних вузлів і склад споруд для забору підземних вод визначається не їх назвою, а умовами залягання, продуктивністю, глибиною і геологічною побудовою водоносних пластів, гідравлічними характеристиками підземного потоку (його напором, швидкістю і напрямками руху, зв'язком з іншими водоносними пластами і поверхневими водами),

санітарним станом території, необхідністю штучного створення або поповнення запасів підземних вод, наявністю водоносних пластів, що мають недоброякісну воду, наміченою потужністю і техніко-економічними показниками .

Із надр землі для цілей водопостачання забирають тільки ті води, що знаходяться у вільному стані. Це води, які знаходяться в пористих породах земної кори, та інфільтраційні води, тобто води відкритих джерел, які надходять у пористі породи дна і берегів річок, озер, водосховищ, каналів і морів, і таким чином переходять у підземні води. Використання підземних та інфільтраційних вод для господарсько-питного водопостачання в багатьох випадках буває більш раціональним, ніж використання для цих потреб поверхневих вод. Підземні та інфільтраційні води мають практично стабільну температуру, майже не забруднені патогенними бактеріями та органічними речовинами, а тому в багатьох випадках можуть використовуватися без очищення або з найпростішою очисткою та знезаражуванням [3, 5].

Залежно від конкретних умов для забору підземних вод влаштовують споруди таких основних типів: вертикальні, горизонтальні, променеві, комбіновані та каптажі.

Вертикальні водозабори – це трубчасті та шахтні колодязі. Трубчасті колодязі – це споруди, що розташовуються вертикально, мають відносно незначні розміри поперечного перетину і велику глибину. Застосовують їх за глибокого залягання водоносних пластів (більше 10 м) і значної потужності (більше 5-6 м). Влаштовують трубчасті колодязі як у безнапірних, так і в напірних водоносних пластах.

За розташуванням у товщі водоносного пласта трубчасті колодязі можуть *досконалими*, тобто такими, що повністю перетинають водоносний пласт, навіть часто занурюються в його підошву, і *недосконалими* – такі, що неповністю перетинають водоносний пласт, нібито зависають у ньому [3].

Шахтні колодязі – це споруди, що розміщуються, як і трубчасті колодязі, вертикально, але мають відносно великі розміри поперечного перерізу і невелику глибину. Їх найчастіше використовують для забору неглибоко залеглих від денної поверхні вод (не більше 10 м, і тільки в окремих випадках – 20-30 м). За потужності водоносного пласта до 3 м шахтні колодязі влаштовують тільки досконалого типу, тобто вони перетинають товщу водоносного пласта. За більшої потужності водоносного пласта шахтні колодязі влаштовують недосконалого типу, як і трубчасті колодязі.

Горизонтальні водозабори (водозбори) – це споруди, водоприймальна частина яких розташована горизонтально, влаштовують їх траншейними, камене-щебеними, трубчастими, штольневими, галерейними. Кам'яно-щебінчасті водозабори влаштовують переважно для забору підземних вод на глибині до 3-5 м. використовують їх, в основному, для тимчасових систем водопостачання. Трубчасті і горизонтальні водозабори влаштовують при глибині залягання водоносних пластів до 8 м, переважно поблизу відкритих джерел, тобто для забору інфільтраційних вод з явно вираженим напрямком руху підземного потоку. Галерейні та штольневі горизонтальні водозабори можуть застосовуватися і при значніших глибинах залягання підземних вод. У

цьому разі їх будують закритим способом.

Променеві водозабори найбільш раціонально використовувати для забору води з малопотужних водоносних пластів (до 5 м), що залягають на глибині 25-50 м, або з водоносних пластів значної потужності (15-25 м і більше), що мають незначний коефіцієнт фільтрації. Практично тільки цими водозаборами можна забирати підруслові води.

Комбіновані водозабори – це горизонтальні галереї або штольні з низкою вертикальних трубчастих чи шахтних колодязів, або шахтні чи трубчасті колодязі з горизонтальними водозаборами; променеві водозабори з трубчастим колодязем у дні шахти, або шахтним колодязем, яким є сама водозабірша шахта. Застосовують їх при необхідності забору води із неглибоко розташованих малопотужних пластів, або підруслових вод з одночасним використанням глибоко розташованих водоносних горизонтів, якщо ці пласти окремо не забезпечують.

Контрольні питання

1. Які типи водозабірних споруд ви знаєте?
2. Назвіть основні ознаки, за якими класифікують водозабірні споруди.
3. Дайте характеристику поверхневих джерел та назвіть основні типи водозабірних споруд на них.
4. Дайте характеристику підземних джерел та назвіть основні типи водозабірних споруд на них.

6. ВОДОСПОЖИВАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

6.1. Визначення коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання

Основними факторами, які визначають режим роботи всіх елементів систем водопостачання, є режим витрат води населенням. Сумарне водоспоживання в місті складається з витрат на господарсько-питні потреби населення, технологічні потреби промислових підприємств та потреби на пожежогасіння. Режим витрати води для промислових підприємств визначається відповідно до технології підприємства. Режим водоспоживання населених пунктів залежить від побутових факторів, зокрема режиму праці, життя та відпочинку населення [5, 9].

Споживання води населенням протягом року нерівномірне. Також нерівномірне водоспоживання протягом доби та тижня.

Режим водопостачання повинен відповідати фактичним витратам води споживачами. Тому прогнозування режиму водоспоживання є важливим моментом проектування водопровідних мереж.

При проектуванні водопроводів промислових підприємств режим витрат води на промислові та господарчі потреби залежить від технології виробництва та його структури.

Режим водоспоживання – це процес витрачання води споживачами, що розглядається у розрізі часу. Для промислових підприємств режим водоспоживання на технологічні потреби встановлюється технологами основного виробництва залежно від виду технологічного процесу. Для

сельбищної зони встановити заздалегідь абсолютно точне значення витрати води для будь-якого моменту часу неможливо. Не існує на сьогодні строгої аналітичної формули, яка б давала можливість обчислити точне значення витрати води як функцію часу, ступеня сантехнічного благоустрою, поверховості забудови, місцевих факторів, зв'язаних із життям і трудовою діяльністю мешканців, та інших факторів. Їх стільки багато, що витрати води у населеному місці можна оцінювати тільки статистичними методами. Ось чому водоспоживання населеного місця треба розглядати як випадковий процес. Тобто у математичному відношенні витрати води – це випадкова величина, яка має свій закон розподілу. Якщо скористатись математичною статистикою та теорією випадкових процесів, можна зробити математичне представлення режиму водоспоживання на основі статистичних даних. Але таке представлення досить складне і не використовується в інженерних розрахунках. Можливе використання такого представлення для прогнозування водоспоживання на достатньо короткі строки. Для інженерних розрахунків використовують так звані типові графіки водоспоживання та визначення режиму водоспоживання розраховують і будують графіки добового водоспоживання, враховуючи норми водоспоживання, в залежності від ступеня благоустрою будівель та приміщень.

При організації водопостачання населення враховується наявність й характер джерела води, його доступність, можливість одержати достатню кількість води потрібної якості. При виборі джерела води враховуються дебіт його і якість води, яка значною мірою визначається походженням і умовами формування, а також характером і ступенем її забруднення. При цьому необхідно також врахувати перспективи розвитку даного населеного пункту і його благоустрій.

Розраховуючи необхідну кількість води, враховують рівень санітарно-технічного благоустрою жител і доступність води. При децентралізованому водопостачанні на одного мешканця потрібно 30-50 дм³/добу, тоді як при централізованому водопостачанні - 80-420 дм³/добу. Відповідно до "Санітарних правил проектування, будівництва і експлуатації господарсько-питних водогонів", норми води для районів жилої забудови населених місць залежать від доступності води, характеру водонагрівальних приладів і наявності каналізації.

Режим роботи окремих споруд системи водопостачання визначається режимом витрати води споживачами, що постійно змінюється в період експлуатації. Споживачі витрачають воду протягом року, доби й годин досить нерівномірно.

Для визначення витрат води в населеному пункті в різні пори року вводяться поняття коефіцієнтів добової нерівномірності водоспоживання, які враховують побут людей, режим роботи підприємств, ступінь благоустрою будинків, змін водоспоживання за сезонами року та днями тижня. Значення цих коефіцієнтів приймаються в наступних межах: $K_{\text{доб.мах}} = 1,1...1,3$; $K_{\text{доб.мін}} = 0,7...0,9$ [9].

Протягом доби також помітні досить значні коливання годинних витрат, викликані зміною дня й ночі, розпорядком роботи, різними випадковими

явищами. Годинні витрати води споживачами коливаються протягом доби від $Q_{\text{год.маx}}$ до $Q_{\text{год.мін}}$.

Режим витрати води на господарсько-питні потреби в населених пунктах залежить від числа жителів, ступеня розвитку промисловості й ряду інших факторів і характеризується коефіцієнтами годинної нерівномірності водоспоживання, значення яких для населених пунктів визначають за наступними формулами

$$K_{\text{год.маx}} = \alpha_{\text{маx}} \cdot \beta_{\text{маx}} ; K_{\text{год.мін}} = \alpha_{\text{мін}} \cdot \beta_{\text{мін}} \quad (6.1)$$

Коефіцієнт α враховує ступінь благоустрою будинків, режим роботи підприємств і інші місцеві умови. Він приймається рівним:

$$\alpha_{\text{маx}} = 1,2 \dots 1,4; \alpha_{\text{мін}} = 0,4 \dots 0,6.$$

Коефіцієнти годинної нерівномірності виробничого водоспоживання $K_{\text{год.маx}}$ і $K_{\text{год.мін}}$ встановлюються технологічним проектом підприємства.

Слід зазначити, що протягом години витрата води споживачами також нерівномірно. Однак облік цієї нерівномірності водоспоживання значно ускладнює розрахунок, не даючи істотного його уточнення. Тому в практиці проектування й розрахунку системи водопостачання з достатньої для практичних цілей точністю приймають рівномірну протягом години витрату води.

6.2. Особливості влаштування систем гарячого водопостачання

Гаряче водопостачання в житлових і громадських будівлях влаштовується для того, щоб задовольнити побутові і санітарно-гігієнічні потреби людини. Система гарячого водопостачання забезпечує споживача водою з температурою не менше 50 °С і не більше 75 °С.

Залежно від призначення системи гарячого водопостачання поділяють на господарсько-побутові і виробничі. Ці системи допускається об'єднувати лише тоді, коли на технічні потреби використовується вода питної якості або тоді, коли внаслідок контакту з технологічним обладнанням не змінюється якість води [11].

Системи гарячого водопостачання залежно від місця приготування гарячої води поділяють на місцеві і централізовані.

Місцеві системи влаштовують в невеликих будинках, в яких нагрівання води здійснюється для кожного споживача або групи споживачів. Вода із системи холодного водопостачання подається для нагрівання в місцеву установку - теплогенератор (газовий водонагрівач, малометражний котел), в якому використовуються газ, тверде паливо, електроенергія тощо. Гаряча вода подається споживачеві за допомогою розподільної мережі трубопроводів.

Через велику кількість водонагрівачів, що потребують постійного нагляду, ускладнюється монтаж і експлуатація місцевих систем, а тому їх використовують лише в невеликих будинках із теплоспоживанням не більше 208 МДж/год за відсутності джерел централізованого тепlopостачання або значному віддаленні від них, коли спорудження теплових мереж є економічно недоцільним.

Місцеві системи гарячого водопостачання включають місцевий водонагрівач, теплогенератор для одержання теплоносія або безпосередньо гарячої води, трубопроводи для подачі гарячої води до водорозбірних пристроїв, бак гарячої води, розширювальний бачок та арматуру.

В малоквартирних будинках інколи використовують систему гарячого водопостачання, поєднану з опаленням. Джерелом тепла в такій системі можуть бути як місцеві котельні (наприклад, дахова), так і індивідуальні котли на рідкому чи газоподібному паливі. Підведення води з водопроводу здійснюється до котла і бойлера, розташованих в підвалі будинку. Система передбачає окреме живлення водорозбірних пристроїв гарячого водопроводу і окреме - приладів системи опалення з різною температурою гарячої води, яка подається.

Централізовані системи гарячого водопостачання широко використовуються в житлових і громадських будівлях завдяки їх економічності, простоті експлуатації та обслуговування. Їх влаштовують за наявності потужних джерел тепла (ТЕЦ, районних котельень тощо).

В централізованих системах гарячого водопостачання воду нагрівають для групи споживачів в одному місці і транспортують її трубопроводами до місць витрачання. Схема системи гарячого водопроводу, кількість елементів у системі, їх взаємне розташування залежать від режиму водоспоживання, типу пристроїв для нагрівання води, довжини трубопроводів тощо.

Вода в системах централізованого гарячого водопостачання може нагріватися за відкритою чи закритою схемами.

6.3. Протипожежне водопостачання

Система протипожежного водопостачання - це комплекс інженерно-технічних пристроїв, що виконують важливу роль у забезпеченні пожежної безпеки об'єктів та населених пунктів [10].

Під протипожежним водопостачанням слід розуміти таке водопостачання, коли вода подається цілодобово і у такій кількості, яка необхідна для гасіння пожеж ззовні та всередині будівель і споруд.

Водопроводи розраховують на безперебійну подачу води для виробничих, господарських та протипожежних потреб, іноді проектують спеціальні протипожежні водоводи. В деяких випадках допускається зберігання пожежного об'єму води у спеціальних резервуарах чи відкритих водоймах.

Протипожежні потреби складаються з розрахункових витрат води на зовнішнє пожежогасіння через гідрант і внутрішнє пожежогасіння через пожежні кран-комплекти, спринклерні, дренчерні та інші системи та установки пожежогасіння.

Схеми водопроводів виконують в залежності від характеру водопроводу, який повинен обслуговувати пожежні потреби, і його призначення.

За способом створення напорів протипожежні водопроводи бувають:

1) високого тиску, які діляться на:

а) водопроводи постійного високого тиску;

б) водопроводи високого тиску, який підвищують тільки під час пожежі.

У цьому випадку тиск у водопровідній мережі достатній для безпосередньої подачі води для гасіння пожеж від гідрантів, встановлених на мережі (без допомоги привізних насосів);

2) низького тиску (подача води для гасіння від привізних насосів).

У водопроводах низького тиску, тиск води для гасіння забезпечується

автомашинами, при водопроводах високого тиску - гасіння пожеж відбувається подачею води безпосередньо від водопровідної мережі.

Протипожежний водопровід постійного високого тиску влаштовують рідко внаслідок великих матеріальних витрат на створення водопровідної мережі, що обслуговує тільки пожежні потреби, і потреби облаштування високої водонапірної башти або окремої пневматичної установки.

Протипожежний водопровід високого тиску, який підвищують тільки під час пожежі, влаштовують головним чином на паперових комбінатах, великих нафтопереробних комплексах та інших промислових об'єктах, що характеризуються високою пожежною небезпекою.

Протипожежний водопровід високого тиску, який підвищують під час пожежі, об'єднується з господарсько-питним водопроводом промислових підприємств. Напір для пожежогасіння збільшується тільки в господарсько-питній мережі, в промисловому водопроводі напір в цей час залишається без зміни, тому при пожежі не порушуються виробничі процеси, що вимагають наявності постійного тиску в мережі. Будівництво протипожежних водопроводів, об'єднаних з господарсько-питними, доцільно також тому, що господарська мережа, як правило, є більш розгалуженою, ніж виробнича, і охоплює найбільшу частину території об'єкта. При таких водопроводах зовнішнє пожежогасіння може проводитися безпосередньо від гідрантів без привізних насосів, а внутрішнє протипожежне водопостачання забезпечується облаштуванням в будівлі пожежних стояків з пожежними кранами. При цьому водонапірну башту влаштовують висотою, достатньою для самопливної подачі води для гасіння пожежі від внутрішніх пожежних кранів (у початковій стадії пожежі). Бак водонапірної башти під час пожежі після пуску пожежного насоса вимикається за допомогою автоматичного пристосування, тому що напір, що створюється пожежним насосом, перевищує висоту водонапірної бака.

Протипожежний водопровід високого тиску, об'єднаний з виробничим водопроводом, влаштовують в рідкісних випадках, коли при пожежі доводиться подавати під високим тиском всю кількість води, що необхідна для виробничих потреб.

Протипожежний водопровід низького тиску, об'єднаний з господарсько-питним водопроводом, розраховують таким чином, що під час пожежі збільшується тільки кількість води, що подається, напір же в мережі підтримується не нижче 10 м. При водопроводах низького тиску вимикати водонапірну башту або контррезервуар під час пожежі не вимагається. Такі водопроводи широко поширені в містах і селищах, де інших мереж, крім господарських, не буває. Відбір води для гасіння пожеж з таких водопроводів роблять за допомогою привізних пожежних насосів (автонасосів, мотопомп).

Протипожежний водопровід низького тиску, об'єднаний з виробничим водопроводом, влаштовують на виробництвах, де пожежна витрата у порівнянні з виробничою невелика і не впливає на напір виробничого водопроводу. Однак, якщо для пожежних потреб необхідний пуск додаткового насоса, можливе пониження напору в мережі, що не завжди допускається вимогами технології. При розглянутій схемі водопроводу відбір води на

зовнішнє пожежогасіння проводиться від мережі об'єданого виробничо-протипожежного водопроводу низького тиску, а внутрішнє пожежогасіння - від внутрішніх господарсько-виробничих водопроводів. Така схема раціональна, тому що внутрішня мережа в цьому випадку подає воду як на господарсько-питні потреби, так і на потреби внутрішнього пожежогасіння.

Протипожежний водопровід об'єднують іноді одночасно з господарсько-питним і виробничим водопроводами. У цьому випадку водопровідна мережа виходить єдиною, і водопроводи можуть бути високого і низького тиску.

Наведені схеми протипожежних водопроводів застосовують у різноманітних комбінаціях. Вибір тієї чи іншої схеми залежить від характеру виробництва, займаної ним території, характеристики пожежної вогненебезпечності виробництва, дебіту джерел водопостачання та техніко-економічних показників, а також місцевих умов розглянутого об'єкту.

При великих виробничих витратах води більш раціональною у ряді випадків виявляється схема протипожежного водопроводу високого тиску, об'єданого з господарсько-питним водопроводом.

Якщо для об'єкту допустимо застосовувати пожежний водопровід низького тиску, то він може бути об'єднаний з виробничим за умови достатнього охоплення водопровідною мережею будівель і споруд на території об'єкта.

На вибір схеми водопроводу впливають характеристики внутрішнього протипожежного водопроводу, спринклерно-дренчерного обладнання, а також стаціонарних установок пожежогасіння. Крім того, при виборі протипожежного водопроводу необхідно враховувати, чи є на об'єкті або поблизу нього пожежна команда.

Водопроводи низького тиску можна споруджувати лише за наявності на об'єкті або в безпосередній близькості від нього пожежних команд з пересувними пожежними насосами. Водопроводи високого тиску доцільно влаштовувати при відсутності пожежної команди або при нестачі пересувних пожежних насосів для подачі на гасіння пожежі повної розрахункової кількості води (наприклад, на віддалених від населених пунктів об'єктах). При виборі схеми водопостачання необхідно враховувати техніко-економічні показники варіанту технічного рішення, що включають капітальні вкладення і витрати експлуатації системи водопостачання.

Водопроводи протипожежного призначення не проектується у виробничих будівлях I та II ступенів вогнестійкості з виробничими категоріями за пожежною безпекою Г і Д незалежно від їх об'єму і у будівлях III ступеня вогнестійкості тієї ж пожежної безпеки, але за умови, що їх об'єм не перевищує 1000 м³. В нормативних документах [7] визначені умови, за яких влаштування водопроводів протипожежного призначення у будівлях є обов'язковим.

Контрольні питання

1. Дайте характеристику водоспоживання у населеному пункті протягом року, місяця, доби.
2. Що таке режим водоспоживання і від чого він залежить?
3. Яку роль відіграє коефіцієнт добової нерівномірності водоспоживання у визначенні витрат води населенням протягом року або сезону? Як його визначити?
4. Які фактори враховують коефіцієнти годинної нерівномірності?
5. Назвіть особливості влаштування систем гарячого водопостачання.
6. Назвіть особливості влаштування системи протипожежного водопостачання та їх основні задачі.
7. В чому полягають особливості систем протипожежного водопостачання високого тиску?
8. В чому полягають особливості систем протипожежного водопостачання низького тиску?

7. ПОБУДОВА СУМАРНОГО ГРАФІКУ ВОДОСПОЖИВАННЯ ТА ВИЗНАЧЕННЯ РОЗРАХУНКОВИХ ВИТРАТ ВОДИ ВОДОПРОВОДУ, ЯКИЙ ПРОЕКТУЄТЬСЯ

Відомо, що процес водоспоживання населеного пункту має цикли: річний, сезонний, тижневий, добовий. Найхарактерніший – добовий цикл. Нескладно графічно зобразити режим водоспоживання населеного пункту протягом доби. Для цього на осі ординат фіксують витрати води, на осі абсцис – час. Такий графік можна одержати, наприклад, на реєструючому приладі водоміра на водогоні, по якому вода надходить у населений пункт. Це і є дійсний графік водоспоживання – безперервний випадковий процес (рис. 7.1). Для зручності інженерних розрахунків витрату води протягом години умовно вважають сталою і після спрощення цього графіка одержують ступінчастий графік водоспоживання як модель дійсного графіка водоспоживання.

Графік водоспоживання – це сума (суперпозиція) окремих графіків водоспоживання кожного мешканця населеного пункту. Очевидно, чим більше мешканців у населеному пункті, тим рівномірніше водоспоживання протягом доби, і, навпаки, чим їх менше, тим більша нерівномірність водоспоживання. Пояснюється це тим, що кожний мешканець споживав воду в своєму режимі: чим більше мешканців, тим і менше одночасність споживання води. І навпаки, чим менше жителів, тим більша одночасність споживання води та більша нерівномірність водоспоживання й тим виразніші «піки» на графіку. Як правило, є два піки водоспоживання у населеному пункті – вранці і ввечері. Якщо годинні витрати води брати у процентах від добової витрати, то чітко видно залежність величини цих піків від кількості мешканців у населеному пункті. Таким чином, для різних за величиною населених місць можна одержати різні за формою добові графіки водоспоживання, які називають типовими, або розрахунковими. Для характеристики цих графіків використовують коефіцієнти годинної нерівномірності.

Для доби максимального водоспоживання максимальний коефіцієнт годинної нерівномірності водоспоживання становить:

$$K_{\max}^{20d} = \frac{Q_{\max}^{20d}}{Q_{\text{mid}}^{20d}}, \quad (7.1)$$

де Q_{\max}^{20d} , Q_{mid}^{20d} – відповідно максимальна та середня годинні витрати води.

Теоретично $K_{\max}^{20d} = \alpha_{\max} \cdot \beta_{\max}$, і згідно з цим значенням коефіцієнта обирають належний типовий графік водоспоживання на господарсько - питні потреби у сельбищній зоні. Очевидно, чим менше населений пункт, тим більша нерівномірність водоспоживання й тим більше K_{\max}^{20d} , і, навпаки, із збільшенням числа жителів у населеному місці зменшується нерівномірність водоспоживання та $K_{\max}^{20d} \rightarrow 1$.

Типові графіки водоспоживання - не офіційний документ, а результат наукових досліджень, результат узагальнення. А звідси вся умовність, точність і правомірність використання цих графіків для конкретних населених місць. Усе це розуміють спеціалісти в галузі водопостачання. Тому професор М.М. Абрамов наполягав [3] на тому, що уявлення про дійсний режим водоспоживання для майбутньої системи водопостачання можна зробити лише за результатами аналізу фактичного режиму водоспоживання на діючій системі водопостачання у населеному місці, де умови життя населення подібні. Отже, необхідно обережно використовувати типові графіки водоспоживання. Не слід значно піднімати точність подальших розрахунків тому, що точність вихідних величин завідомо значно нижча. Розглянемо стандартний графік водоспоживання (рис. 7.1).

Протягом доби вода споживається нерівномірно: вдень витрати більше, ніж уночі. Коливання споживання води за годинами залежить від кількості населення. Чим менше населений пункт, тим значніше ця нерівномірність. Споживання води також змінюється протягом години. Однак при розрахунках дозволяється приймати споживання води протягом години постійним.

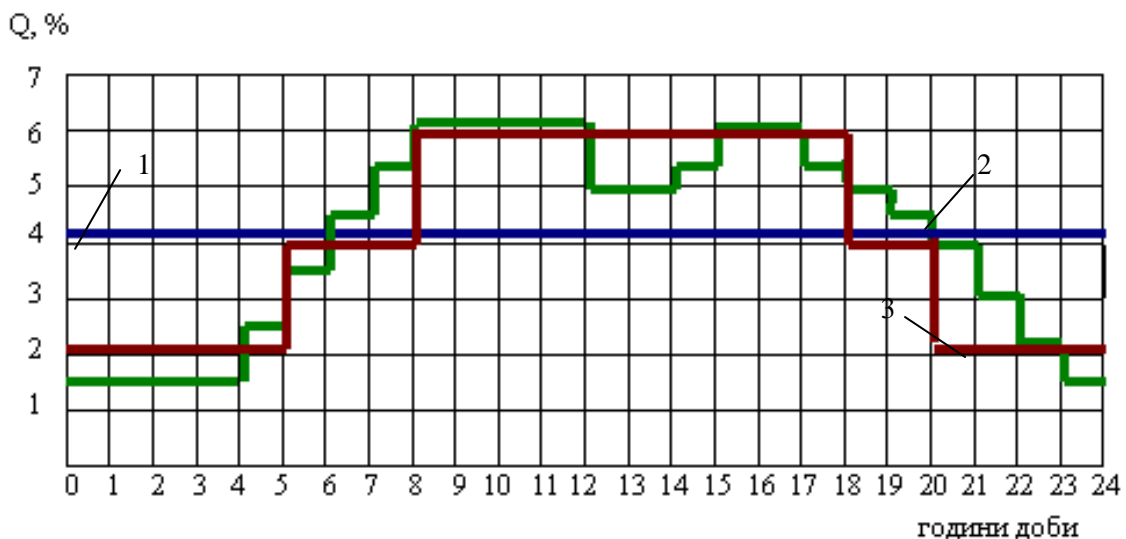


Рис. 7.1 - Графік водоспоживання:

1 – режим роботи НС-I; 2 – режим водоспоживання; 3 – режим роботи НС-II.

Відношення витрат води у годину максимального водоспоживання $Q_{\text{год.макс.}}$ до середніх витрат води за годину $Q_{\text{год.сер.}}$ являється коефіцієнтом

максимальної годинної нерівномірності водоспоживання (див. формулу 7.1).

Аналіз режиму водоспоживання населених пунктів різного типу дозволяє побудувати графіки характерних коливань витрат води протягом доби (рис. 7.1). Годинні витрати води визначені у відсотках від добових витрат. Відношення найбільшої ординати до середньої (4,17%) дає коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності $K_{\text{год.макс}}$. Погодинні графіки водоспоживання за добу можливо дати у вигляді таблиці. У табл. 7.1 показано витрати води в окремі години доби (у відсотках від добових витрат) при наступних значеннях коефіцієнта максимальної годинної нерівномірності:

$K_{\text{год.макс}} = 1,25$ – для великих населених пунктів,

$K_{\text{год.макс}} = 1,35$ – для середніх населених пунктів,

$K_{\text{год.макс}} = 1,5$ – невеликих населених пунктів.

Таблиця 7.1 - Витрати води в окремі часи доби

Години доби	Розподіл витрат за годинами доби, %				
	$K_{\text{год}} = 1,25$	$K_{\text{год}} = 1,35$	$K_{\text{год}} = 1,50$	$K_{\text{год}} = 1,70$	$K_{\text{год}} = 2,0$
0-1	3,35	3,00	1,50	1,00	0,75
1-2	3,25	3,20	1,50	1,00	0,75
2-3	3,30	2,50	1,50	1,00	1,00
3-4	3,20	2,60	1,50	1,00	1,00
4-5	3,25	3,50	2,50	2,00	3,00
5-6	3,40	4,10	3,50	3,00	5,50
6-7	3,85	4,50	4,50	5,00	5,50
7-8	4,45	4,90	5,50	6,50	5,50
8-9	5,20	4,90	6,25	6,50	3,50
9-10	5,05	5,60	6,25	5,50	3,50
10-11	4,85	4,90	6,25	4,50	6,00
11-12	4,60	4,70	6,25	5,50	8,50
12-13	4,60	4,40	5,00	7,00	8,50
13-14	4,55	4,10	5,00	7,00	6,00
14-15	4,75	4,10	5,50	5,50	5,00
15-16	4,70	4,40	6,00	4,50	5,00
16-17	4,65	4,30	6,00	5,00	3,50
17-18	4,35	4,10	5,50	6,50	3,50
18-19	4,40	4,50	5,00	6,50	6,00
19-20	4,30	4,50	4,50	5,00	6,00
20-21	4,30	4,50	4,00	4,50	6,00
21-22	4,20	4,80	3,00	3,00	3,00
22-23	3,75	4,60	2,00	2,00	2,00
23-0	3,70	3,30	1,50	1,00	1,00
Всього	100 %	100 %	100 %	100 %	100 %

Таблиця 7.2 - Водоспоживання міста і режим роботи водопровідних споруд

Години доби	Водоспоживання за годинами		Режим роботи насосів, %		Подача до резервуару,	Забір із резервуару,	Залишок у резервуарі		Приток до башти, %	Витрата з башти, %	Залишок у башті	
	%	м ³	НС-1	НС-2	%	%	%	м ³			%	м ³
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
0-1	1,50	30	4,17	2	2,17	-	9,19	183,8	0,5	-	1,5	30
1-2	1,50	30	4,17	2	2,17	-	11,36	227,2	0,5	-	2,0	40
2-3	1,50	30	4,17	2	2,17	-	13,53	270,6	0,5	-	2,5	50
3-4	1,50	30	4,17	2	2,17	-	15,7	314,0	0,5	-	3,0	60
4-5	2,50	50	4,17	2	2,17	-	17,87	357,4	-	0,5	2,5	50
5-6	3,50	70	4,17	4	0,17	-	18,04	360,8	0,5	-	3,0	60
6-7	4,50	90	4,17	4	0,17	-	18,21	364,2	-	0,5	2,5	50
7-8	5,50	110	4,17	4	0,17	-	18,38	367,6	-	1,5	1,0	20
8-9	6,25	125	4,17	6	-	1,83	16,55	331,0	-	0,25	0,75	15
9-10	6,25	125	4,17	6	-	1,83	14,72	294,4	-	0,25	0,5	10
10-11	6,25	125	4,17	6	-	1,83	12,89	257,8	-	0,25	0,25	5
11-12	6,25	125	4,17	6	-	1,83	11,06	221,2	-	0,25	0	0
12-13	5,00	100	4,17	6	-	1,83	9,23	184,6	1	-	1	20
13-14	5,00	100	4,17	6	-	1,83	7,4	148,0	1	-	2	40
14-15	5,50	110	4,17	6	-	1,83	5,57	111,4	0,5	-	2,5	50
15-16	6,00	120	4,17	6	-	1,83	3,74	74,8	-	-	2,5	50
16-17	6,00	120	4,17	6	-	1,83	1,91	38,2	-	-	2,5	50
17-18	5,50	110	4,17	6	-	1,83	0	0	0,5	-	3,0	60
18-19	5,00	100	4,17	4	0,17	-	0,17	3,4	-	1	2,0	40
19-20	4,50	90	4,17	4	0,17	-	0,34	6,8	-	0,5	1,5	30
20-21	4,00	80	4,17	4	0,17	-	0,51	10,2	-	-	1,5	30
21-22	3,00	60	4,17	2	2,17	-	2,68	53,6	-	1	0,5	10
22-23	2,00	40	4,17	2	2,17	-	4,85	97,0	-	-	0,5	10
23-0	1,50	30	4,17	2	2,17	-	7,02	140,4	0,5	-	1,0	20

Використання графіка водоспоживання дозволяє визначити найбільш економічний режим роботи насосних станцій, розрахувати об'єм запасних, регулюючих та напірних ємностей (резервуарів чистої води, водонапірних башт).

У якості прикладу візьмемо невеликий населений пункт із водоспоживанням $2000 \text{ м}^3/\text{доб}$. при $K_{\text{год.макс}} = 1,5$.

Розрахункові дані представимо у вигляді табл. 7.2, де у графі 1 вказані години доби, графа 2 – водоспоживання у відсотках за годинами доби. До графі 3 заносять розрахункові дані годинних витрат води, наприклад, максимальні годинні витрати з 8 до 9 години дорівнюють:

$$Q = \frac{2000 \cdot 6,25}{100} = 125 \text{ м}^3.$$

У графі 4 вказана подача води (у відсотках) НС-I, яка працює в рівномірному режимі, тому що подає воду до очисних споруд, які працюють рівномірно. Таким чином, подача води за одну годину складає $100/24 = 4,17\%$ добового водоспоживання.

У графі 5 наведена подача води НС-II (у відсотках), режим роботи якої планується з максимальним приближенням до режиму водоспоживання (рис. 7.1). У НС-II розміщено три групи робочих насосів з постачанням 2% на годину. Перша група працює цілодобово і забезпечує подачу $24 \cdot 2 = 48\%$ всієї кількості води, друга з 5 до 21 години – $16 \cdot 2 = 32\%$, і третя з 8 по 18 годину – $10 \cdot 2 = 20\%$ (у сумі 100%). Таким чином, при включенні другої групи насосів подача складає 4% на годину, а при вмиканні третьої групи насосів – 6%.

Графи 6 та 7 заповнюються з урахуванням режимів роботи НС-I та НС-II (графи 4, 5), нерівномірність роботи яких компенсується влаштуванням запасного резервуара. Величина регулюючого запасу води у резервуарі, який складає $367,6 \text{ м}^3$ (18,38% від $Q_{\text{доб}}$), визначений за допомогою граф 8 та 9.

Графи 10 та 11 складені з урахуванням режиму роботи НС-II та водоспоживання (графи 2 та 6). Ємність регулюючого об'єму бака водонапірної башти дорівнює 60 м^3 (3% від $Q_{\text{доб}}$). Слід зазначити, що резервуар та водонапірна башта зберігають недоторканий запас води на пожежогасіння.

Графік водоспоживання від міського водопроводу на виробничі потреби залежить від способу її витрачання, тривалості роботи підприємства протягом доби, особливостей технологічного процесу. Багато підприємств мають власні регулюючі ємності, тому для них постачання від міського водопроводу може бути рівномірним.

Таким чином, при проектуванні водопроводу графік сумарного водоспоживання на господарчо-питні, виробничі, протипожежні та інші потреби надає можливість визначитися зі складом споруд, необхідних для забезпечення надійної подачі води всім водоспоживачам в необхідній кількості та з необхідним тиском [11].

Контрольні питання

1. Дайте визначення графіка водоспоживання. Назвіть особливості складання такого графіку за добу, місяць і рік.

2. Яким чином визначають коефіцієнт максимальної годинної нерівномірності водоспоживання?

3. Складіть таблицю у формі табл. 7.2 для таких вихідних даних: $Q_{\text{доб}} = 18000 \text{ м}^3/\text{добу}$, $K_{\text{год.макс}} = 1,35$ і дайте пояснення до неї.

4. Складіть таблицю у формі табл. 7.2 для таких вихідних даних: $Q_{\text{доб}} = 10000 \text{ м}^3/\text{добу}$, $K_{\text{год.макс}} = 1,5$ і дайте пояснення до неї.

ЗМ 1.2. Водопровідна мережа, її обладнання та розрахунок

8. РЕЖИМ РОБОТИ ВОДОПРОВІДНИХ СПОРУД

8.1. Режим водоспоживання населеного місця

Режим водоспоживання – це процес витрачання води споживачами, що розглядається у розрізі часу. Для промислових підприємств режим водоспоживання на технологічні потреби встановлюється технологами основного виробництва залежно від виду технологічного процесу. Для сельбищної зони встановити заздалегідь абсолютно точне значення витрати води для будь-якого моменту часу неможливо. Не існує на сьогодні строгої аналітичної формули, яка б давала можливість обчислити точне значення витрати води як функцію часу, ступеня сантехнічного благоустрою, поверховості забудови, місцевих факторів, зв'язаних із життям і трудовою діяльністю мешканців, та інших факторів. Їх стільки багато, що витрати води у населеному місці можна оцінювати тільки статистичними методами. Ось чому водоспоживання населеного місця треба розглядати як випадковий процес. Тобто у математичному відношенні витрати води – це випадкова величина, яка має свій закон розподілу. Якщо скористатись математичною статистикою та теорією випадкових процесів, можна зробити математичне представлення режиму водоспоживання на основі статистичних даних. Але таке представлення досить складне і не використовується в інженерних розрахунках. Можливе використання такого представлення для прогнозування водоспоживання на достатньо короткі строки. Для інженерних розрахунків використовують так звані типові графіки водоспоживання [3, 5, 9].

Водопровідна мережа працює у режимі водоспоживання. Як уже зазначалось, це випадковий процес. Подавати воду насосною станцією другого підйому точно за випадковим графіком водоспоживання, маючи детермінований набір відцентрових насосів, практично неможливо. Це можливо лише тоді, коли відцентрові насоси мають регульований електричний привід. Але такі насоси ще не набули на сьогодні широкого застосування у системах водопостачання. Отже, фактично немає можливості подати воду у водопровідну мережу точно за графіком водоспоживання. А звідси між режимом водоподачі НС другого підйому і режимом водоспоживання є невідповідність, тобто ці режими не збігаються. Через те, що НС другого підйому через напірні водогони зв'язана з водопровідною мережею, потрібно досягти відповідності цих режимів. Інакше цей комплекс працювати не буде. І ось для того, щоб компенсувати невідповідність режимів водоподачі й водоспоживання, на стику цих споруд вводять гідравлічний акумулятор (компенсатор). Таким гідравлічним акумулятором є водонапірна башта, яка протягом деякого часу нагромаджує воду, а іншим часом віддає її споживачам через водопровідну мережу.

Працює водонапірна башта так. Перший випадок – подача води насосною станцією другого підйому більша, ніж водоспоживання. Створюється лишок води $Q_{ВБ} = Q_{НС-2} - Q_{м}$, який надходить у бак водонапірної башти. У другому випадку подача води насосною станцією другого підйому менша, ніж водоспоживання у

водопровідній мережі. Створюється нестача води, яка компенсується запасом води з водонапірної башти. Тому у водопровідну мережу надходить уже потрібна кількість води Q_m . По суті, водонапірна башта – це гідравлічний акумулятор, гідравлічний автомат, який працює без втручання людини.

Оскільки 1 м^3 води, накопиченої у водонапірній башті, відповідають більші капіталовкладення, ніж 1 м^3 води, накопиченої у резервуарах чистої води, то економічно вигідно прийняти такий режим водоподачі насосної станції другого підйому, щоб об'єм бака водонапірної башти був якомога меншим. Найменше значення цього об'єму дорівнює нулю в тому випадку, коли режими водоподачі і водоспоживання повністю збігаються. Оскільки практично неможливо реалізувати такий режим водоподачі НС другого підйому, бажано наблизити цей режим до режиму водоспоживання. Ось чому режим роботи НС другого підйому приймають ступінчастим. Як правило, приймають два або три ступеня. Якщо взяти більше ступенів, то насосною станцією вже важко буде керувати в експлуатації.

Напірні водогони працюють у режимі водоподачі НС другого підйому. Діаметри труб цих водогонів приймають за витратою води більшого ступеня. При роботі НС другого підйому на меншому ступені напірні водогони працюють не на повну потужність, тобто вони недовантажені в окремі години доби. І якщо довжина напірних водогонів значна (десятки кілометрів), то може здатись, що економічно вигідніше прийняти рівномірну подачу води НС другого підйому. При цьому збільшиться об'єм бака водонапірної башти і капітальні вкладення в її будівництво, але зменшиться діаметр труб напірних водогонів, тому що вони будуть розраховані на пропуск середньогодинної витрати води. Ось чому рівномірну водоподачу приймають у групових водопроводах, де довжина напірних водогонів сягає сотень, а інколи й тисяч кілометрів.

Очисні споруди працюють рівномірно протягом доби. Причин для цього дві. По - перше, всі хімічні й технологічні процеси очищення води йдуть краще тоді, коли вода проходить через очисні споруди рівномірно. По - друге, економічно вигідно розрахунок очисних споруд виконувати на середньогодинні витрати води. У цьому разі розміри споруд будуть мінімально можливі й капітальні вкладення у будівництво цих споруд будуть також мінімальні.

Водозабірні споруди і насосна станція першого підйому працюють у рівномірному режимі. Викликано це тим, що НС першого підйому забезпечує подачу води на очисні споруди, які працюють рівномірно протягом доби. Через те, що режими роботи очисних споруд і НС другого підйому відрізняються, потрібно зістикувати ці режими. Роблять це за допомогою другого гідравлічного акумулятора у системі водопостачання - резервуарів чистої води (РЧВ). Останні компенсують невідповідність режимів роботи очисних споруд (НС першого підйому) і НС другого підйому. Виконуються вони аналогічно водонапірній башті. Тобто в окремі години нагромаджують лишок води, а в інші видають недостаючу кількість води на насоси НС другого підйому.

Таким чином, система водопостачання – це комплекс взаємно зв'язаних (водою) і взаємно діючих споруд: зміна режиму водоспоживання викликає зміни у роботі всього ланцюга споруд водопровідного комплексу.

Контрольні питання

1. Якими факторами визначається режим водоспоживання населеного пункту?
2. Дайте характеристику режиму роботи насосної станції 2-го підйому відповідно до режиму водопостачання у населеному пункті.
3. Яку роль відіграють водонапірні башти у регулюванні роботи насосної станції та водопровідної мережі міста?
4. Дайте коротку характеристику роботи очисних споруд та насосної станції 1-го підйому протягом доби.

9. ЗОННІ СИСТЕМИ ВОДОПОСТАЧАННЯ

Зонування системи водопостачання зменшує витрати електроенергії на подавання води, але збільшує будівельну вартість системи. Використання зонування доцільне тільки у тому разі, коли економія експлуатаційних затрат (в основному на перекачування води) перевищує зростання будівельної вартості зонованої системи водопостачання [3, 9]. Ось чому необхідне економічне порівняння варіантів, тобто:

- насосних станцій 2-го підйому, які відрізняються за типом і кількістю насосів (у зонованій системі дві різні групи насосів);
- магістральних водопровідних мереж та водогонів різної довжини й діаметрів;
- водонапірних башт (кількість їх різна, неоднакові висота та об'єми баків);
- річних експлуатаційних затрат, які відрізняються в першу чергу за рахунок різних затрат електроенергії на подачу води.

9.1. Проектування зонних схем водопостачання

Поділ єдиної системи водопостачання на окремі частини для кожної групи споживачів, що пред'являють різнорідні вимоги до подаваної води (напір, ступінь водопідготовки й т.п.), прийнято називати **зонуванням** системи водопостачання, а самі схеми - **зонними**. Зонування застосовується як у міських, так і в промислових водопроводах. Зонування знижує неприпустимо високі напори, зменшує витрати електроенергії на підйом води, скорочує витрати.

Зонні схеми влаштовують при значній різниці відміток (вертикальні схеми) і великій довжині охопленої водопроводом території (горизонтальні або вертикальні схеми), а також при великій різниці вільних напорів, необхідних окремим споживачам. Розрізняють два основних типи зонних схем: паралельній й послідовній [3].

Однозонна схема водопостачання звичайно виявляється економічно ефективною в малих населених пунктах (з водоспоживанням до 10-12 тис. м³/доб) при перепаді відміток у межах території міста до 60-70 м; у великих містах - при перепаді відміток до 40-45 м. У будинку насосної станції для кожної зони встановлені окремі групи насосів, що відрізняються по продуктивності й напорі.

Кожна зона розраховується як окремий об'єкт водопостачання. При послідовному зонуванні вода в повному обсязі водопотреби об'єкта спочатку подається в нижню зону, частину її (у необхідній кількості) транзитом проходить через нижню зону й далі окремою групою насосів передається у верхню зону.

Розподіл на зони при значній різниці відміток або великій території, що обумовлено найчастіше технічною необхідністю: у найбільш високо розташованій (диктуючій) точці мережі повинен бути забезпечений необхідний вільний напір, а в нижній точці напір не повинен перевищувати 60 м. Зонування може бути здійснено й з метою підвищення економічності системи за рахунок зниження витрат електроенергії насосами на підйом води.

При цьому варто враховувати, що зонування мережі пов'язане зі збільшенням будівельних витрат, тому воно буде доцільно тільки в тому випадку, якщо величина експлуатаційних витрат буде невелика в порівнянні з одним зонним варіантом водопостачання. При зонуванні систем водопостачання завжди знижується сумарна потужність насосних станцій, а, отже, експлуатаційні витрати. У ряді випадків зонування виявляється доцільним винятково з економічних міркувань.

Основними факторами, що впливають на вибір схеми зонування, є:

- форма території міста;
- розташування водо споживачів;
- величина і характер зміни геодезичних відміток місцевості;
- відстань від водного джерела до об'єкта водопостачання.

Якщо питання про доцільність зонування об'єкта вирішено позитивно, то необхідно правильно й економічно-обґрунтовано зробити вибір схеми зонування (послідовне або паралельне) і визначити число зон. Економічно найвигідніше число зон відповідає мінімальним наведеним витратам на будівництво та експлуатацію системи, воно визначається техніко-економічними розрахунками при порівнянні варіантів поділу систем на окремі зони з урахуванням дотримання припустимих тисків у мережі. Гідравлічний розрахунок зонних схем проводиться так само, як і звичайних водопроводів, але з урахуванням їх взаємозв'язку та особливо впливу верхніх зон на нижні зони.

Зонування може бути здійснене по «послідовній» або по «паралельній» схемі. У першому випадку окремі зони з'єднуються послідовно (рис. 9.1), у другому випадку зони включені паралельно (рис.9.2)

При послідовному зонуванні загальна водогінна мережа об'єкта ділиться на дві послідовно з'єднані мережі.

Вода подається головною насосною станцією в кількості $(Q_1 + Q_2)$, що забезпечує потреби обох зон, і під напором H_1 , розрахованим на підйом води до межі між зонами. Тут встановлюється насосна станція НС-3 верхньої зони. Вона бере воду в кількості Q_2 з мережі нижньої зони (безпосередньо або через регулюючу ємність) і подає її під напором H_2 у мережу верхньої зони.

У системах паралельного зонування принципи поділу загальної мережі на мережі верхньої й нижньої зони ті ж самі, але вода подається в мережу кожної зони по окремим водоводам своєю групою насосів, розташованих у загальній головній насосній станції.

Водоводи, що живлять верхню зону, звичайно прокладаються через територію нижньої зони.

Насос нижньої зони подає витрату Q_1 під напором H_1 , необхідним для цієї зони; насос верхньої зони подає витрату Q_2 під значно більшим напором H_2 , тому

що насоси другої зони піднімають воду на значно більшу геометричну висоту.

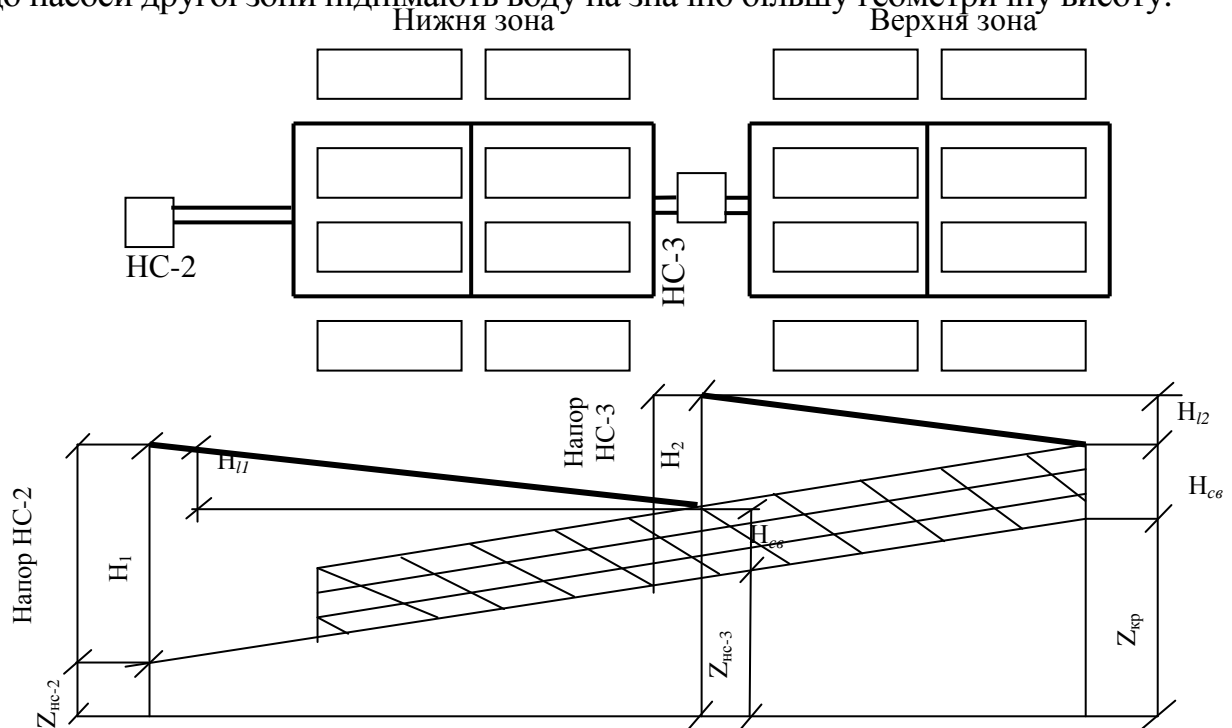


Рис. 9.1 - Схема послідовного зонування водогінної мережі

Таким чином, витрата верхньої зони подається транзитом через мережу нижньої зони.

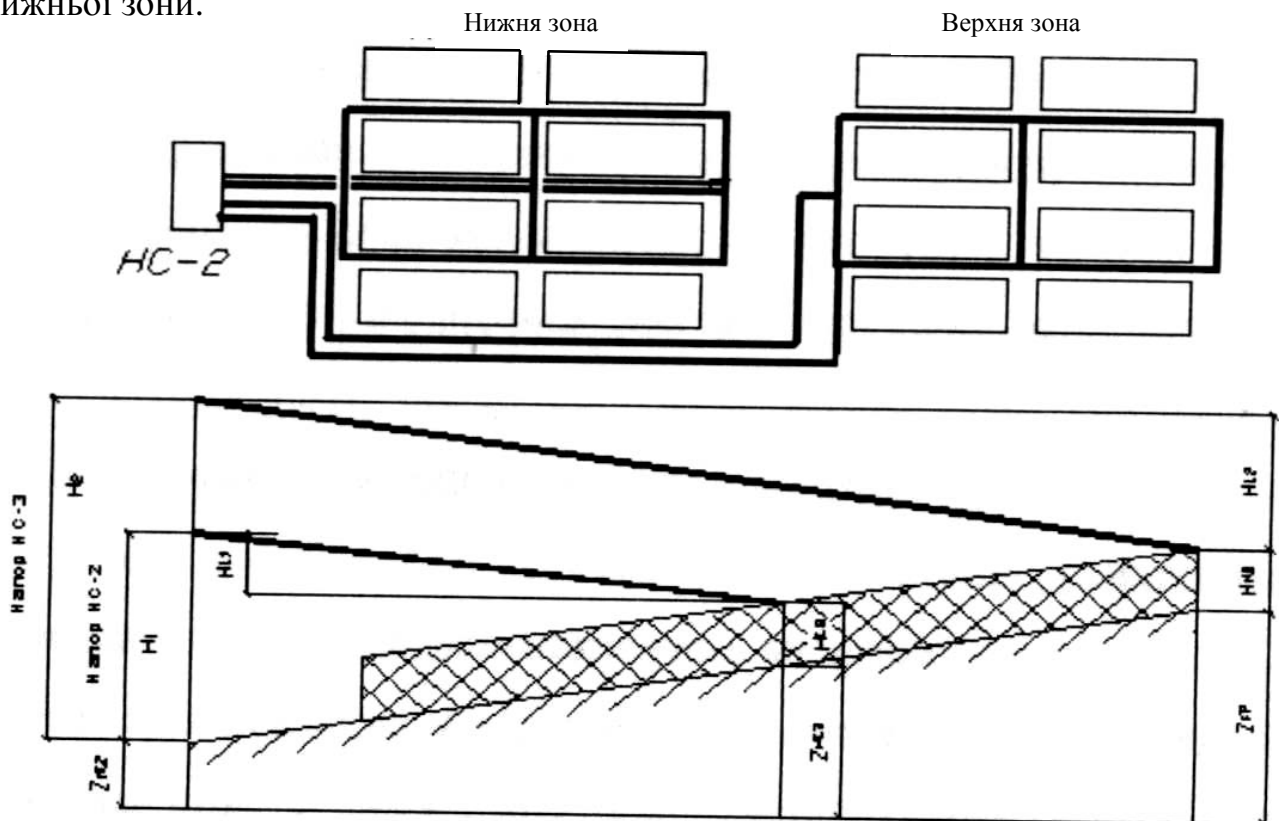


Рис. 9.2 - Схема паралельного зонування водогінної мережі

Як видно з рис. 9.2, при паралельному зонуванні значення максимальних напорів для першої й другої зон (у точках примикання водоводів до територій зон) не повинні перевищувати припустимого напору. Варто мати на увазі, що у

водоводах, як правило, припустимі тиски значно більші, ніж у мережах, до яких приєднуються будинкові відгалуження.

Кожна з розглянутих систем зонування має свої переваги і недоліки.

Недоліком системи послідовного зонування є необхідність влаштування додаткової окремої насосної станції (для кожної зайвої зони), що пов'язане зі збільшенням витрат на будівництво й експлуатацію. Надійність цих систем нижче, ніж систем паралельного зонування, де має місце незалежна подача води в кожну зону.

До недоліків систем паралельного зонування можна віднести збільшення будівельної вартості водоводів (внаслідок збільшення їхньої сумарної довжини).

Взагалі, будівельна вартість зонованої системи для будь-якого об'єкта буде завжди більше, ніж незонованої.

9.2. Економічний ефект зонування

При зонуванні систем водопостачання завжди знижується (у порівнянні з незонованою системою того ж об'єкта) сумарна потужність насосних станцій й, що саме головне, знижується витрата енергії на підйом води, а, отже, зменшуються експлуатаційні витрати.

У силу цього в ряді випадків зонування систем водопостачання виявляється доцільним винятково з економічних міркувань (навіть тоді, коли воно не диктується необхідністю уникати в мережі тиску, що перевищує припустимий).

Зниження загальної витрати енергії на підйом води в результаті зонування можна легко пояснити, якщо врахувати один з основних недоліків усякої централізованої системи водопостачання. Він полягає в тому, що в єдиній (незонованій) системі водопостачання напір, що повинні створювати насоси, визначається по найбільш несприятливо розташованій водорозбірній точці, тобто найбільш віддаленій від джерела живлення. Інші водорозбірні точки вимагають менших напорів.

Загальна кількість енергії, затрачуваної в одиницю часу насосом при подачі витрати Q л/с на загальну висоту підйому H м, може бути виражена добутком

$$E = Q \cdot H . \quad (9.1)$$

Енергія E затрачується на здійснення трьох наступних видів робіт:

1) роботи з підйому необхідних (споживачеві) кількостей води до необхідних відміток

$$E_n = \sum Q_i \cdot H_i . \quad (9.2)$$

Підсумовування поширюється на всі точки відбору води із системи;

2) роботи з подолання гідравлічних опорів у трубах при транспортуванні заданих кількостей води до місць її відбору,

$$E_l = \sum q_i \cdot h_i , \quad (9.3)$$

де: $q_i \cdot h_i$ - розрахункові витрати й втрати напору в ділянках мережі;

3) сумарної роботи при відборах води під надлишковим напором H

$$\Delta E_B = \sum Q_i \cdot \Delta H_i . \quad (9.4)$$

Тут підсумовування поширюється також на всі точки відбору води.

Загальні витрати енергії

$$E = E_{\Pi} + E_I + E_B. \quad (9.5)$$

Показником ефективності використання енергії в централізованих системах водопостачання може служити величина:

$$\varphi = \frac{E_{\Pi} + E_I}{E} = 1 - \frac{E_B}{E}. \quad (9.6)$$

9.3. Деякі особливості проектування та влаштування зонних систем

При проектуванні зонного водопроводу основними питаннями є вибір числа зон і схеми зонування, рішення цих питань залежить від технічних й економічних міркувань. З технічних міркувань визначають число зон, виходячи з необхідності забезпечити в мережі напори, припустимі технічними умовами експлуатації водопроводу. Розрахункова «висота зони», тобто різниця відміток місцевості в межах зони $\Delta Z = Z_{\max} - Z_{\min}$, не повинна перевищувати

$$\Delta Z_{\text{кр}} = H_{\max} - H_{\text{св}} - h_{1\max}. \quad (9.7)$$

Як було відзначено раніше, робочий тиск H_{\max} , що може бути допущений у водогінній мережі, у міських водопроводах не повинен перевищувати 60 м.

Якщо різниця $\Delta Z_{\text{кр}}$, обчислена за наведеною формулою, буде перевищувати найбільшу різницю геодезичних відміток у межах території, що обслуговується, то очевидно що система повинна бути розбита на зони.

Якщо зонування влаштовується з економічних міркувань (тобто з метою скорочення вартості енергії на підйом води), то, мабуть, економічно найвигідніше число зон буде відповідати мінімальній величині наведених витрат на будівництво та експлуатацію системи.

Через велике число й розмаїтість факторів, що впливають на висоту зони, економічно найвигідніше значення її може коливатися в широких межах. Для малих міст (з незначною витратою води), залежно від вартості енергії це значення досягає 60-100 м і більше, тобто перевершує значення, гранично припустиме з технічних міркувань. У більших містах економічно найвигідніша висота зони до 25-40 м. Тобто для об'єктів з малою витратою вибір числа зон диктується переважно технічними міркуваннями (дотримання припустимих тисків); з економічних міркувань зонування може бути доцільним для об'єктів з відносно більшим водоспоживанням.

Контрольні питання

1. Що таке зонування системи водопостачання? Поясніть доцільність влаштування зонних систем водопостачання.
2. Назвіть фактори, які впливають на вибір схеми зонування.
3. Наведіть схему паралельного зонування водогінної мережі, дайте пояснення до неї.
4. Наведіть схему послідовного зонування водогінної мережі, дайте пояснення до неї.
5. В чому полягає економічність впровадження зонних систем водопостачання?
6. Наведіть особливості проектування та влаштування зонних систем водопостачання.

10. ВОДОПРОВІДНА МЕРЕЖА, ЇЇ ТРАСУВАННЯ

10.1. Принципи трасування мереж

Трасування – це надання мережі на плані певної конфігурації, яка залежить від планування об'єкта та його форми, вимог надійності, наявності природних і штучних перешкод, рельєфу місцевості тощо; місця введення водогонів у мережу [9, 12].

У водопровідних мережах середніх та великих міст, зазвичай, розрізняють магістральну мережу (діаметри більше від 300 мм) і розподільну (діаметри 100...300 мм). Для малих міст та сіл такого розподілу немає, оскільки там діаметри не перевищують 300...350 мм.

Водоводи являють собою напірні (або безнапірні) трубопроводи, призначені для транспортування води між окремими спорудами, наприклад, від насосної станції II підйому до водогінної мережі.

Водоводи повинні відповідати наступним основним вимогам:

- мати достатню пропускну здатність для подачі необхідної кількості води під необхідним напором;
- витрати на будівництво й експлуатацію водоводів повинні бути мінімальними;
- забезпечувати надійність і безперебійність роботи.

Кількість ліній водоводів варто приймати з урахуванням категорії системи водопостачання та черговості будівництва.

Трасування водогінної мережі визначається наступними умовами:

- продуктивністю водопроводу;
- конфігурацією населеного пункту;
- рельєфом місцевості;
- наявністю природних перешкод (ріки, озера, яри, і т.д.);
- наявністю інших комунікацій (газопроводи, ЛЕП, каналізаційні колектори, залізниця);
- розташуванням на плані міста великих споживачів води;

При трасуванні потрібно врахувати наступне:

- магістралі повинні розташовуватися уздовж основного напрямку руху води в місті;
- до кожного споживача вода повинна подаватися найкоротшим шляхом;
- мережа повинна як можна повніше охоплювати зону поселення;
- необхідно враховувати перспективу розвитку населеного пункту;
- варто перетинати мінімальне число природних перешкод;
- траси трубопроводів бажано прокладати поблизу автодоріг і проїздів, паралельно лініям забудови, поза асфальтовими й бетонними покриттями; при доцільності з використанням існуючих мостових або інших переходів;
- перетинання проїздів та інших комунікацій повинне здійснюватися під прямим кутом;
- водоводи повинні подавати воду найкоротшим шляхом до основних споживачів (наприклад, до підприємств, до водонапірної башти);
- для забезпечення надійності водопостачання число ліній водоводів повинне бути не менше двох, які з'єднуються перемичками;

- водоводи повинні забезпечувати мінімальну геометричну висоту подачі води насосами, а також мінімальні витрати електроенергії;
- траси трубопроводів повинні бути легко доступні для експлуатації та проведення ремонтних робіт.

Водоводи прокладають паралельно поверхні землі нижче глибини промерзання. У найвищій точці (за геодезичною відміткою) водовода встановлюється вантуз, а в нижній - випуски для спорожнювання трубопроводів.

Для сприйняття температурних деформацій на водоводах влаштовуються компенсатори.

Для забезпечення потоку води в одному напрямку на водоводах (найчастіше на насосній станції) встановлюють зворотні клапани. Для попередження гідравлічних ударів водоводи обладнуються апаратурою, що не допускає підвищення тиску понад розрахунковий.

10.2. Вимоги до розташування мережі

Водогінні мережі прокладаються паралельно лінії забудови й (по можливості) поза бетонними й асфальтовими покриттями. Трубопроводи між собою й проїздами повинні перетинатися під прямим кутом.

Відстань від трубопроводу приймається наступна (не менше):

- до осі залізничної колії - 4 м (але не менше глибини траншеї);
- до осі трамвайних шляхів - 2,75 м;
- до бордюрного каменю автодороги - 2 м;
- до кабелів зв'язку - 1,5 м;
- до газопроводу – 1,2 м;
- до електрокабеля напругою до 35 кВт - 1 м;
- до опор зовнішнього освітлення, зв'язку, контактної мережі транспорту - 1,5 м;
- до огорожень територій - 1,5 м;
- до лінії повітряних опор ліній електропередачі $V \leq 35$ кВт - 2 м, $V > 35$ кВт - 3 м;
- до фундаментів будинків і споруд > 5 м (при відповідному обґрунтуванні допускається 3 м, але з обов'язковим укладанням у футлярах);
- до стовбурів дерев - 2 м.

Відстань між мережами по горизонталі у світлі:

- до дренажних ліній і водостоків - 1,5 м;
- до газопроводів: $P < 0,3$ МПа - 1 м; $0,3$ МПа $< P < 0,6$ МПа - 1,5 м; $P > 0,6$ МПа - 2 м;
- до силових кабелів - 0,5 м;
- до кабелів зв'язку - 0,5 м;
- до теплотрас - 1,5 м;
- до каналізаційних мереж при діаметрі водопровідних труб:
 - до 200 мм - 1,5 м;
 - понад 200 мм - 3 м.

Водопровідні труби в місцях перетинання треба, як правило, прокладати вище каналізаційних, а відстань між стінками труб по вертикалі повинна бути не менш 0,4 м.

При прокладці водопровідних труб нижче каналізаційних, вони повинні бути сталевими та розміщатися в сталевому футлярі.

Сполучення водоводів питної й технічної води не допускається.

При виборі конфігурації мережі необхідно враховувати наступні вимоги:

1. Мережа повинна забезпечувати подачу води до всіх споживачів.
2. Обрана конфігурація мережі повинна гарантувати мінімальні витрати на її будівництво й експлуатацію.
3. Мережа повинна відповідати заданій категорії надійності подачі води.

Можливі три варіанти конфігурації мереж:

- а) прості (нерезервовані) тупикові мережі (рис. 10.1);
- б) подвійні (дубльовані) тупикові мережі;
- в) кільцеві мережі (рис. 10.2).

Проста тупикова мережа має найменшу вартість. Однак, вона має низьку надійність, тому що до кожної точки водоразбор веде тільки один шлях.

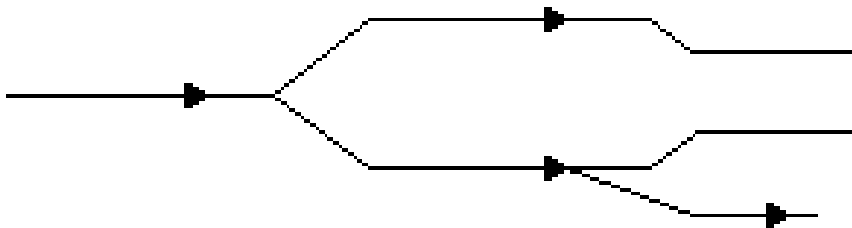


Рис. 10.1 - Схема тупикової мережі

Тим часом, для забезпечення надійності необхідно не менш двох шляхів руху води. Резервування шляхом дублювання забезпечує високу надійність, але вимагає високих витрат. Тому дублювання в тупикових мережах застосовують рідко.

Найбільш раціональною представляється кільцева водогінна мережа, що забезпечує подачу води не менш ніж із двох сторін до будь-якого вузла мережі. Таким чином, кільцювання мережі вже забезпечує резервування шляхів подачі води. При кільцюванні вузлів їх можна обійти ланцюжком ділянок, які замкнуті у кільце; таким чином, для забезпечення структурного резервування досить об'єднати вузли одним кільцем. Багатокільцеві схеми незначно підвищують надійність мережі, однак вимагають збільшення капітальних вкладень [5].

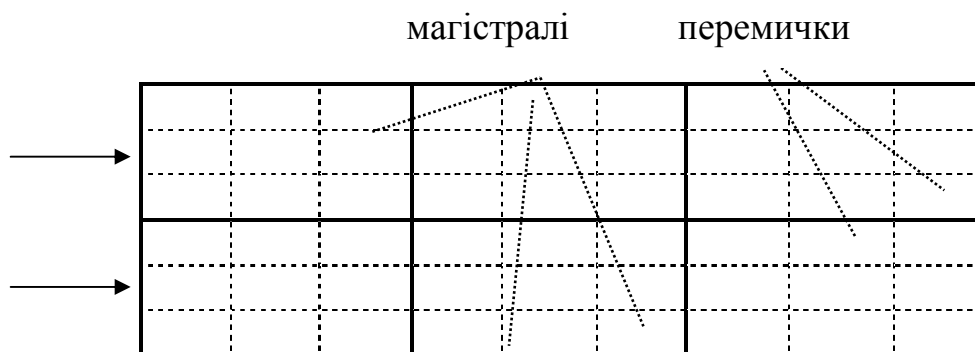


Рис. 10.2 - Схема конфігурації кільцевої мережі

Основне навантаження з розподілу води по площі об'єкта несуть магістралі, а перемички відіграють значну роль у випадку аварій. До

магістралей і перемичок примикають розподільні (другорядні) лінії, які безпосередньо здійснюють віддачу води у внутрішні водопроводи будинків. Таким чином, структура кільцевої мережі має високий ступінь резервування шляхів подачі води, а отже й високу надійність.

Ділянки мережі мають різну значимість. Найбільш простим критерієм значимості може вважатися відносна (нормалізована) витрата води:

$$q_{in} = \frac{q_i}{Q}, \quad (10.1)$$

де: q_i - розрахункова витрата води через дану ділянку;

Q - загальна витрата води, що подається в мережу.

Більш об'єктивним є критерій енергетичної значимості, що враховує швидкість руху води

$$q_{is} = \frac{q_i \cdot v_i}{Q \cdot v_0^2} = q_{iN} \cdot \left(\frac{v_i}{v_0} \right)^2 \quad (10.2)$$

де v_i - швидкість руху води на ділянці;

v_0 - усереднена швидкість, м/с.

Підвищення надійності можна домогтися збільшенням кількості ділянок мережі, оскільки при цьому зменшується значимість кожного з них.

Підведення води до кільцевої мережі необхідно виконувати в різні вузли мережі, по можливості, що мають між собою значну відстань.

Також підвищення надійності може досягатися за рахунок:

➤ влаштування наприкінці водовода резервуарів із запасом води на період ліквідації аварії;

➤ прокладки групи паралельних ліній водоводів (основних і резервних, без перемичок), розрахованих на транспортування розрахункової витрати води;

➤ розбивки паралельно прокладених водоводів на частини секційними засувками і резервуванням кожної ділянки шляхом влаштування перемичок між паралельно прокладеними водоводами.

Для маловідповідальних об'єктів (сіл, невеликих селищ, окремих підприємств) застосовується прокладка в одну лінію зі створенням запасу води в об'єкті водоспоживання [5].

Резервуари (рис. 10.3) підрозділяються на:

➤ активні (напірні);

➤ пасивні (безнапірні).

Запас води в резервуарі повинен забезпечувати подачу води на час ліквідації аварії на водоводах в одну нитку.

При прокладці водоводів у кілька ліній без перемичок всі лінії рівномірно беруть участь у подачі води.

Найбільшу надійність забезпечує прокладка водоводів у кілька ліній з перемичками між ними.

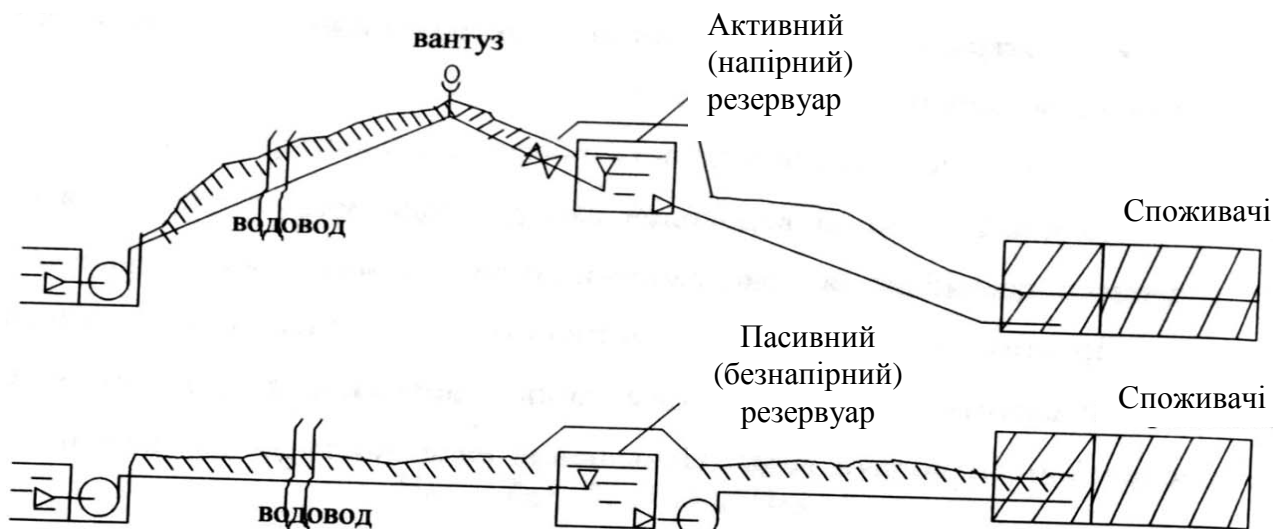


Рис. 10.3 - Схема тимчасового резервування із влаштуванням наприкінці водовода резервуарів.

Звичайно водоводи прокладаються у дві лінії (рис. 10.4) з перемичками, що обмежують ремонтні ділянки [9]. Відстань між перемичками 1-2 км. При відключенні одного водовода або його ділянки загальну подачу води об'єкту на господарсько-питні потреби допускається знижувати не більше ніж на 30% розрахункової витрати, на виробничі потреби - по аварійному графіку.

Відстань між нитками водовода звичайно приймається 30-50 м.

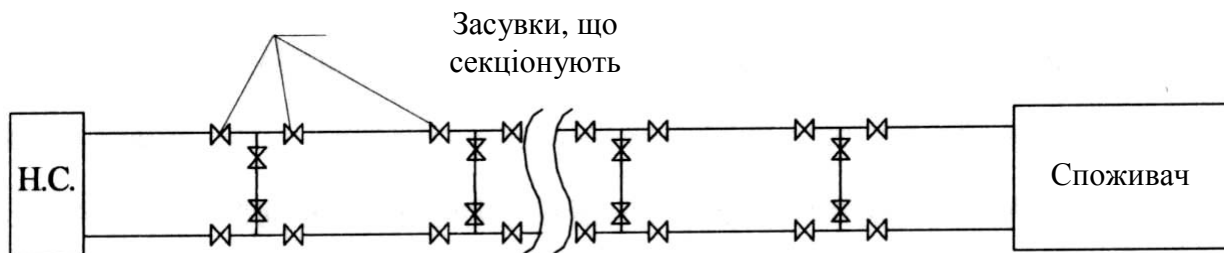


Рис. 10.4 - Схема водоводів з перемичками

Влаштування перемичок дозволяє при аваріях відключати тільки uszkodжені ділянки.

Контрольні питання

1. Дайте визначення трасуванню водопровідних мереж? Наведіть особливості трасування водопровідної мережі.
2. Наведіть основні умови трасування водопровідної мережі.
3. Назвіть основні вимоги до трасування водопровідної мережі.
4. Назвіть основні конфігурації водопровідних мереж та дайте їх коротку характеристику.
5. Яким чином можна досягти підвищення надійності функціонування водопровідної мережі? Які споруди застосовують для цього?

11. ГІДРАВЛІЧНИЙ РОЗРАХУНОК ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Метою гідравлічного розрахунку водопровідних мереж є:

- ✚ визначення економічно обґрунтованих діаметрів труб, які забезпечують пропуск всіх необхідних витрат води, а також подачу води на пожежогасіння,
- ✚ визначення втрат напору у мережі для проектування напірних та запасних споруд.

Гідравлічний розрахунок водопровідних мереж виконують з метою визначення втрат напору в них і діаметрів труб окремих ділянок мережі. Втрати напору необхідно знати для визначення висоти водонапірної башти і потрібного напору насосних станцій. Водопровідна мережа повинна бути розрахована на випадки найбільшого водоспоживання і моменту пожежі, яка співпадає за часом з годинаю максимального водоспоживання [4, 5, 9].

При визначенні діаметрів труб ділянок мережі потрібно знати розрахункові витрати води для цих ділянок, тобто кількість води, яка буде проходити через них в розрахункові періоди роботи системи.

Гідравлічний розрахунок мережі на практиці виконують за спрощеною умовною схемою, при якій водовідбір великих водоспоживачів (промислові і сільськогосподарські підприємства, подача води в ємності, пожежні відбори та ін.) враховують у вигляді зосереджених відборів у відповідних точках мережі (так звані вузлові точки).

Для визначення розрахункових витрат окремих ділянок водопровідної мережі необхідно встановити найбільш близьку до дійсності картину віддачі води мережею в розрахункові моменти її роботи. Якщо число водорозбірних точок невелике і витрата в кожній точці визначена, то в розрахунковій схемі можна врахувати всі ці витрати. Це має місце в невеликих мережах.

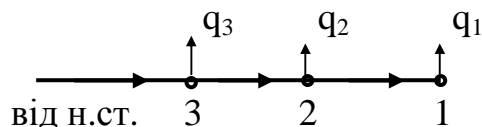


Рис. 11.1 – Схема розбору води з тупикової мережі

Розглянемо ділянку такої мережі. Точку відбору води з лінії будемо називати **вузлом**. Назвемо лінію між двома суміжними вузлами **ділянкою** мережі. Нехай вода поступає в вузол 3 від н.ст. (рис. 11.1) і рухається мережею в напрямку, показаному стрілками. Тоді витрату кожної ділянки можна визначити шляхом простого складання відповідних витрат:

$$q_{1-2} = q_1; \quad q_{2-3} = q_1 + q_2; \quad q_{н.ст.} = q_1 + q_2 + q_3 .$$

Але якщо розглянути ділянку міської мережі, то картина буде дуже складною тому, що до магістральних ліній підключається велика кількість введів будинків і розподільчих мереж. Реальна картина буде виглядати так, як показано на рис. 11.2:

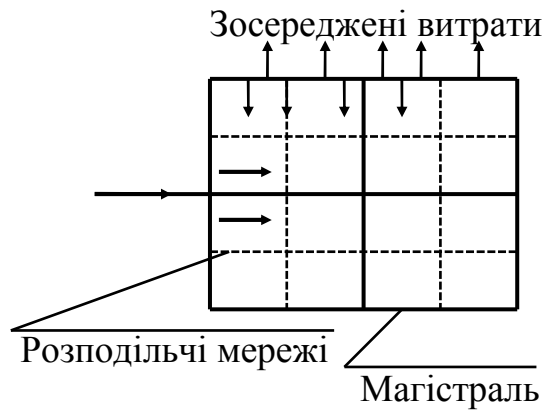


Рис. 11.2 – Схема реального розбору води з мережі

Витрати води, які відбираються з окремих вузлів, називаються **зосередженими витратами**. Тоді, якщо відтворювати реальну схему відбору води з мережі, вона буде мати дуже велику кількість таких витрат і ділянок мережі.

Щоб зменшити трудоемність розрахунків мереж, користуються спрощеною схемою водорозбору з них. Для цього умовно рахують, що вода рівномірно розбирається з кожного метру мережі. Витрата, яка приходить на одиницю довжини, називається **питомою витратою** і визначається за формулою

$$q_{\text{пит.}} = Q_m / \sum l \quad \text{л/(с·м)}, \quad (11.1)$$

де Q_m – загальна витрата води з мережі в розрахунковий момент в л/с;

$\sum l$ – сумарна довжина ліній, які віддають воду, м.

При визначенні питомої витрати окремі великі споживачі повинні враховуватись у вигляді зосереджених відборів. Тоді питома витрата буде визначатися за формулою:

$$Q_{\text{пит.}} = (Q_m - Q_{\text{зос.}}) / \sum l, \quad (11.2)$$

де $Q_{\text{зос.}}$ – сумарна зосереджена витрата міста в л/с.

В містах з різною щільністю населення в окремих районах питома витрати повинні бути обчислені окремо для кожного з них.

Враховуючи, що розраховується тільки магістральна мережа, в $\sum l$ включають тільки довжину магістралей. При цьому в $\sum l$ не слід включати довжину магістралей, які забезпечують тільки транспортування, а не роздачу води (лінії, які проходять по незабудованій території; лінії, які подають воду транзитом). При **односторонньому** відборі води на ділянці магістралі в $\sum l$ включають тільки половину довжини цієї ділянки.

При розрахунку мережі питома витрата визначається в прийнятій розрахунковій годині (година максимального водоспоживання з мережі, в годину максимального водоспоживання при пожежі, в годину максимального транзиту води в башту для мереж з контррезервуарами).

Таким чином реальна картина розбору води з мережі замінюється іншою (рис. 11.3).

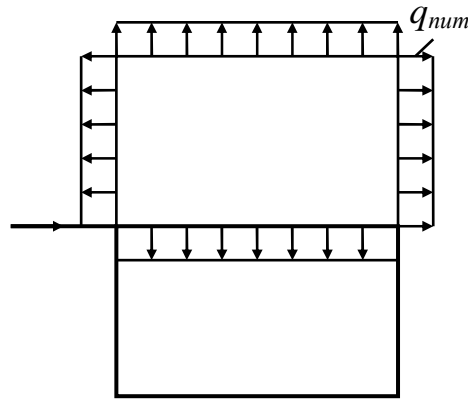


Рис. 11.3 – Розрахункова схема розбору води з мережі

Витрата, яка рівномірно розподіляється по довжині ділянки, називається **шляховою** або **попутною** витратою. **Шляхова** витрата дорівнює

$$Q_{шл} = q_{nut} \cdot l_{діл}, \quad (11.3)$$

де $l_{діл}$ - довжина розглядаємої ділянки.

Очевидно, що, якщо розділити мережу міста на ділянки і для кожної ділянки визначити $Q_{шл}$, то для всієї мережі справедливе рівняння

$$\sum Q_{шл} = Q_m - Q_{зос}, \quad (11.4)$$

де $\sum Q_{шл}$ - сума шляхових витрат всіх ділянок.

Заміна реальної схеми розбору води рівномірним відбором приводить до того, що по ділянках будуть проходити змінні витрати. В початковий вузол ділянки надходить витрата $Q_{шл}$, яка повністю розбирається на цій ділянці (рис. 11.4 а), а якщо через ділянку проходить ще і транзитна витрата, то вона залишається в кінці ділянки (рис. 11.4 б).

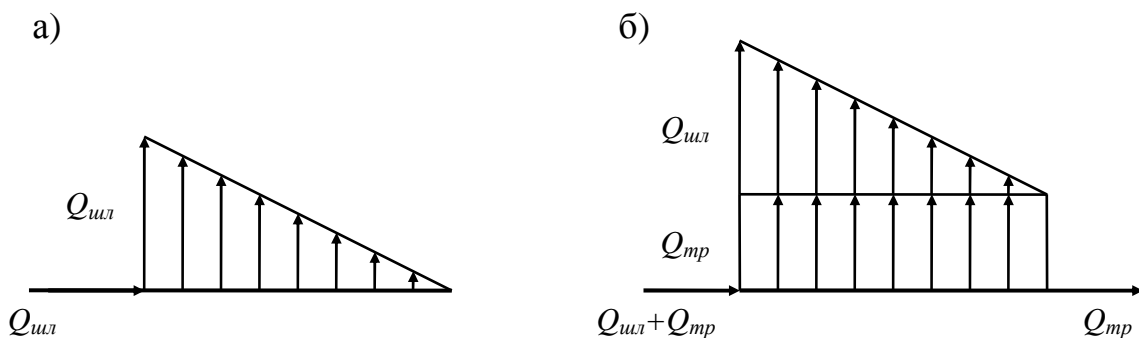


Рис. 11.4 – Розрахункові схеми відбору води з окремих ділянок

Наслідком такої трансформації являється те, що прийдеться визначати втрати напору при змінній витраті. З гідравліки відомо, що при визначенні втрат напору в лінії зі змінною витратою в якості розрахункової витрати приймають еквівалентну витрату, тобто постійну витрату, яка призводить до таких же втрат напору, як і змінна витрата:

$$Q_{екв} = \alpha Q_{шл}, \quad (11.5)$$

де α - коефіцієнт, який враховує роль ділянки в мережі.

Якщо взяти не кінцеву, а проміжну ділянку мережі, тоді розрахункова

витрата на ній буде:

$$Q_{діл} = Q_{тр} + \alpha Q_{шл}, \quad (11.6)$$

де $Q_{тр}$ - витрата, яка проходить по ділянці транзитом для розбору в інших ділянках мережі;

$Q_{шл}$ - шляхова витрата розглядаємої ділянки.

Коефіцієнт еквівалентності α залежить від співвідношення транзитної витрати і шляхової і знаходиться в межах 0,5-0,58. Зі зростанням відношення $Q_{тр}/Q_{шл}$ коефіцієнт α наближається до $\alpha = 0,5$, а зі зменшенням - до $\alpha = 0,58$. Для спрощення розрахунків приймають $\alpha = 0,5$. Тоді розрахункова витрата ділянки буде

$$Q_p = Q_{тр} + 0,5Q_{шл}. \quad (11.7)$$

Проф. М.С. Ясюкович запропонував замінити рівномірно розподілений відбір води з ділянки відборами на її початку і в кінці, тобто, вузловими відборами. Таким чином, всі шляхові витрати ділянок замінюються двома рівними зосередженими витратами на початку і в кінці відповідної ділянки

$$Q_{вузл.} = 0,5Q_{шл}. \quad (11.8)$$

Для тих вузлів, до яких примикають дві і більше ділянок,

$$Q_{вузл.} = 0,5\sum Q_{шл}, \quad (11.9)$$

де $\sum Q_{шл}$ - сума шляхових витрат ділянок, які примикають до вузла.

Така заміна рівномірно розподіленого відбору вузловим не змінює розрахункових витрат на ділянках. Дійсно, транзитна витрата (n-1) ділянки буде:

$$(Q_{тр})_{n-1} = (Q_{тр})_n + (Q_{шл})_n = (Q_{тр})_n + \alpha(Q_{шл})_{n-1} = (Q_{тр})_n + 2(Q_{вузл})_n. \quad (11.10)$$

Таким чином, кінцева розрахункова схема буде такою (рис. 11.5):

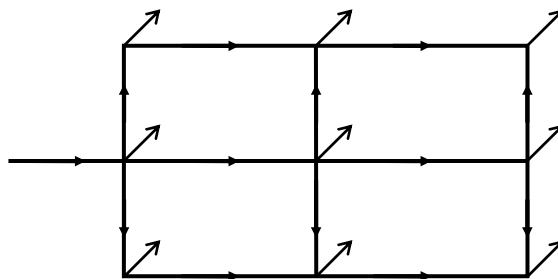


Рис. 11.5 – Розрахункова схема розбору води з кільцевої водопровідної мережі

Така схема дозволяє більш-менш просто визначити витрати ділянок, починаючи з кінцевих точок. При відомих розрахункових витратах окремих ділянок можна визначити діаметри цих ділянок.

З точки зору міцності максимальна швидкість для металевих труб $V_{макс} = 8$ м/с, для неметалевих труб $V_{макс} = 4$ м/с. Але така швидкість небезпечна, бо вірогідність гідравлічного удару дуже зростає. Тому реальні швидкості значно менші і визначаються на основі вимог економії.

Зі зменшенням швидкості збільшується діаметр, а отже і вартість ділянки. З іншої сторони, зі зменшенням швидкості руху води в трубах зменшуються витрати енергії на підйом води, тому що зменшуються втрати напору в трубах.

В мережах зовнішніх водопроводів визначаються тільки втрати напору на тертя в трубах, тому що втрати напору в місцевих опорах відносно малі.

Розрахунок кільцевих мереж суттєво відрізняється від розрахунку тупикових мереж. Складність задачі визначається тим, що в кільцевій мережі можна намітити безліч способів розподілу транзитних потоків.

При розрахунку кільцевих мереж невідомими являються:

- діаметри окремих ділянок D ;
- розрахункові витрати q окремих ділянок;
- втрати напору h в кожній ділянці.

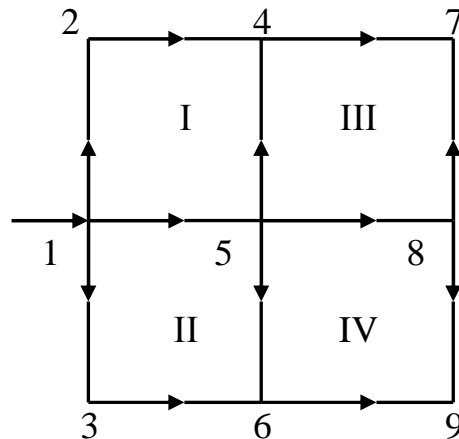


Рис. 11. 6 – Схема руху води в кільцевій мережі

Якщо умовно вважати витрати $q_{\text{вузл}}$, які притікають до вузла, додатними, а витрати, які виходять з вузла, від'ємними, то першу умову можна записати так:

$$\sum q_{\text{вузл}} = 0, \quad (11.11)$$

тобто, алгебраїчна сума витрат для будь-якого вузла мережі дорівнює нулю.

За умовами гідродинамічної рівноваги в кожному замкнутому контурі мережі (кільці) алгебраїчна сума втрат напору дорівнює нулю:

$$\sum h_k = 0, \quad \sum S \cdot q^2 = \sum k \cdot Q_i^\beta l_i / D_i^m = 0. \quad (11.12)$$

При цьому умовно приймемо втрати напору в ділянках, в яких вода рухається за годинниковою стрілкою, за **додатні**, а проти годинникової стрілки – **від'ємні**.

Враховуючи вище сказане рекомендується наступний порядок розрахунку кільцевої мережі:

- а) Накреслити схему мережі і пронумерувати вузли та ділянки.
- б) Визначити питомі витрати окремих районів.
- в) Визначити шляхові витрати на всіх ділянках.
- г) Визначити вузлові витрати.
- д) Намітити стрілками бажаний напрям потоків води в окремих лініях.
- е) Визначити розрахункові витрати води для всіх ділянок, зберігаючи умову:

$$\sum q_{\text{вузл}} = 0,$$

і виходячи з принципу подачі транзитних витрат для живлення віддалених районів найбільш короткими шляхами, а також враховуючи взаємну заміняємість ділянок (діаметри ліній, які попадають в перетин, що перпендикулярний до осі мережі не повинні сильно відрізнятися). Крім того, до вузлів з великими зосередженими витратами вода повинна подаватися не менше, ніж двома шляхами.

ж) На основі попередньо намічених витрат для кожної ділянки визначити їх діаметри, користуючись таблицями граничних витрат.

з) Виконати власне гідравлічний розрахунок («ув'язку») мережі, тобто визначити величини дійсних витрат по лініях мережі при прийнятих діаметрах.

Ув'язка необхідна тому, що попередній розподіл витрат, а отже, і діаметрів проводився без дотримання умови $\sum h_k = 0$. Тому, якщо визначити за наміченими витратами і прийнятими діаметрами втрати напору в усіх ділянках і скласти для кожного кільця рівняння виду $\sum h_k = 0$, то для кожного кільця буде одержана деяка величина, $\Delta h_k \neq 0$ яка називається «нев'язкою». За знаком і величиною невідповідності Δh_k можна судити про те, які ділянки кільця і в якій мірі перевантажені або недовантажені. Для усунення цієї невідповідності треба недовантажені ділянки довантажити, а перевантажені розвантажити. Цей процес корегування розрахункових витрат води в ділянках мережі і називається **гідравлічною ув'язкою мережі**. Процес ув'язки мережі дуже трудомісткий. Тому при ручних розрахунках їх проводять тільки до тих пір, поки невідповідність стане достатньо малою, щоб бути прийнятною для розрахунку напорів насосів, висоти водонапірної башти і т.п. Такою допустимою невідповідністю рахують невідповідність $\Delta h = 0,5$ м для кожного кільця і $\Delta h = 1-1,5$ м для охоплюючого мережу контура.

Розглянемо способи ув'язки кільцевих мереж. Їх існує багато. Вони відрізняються один від одного методом визначення ув'язувальних витрат до попередньо намічених витрат, способом визначення втрат напору і оформленням результатів. Можна відзначити наступні способи ув'язки водопровідних мереж: спосіб інтуїтивних спроб Н.Н. Генієва (1930 р.), метод М.М. Андріяшева (1932 р.), метод В.Г. Лобачова (1936 р.), метод Харді Кроса (1936 р.), метод В.П. Сироткіна (1951 р.) та інші. Розберемо деякі з цих способів [1, 5].

Метод ув'язки кільцевих мереж В.Г. Лобачова

Розглянемо однокільцеву мережу (рис. 11.7).

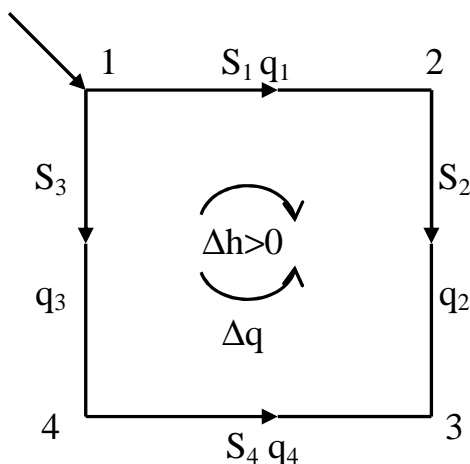


Рис. 11. 7 – Схема однокільцевої мережі

Припустимо, що попередньо намічені витрати q_1, q_2, q_3, q_4 не дають ув'язки кільця, тобто

$$S_1 q_1^2 + S_2 q_2^2 - S_3 q_3^2 - S_4 q_4^2 = \Delta h \neq 0 .$$

Нехай $\Delta h > 0$. Тоді ділянки 1-2 та 2-3 перевантажені, а ділянки 1-4 і 3-4 недовантажені. Щоб ув'язати втрати напору в кільці, необхідно ділянки

1-2 і 2-3 розвантажити, а ділянки 1-4 і 3-4 довантажити. При цьому умова $\sum q = 0$ не повинна порушуватись. Цього можна досягнути, якщо витрати на ділянках 1-2 і 2-3 зменшити на деяку величину, а витрати на ділянках 1-4 і 3-4 збільшити на ту ж величину Δq . Назвемо цю величину *ув'язувальною витратою* або *виправлювальною витратою*. Як видно із схеми, ув'язувальна витрата пропускається по лініям кільця із знаком протилежним знаку нев'язки. Запишемо рівняння нев'язки з виправленими витратами:

$$S_1(q_1 - \Delta q)^2 + S_2(q_2 - \Delta q)^2 - S_3(q_3 + \Delta q)^2 - S_4(q_4 + \Delta q)^2 = 0,$$

$$S_1(q_1^2 - 2q_1\Delta q + \Delta q^2) + S_2(q_2^2 - 2q_2\Delta q + \Delta q^2) - S_3(q_3^2 + 2q_3\Delta q + \Delta q^2) - S_4(q_4^2 + 2q_4\Delta q + \Delta q^2) = 0.$$

Враховуючи, що Δq мала, її квадрат буде ще меншим, тому членами, які мають Δq^2 , знехтуємо. Тоді

$$\Delta q = \frac{S_1 q_1^2 + S_2 q_2^2 - S_3 q_3^2 - S_4 q_4^2}{2(S_1 q_1 + S_2 q_2 + S_3 q_3 + S_4 q_4)} = \frac{Lh}{2\sum(Sq)}. \quad (11.14)$$

Таким чином, для одного кільця ув'язувальна витрата може бути легко знайдена. Після виправлення витрат одержують Δh , як правило, в межах допустимого. Нові витрати будуть

$$q'_1 = q_1 - \Delta q; \quad q'_2 = q_2 - \Delta q; \quad q'_3 = q_3 + \Delta q; \quad q'_4 = q_4 + \Delta q. \quad (11.15)$$

Для практичних розрахунків проф. В.Г. Лобачов рекомендував табличну форму розрахунків. Розрахунок може вестись з використанням питомого опору S_0 або питомих втрат напорі i .

Таблиця 11.1 – Розрахунок кільцевої водопровідної мережі

№ кіл	№ діл	$L_{діл}$ м	Попередній розподіл витрат										I виправлення					
			q л/с	D мм	Δq	q	Sq	$h = Sq^2$	V м/с	K_1	S_0	$S = S_0 K_1 L$	Sq	$h = Sq^2$	Δq	q	Sq	$h = Sq^2$
1	2	3	4	5	12	13	14	15	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15

Продовження табл. 11.1

II виправлення				n виправлення				Поправка на швидкість				
Δq	q	Sq	$h = Sq^2$	Δq	q	Sq	$h = Sq^2$	V	K_1	S	Sq	h
16	17	18	19	19+x	20+x	21+x	22+x	23+x	24+x	25+x	26+x	27+x

Якщо користуватися таблицями Ф.А.Шевельова, то втрати напорі визначаються за формулою:

$$h = il. \quad (11.16)$$

Для визначення ув'язувальної витрати треба мати $\sum Sq$. Враховуючи, що втрати напорі можна ще визначити за формулою:

$$h = Sq^2, \quad (11.17)$$

необхідний добуток для кожної ділянки можна визначити після обчислення

втрат напору h :

$$Sq = h / q. \quad (11.18)$$

Тоді для користування таблицею в ній, починаючи з колонки №8 необхідно ввести наступні колонки:

Таблиця 11.2 – Заміна колонок в таблиці 11.1

Попередній розподіл			Перше виправлення				
i , мм/м	$h=iL$, м	$Sq=h/d$	Δq	q	i	$h=iL$	Sq
8	9	10	11	12	13	14	15

Таким чином при розрахунках кільцевих мереж користуються такими законами:

1. Сума витрат води, що надходить до даного вузла, дорівнює сумі вузлового відбору з нього і витрат, які витікають з вузла. Це означає, що алгебраїчна сума витрат, що надходять у вузол (береться зі знаком плюс), і витрат, що витікають з вузла (беруться зі знаком мінус), повинна дорівнювати нулю.

2. В кожному замкненому колі мережі, утвореному лініями мережі, сума втрат напорів на ділянках, де вода рухається за годинниковою стрілкою, дорівнює сумі втрат напорів на ділянках, де рух води напрямлений проти годинникової стрілки, тобто алгебраїчна сума втрат напорів в кільці дорівнює нулю. Існує багато методів розрахунку кільцевих мереж. Виконання таких розрахунків - трудомістка задача, і при значній кількості кілець її розв'язують за допомогою ЕОМ і аналогових пристроїв.

Контрольні питання

1. В чому полягає гідравлічний розрахунок водопровідної мережі?
2. Дайте визначення зосередженої, питомої, шляхової та розрахункової витрат.
3. Наведіть послідовність гідравлічного розрахунку кільцевої водопровідної мережі.
4. Дайте визначення ув'язки мережі та наведіть методи її визначення.

12. ОБЛАДНАННЯ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Водопровідна мережа являється зазвичай найбільш вартісною та вельми відповідальною підсистемою системи водопостачання об'єкту. Занадто складний, у значній мірі випадковий процес її фактичного функціонування. Основна вимога, що пред'являється до водопровідних мереж, - безперебійна подача води до точок її відбору за умови забезпечення необхідних кількостей води, що подається, та необхідних напорів [1, 5].

Лінії водопровідних мереж монтують з труб, тобто елементів, що виготовляються заводським способом. На місці будівництва здійснюється тільки з'єднання труб та їх укладка.

У відповідності з умовами роботи водопровідних ліній у процесі експлуатації до них пред'являються наступні вимоги:

- а) міцність, тобто високий опір усім можливим (заданим) внутрішнім та зовнішнім навантаженням;

б) герметичність;

в) гладкість внутрішньої поверхні їх стінок, що забезпечує найменші втрати напору на тертя при русі води;

г) довговічність, тобто тривалий строк служби, обумовлений в основному достатньо високим опором матеріалу труб (або їх покриття) зовнішнім і внутрішнім агресивним діям води, що транспортується, ґрунтів, ґрунтових вод і т.п.

Крім того, труби, як і всі елементи збірної будівництва, повинні забезпечувати можливість їх легкого, простого, швидкого та надійного з'єднання (монтажа стиків). Нарешті, водопровідні лінії, як і будь-які інженерні споруди, повинні задовольняти вимогам найбільшої економічності.

Напірні водоводи повинні бути розраховані на опір силам тиску води на внутрішню поверхню їх стінок. Розрахунковий робочий тиск визначається у результаті розрахунку мереж і водоводів та може коливатися для різних мереж в широких межах. У відповідності з умовами укладки труб вони повинні також мати відповідну міцність для опору тиску ґрунта, прогинам від влісної ваги (при нещільних ґрунтах), навантаженням від транспорту і т.д.

Герметичність як самих труб, так і стикових з'єднань являється найважливішою умовою успішної та економічної роботи водопроводу. Недотримання герметичності ліній викликає постійні невиробничі витрати води та підвищення вартості експлуатації системи. Витоки води з мережі можуть привести до промиву ґрунта і викликати серйозні аварії.

В системах водопостачання різноманітних об'єктів і в різних місцевих умовах всі основні параметри, які необхідно враховувати при виборі труб (кількість води, що подається, внутрішній робочий тиск, характер ґрунтів і т.і.), змінюються у вельми широких межах.

В сучасній практиці будівництва водоводів та зовнішніх водопровідних мереж широко застосовуються чавунні, сталеві, азбестоцементні та залізобетонні труби та труби, виконані з синтетичних матеріалів (пластмасові).

12.1. Водопровідні труби

Водоводи й водогінні мережі повинні мати мінімальну кількість штучних споруд і повинні бути доступними для ремонту й прості в експлуатації.

Сталеві труби.

Сталеві труби застосовуються:

- 1) при техніко-економічному обґрунтуванні;
- 2) для переходу під залізничними й шосейними дорогами (під ділянками, де є динамічні навантаження);
- 3) при робочому тиску більше 1,2 МПа (більше 12 м. вод. ст.);
- 4) у місцях перетинання водопроводу з мережами каналізації;
- 5) при переході через яри, водні перешкоди;
- 6) при прокладці трубопроводів по естакадах, стінам будинків, у тунелях;
- 7) при прокладці трубопроводів у важкодоступних місцях;
- 8) у карстових районах.

Сталеві трубопроводи прокладаються, як правило, по територіях очисних споруд, промислових майданчиків (особливо з інтенсивним наземним

транспорт), а також усередині будинків і приміщень.

Сталеві труби мають високу міцність, порівняно невелику масу, здатність витримувати зовнішні динамічні навантаження і вібрації.

До основного недоліку сталевих труб варто віднести їхню сильну корозію.

З'єднання сталевих труб. З'єднання окремих відрізків сталевих труб можна провадити на різьбі за допомогою фітінгів, на фланцах або зварюванням.

Найбільш прийнятний для домашніх умов спосіб збірки трубопроводів – на фітінгах. Фітінги – це деталі з ковкого чавуну або сталі, що з'єднують ланки труб на прямих ділянках трубопроводу, в місцях його поворотів, розгалужень, при переході з одного діаметра на інший і т.д. Фітінги можуть бути виконані у вигляді муфт, куточків, трійників і хрестовин з внутрішньою різьбою.

Перед тим, як розпочати збирання трубопроводу, необхідно скласти його план-схему із зазначенням усіх з'єднань, переходів, вигинів і т.і. Далі труби нарізають відрізками заданої довжини, виконують нарізку різьби, при необхідності труби згинають (під потрібним кутом та на потрібний радіус) і приступають до збирання.

Найзручніше починати прокладку комунікацій від приладу-споживача (газова колонка, водопровідний кран і т.д.). На першу трубу накручують муфту до упору (заклинування її на збіженні різьби труби), у вільний кінець муфти вкручують другу трубу (також до упору) і таким чином, по ланцюжку, збирають трубопровід до місця приєднання до магістральної лінії.

При необхідності повернути лінію трубопроводу на 90° замість прямої муфти використовують кутувик; якщо потрібно зробити розгалуження, то застосовують трійник (добавляється одна гілка) або хрестовину (примикає дві гілки).

Накручувати муфти на труби або вкручувати труби у муфти слід без ривків, плавно, слідкуючи, щоб не було перекосів, інакше можна зірвати різьбу. Ще в процесі нарізання різьби слід врахувати, що довжина різьби на трубах повинна бути декілька коротшою половини довжини муфти (на 2-3 нитки); тоді з'єднання труба-фітінг получится більш герметичним, так як різьби труб будуть втоплені у муфті.

Щоб зробити різьбові з'єднання трубопроводу непроникними для води і газу, при їх збірці використовують різні ущільнювачі: пасма пеньки, льону, термостійку стрічку ФУМ, азбестовий шнур. Послідовність виконання різьбового з'єднання з використанням ущільнювача така: спочатку різьбу очищають від забруднення, потім на нитці різьби накручують пасма ущільнювача за напрямом різьби (або обмотують різьбу стрічкою ФУМ, також за напрямом різьби; при цьому, якщо ущільнюють труби діаметром 15-20 мм, то стрічку намотують в три шари, якщо діаметр труб 25-32 мм - в чотири), крайні дві-три нитки повинні бути вільними від ущільнювача - так легше «піймати» різьбу. Для більшої герметичності пасма ущільнювача можна просочити суриком або білилами, змішаними на натуральній олифі, але тоді слід врахувати, що розбирання такого з'єднання буде важким.

Для з'єднання безрізбових сталевих труб застосовують метод збірки трубопроводів на фланцах. Фланець представляє собою плоске кільце з

рівномірно розташованими за його окружністю отворами для болтів і шпильок. Порядок збирання трубопроводу на фланцях наступний:

- до кінців труб приварюють фланці;
- труби з'єднують, поєднавши отвори для болтів на фланцях обох труб;
- в отвори вставляють болти і навинчують на них гайки. Щоб при затягуванні гайок не було перекосу, гайки слід затягувати не в порядку розташування болтів по окружності, а перехресним методом – одну проти іншої.

Для утворення герметичного водо- і газонепроникного з'єднання між фланцями поміщають ущільнюючі прокладки: з тряпичного картону товщиною 3 мм (їх змочують водою, просушують і пропитують гарячою олифою протягом 25-30 хвилин); з азбестового картону товщиною 3-6 мм (для їх виготовлення використовують тільки щільний і гнучкий картон – при згибі його навколо циліндру діаметром 100 мм під кутом 90° він не повинен ламатися; ці прокладки змащують графітом, замішаним на натуральній олифі), з пароніту. Прокладки встановлюють по одній штуці на кожне поєднання (рис. 12.1).

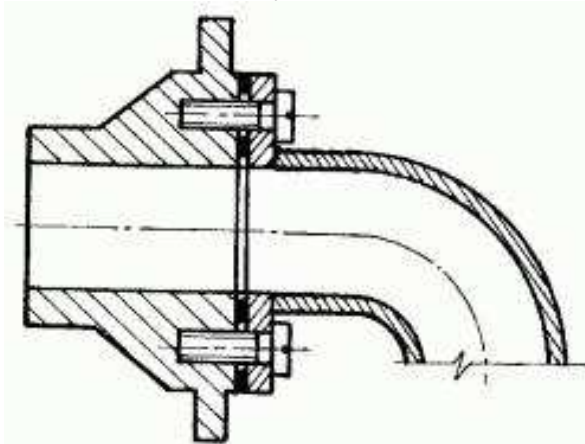


Рис.12.1 – Поєднання сталевих труб на фланцях

Трубопроводи, зібрані на різьбі або за допомогою фланців, відносяться до розряду розбірних, тобто при необхідності можна провести демонтаж трубопроводу без пошкодження окремих його частин, чого неможна сказати про трубопроводи, зібрані зварним методом.

Чавунні труби широко застосовуються в практиці будівництва водогінних мереж. Їх перевага - довговічність і відносно низька вартість.

До недоліків можна віднести :

1. більшу металоємність (в 1,5 - 2 рази більше, ніж сталеві);
2. порівняно невеликий допустимий внутрішній тиск;
3. крихкість при динамічних навантаженнях.

Труби чавунні напірні виготовляються із сірого чавуну з розтрубними з'єднаннями або зі стиковими з'єднаннями під гумові ущільнювальні манжети.

З'єднання чавунних труб здійснюють шляхом їх здавлювання та чеканкою стиків азбестоцементом, цементом, сірчаними сплавами або свинцем. Розтрубний стик складається з водонепроникного ущільнення з азбоцементу і просмоленого канату та замка, який утримується ущільнюючим матеріалом в розтрубі (рис. 12.2).

Для формування стика рівний кінець однієї труби вставляють в розтруб іншої так, щоб між торцем рівного кінця та дном розтруба утворився зазор 3-6 мм, який призначений для осового переміщення труб при температурних розширеннях. Цей зазор ущільнюють резиновим кільцем або конопатують, двічі обводячи трубу добре скрученим смоляним канатом (пеньковою пряддю). Таким чином ущільнюють від 1/2 до 2/3 довжини розтруба.

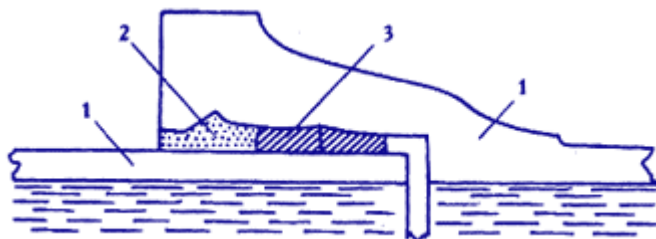


Рис. 12.2 – З'єднання водопровідних чавунних труб:
1 - чавунні труби; 2 - азбоцемент; 3 - смоляний канат.

Пенькове пасмо, яке застосовують для чеканки трубних розтрубів, повинне бути просмолене та очищене від забруднень. До введення в розтрубну щілину пенькове пасмо зкручують у джгут такого діаметру, щоб він щільно входив у щілину розтруба. Якщо для чеканки застосовують смоляний канат, то його розплітають на окремі стренги, які потім зкручують у джгут потрібної товщини. При конопатці окремими джгутами на один шар необхідно, щоб кінці джгутів не перекривали один одного, а розташовувалися врозбіжку і не утворювали місцевих потовщень. Введені в розтрубну щілину джгути ущільнюють сильними ударами молотка по конопатці. Достатність ущільнення кожного шару джгута в розтрубній щілині визначається за характерним відскоком металеві конопатки при ударі по ній молотком. Кільцевий простір, що залишився в розтрубі, чеканять азбестоцементом, цементом, свинцем або заливають сплавом сірки. Для поєднання труб на поворотах і відгалуженнях водопровідної мережі застосовують спеціальні чавунні фасонні частини – відводи, трійники, хрестовини, перехідники і т.п. (рис. 12.3)



Рис. 12.3 – Чавунні фасонні частини

На сучасному етапі чавунні труби випускаються багатьма виробництвами у різних країнах, в тому числі у країнах СНД. Труби з високоміцного чавуну з шаровидним графітом (ВЧШГ) виробляються з внутрішнім або з зовнішнім

покриттями. Матеріали для покриття змінюються в залежності від умов експлуатації труб (табл. 12.1).

Таблиця 12.1 – Матеріали покриття чавунних труб

Тип покриття	Матеріал покриття	Обмеження за умовами експлуатації
Зовнішнє	металевий цинк з обробленим шаром	Всі види покриття можна використовувати в усіх типах ґрунта. Вибір відповідного покриття залежить в основному від питомого опору ґрунта (R_H ґрунта), наявності ґрунтових вод на рівні труби, присутності блукаючих токів, наявності корозійних елементів, обумовлених зовнішніми металевими конструкціями, можливості забруднення ґрунта стічними водами або відходами.
	краска з великим вмістом цинкового пілу з обробленим шаром	
	більш товсте покриття металевого цинку з обробленим шаром	
	поліуретан	
	поліетилен	
	фіброцементний розчин	
	клейкі стрічки	
	бітумна фарба	
	епоксидна смола	
Внутрішнє	розчин портландцементу (з добавками або без добавок)	Всі види покриття можуть бути застосовані для транспортування всіх типів питної і необробленої води. Для цементної футеровки без ізоляційного шару межі використання залежать від типу цементу, що застосовується для футеровки, і характеристик води (мінімальне значення рН, максимальний вміст агресивного CO_2 , сульфатів, магnezії і аммонію). Межі застосування інших типів футеровочних покриттів вказують у документах виробника.
	розчин глиноземистого цементу	
	розчин шлакопортландцементу	
	розчин цементу з ізолюючим шаром	
	поліуретан	
	поліетилен	
	бітумна фарба	
епоксидна смола		

Чавунні труби типу «VRS» випускаються відповідно DIN EN 545 довжиною 5,8 і 6,0 м (рис. 12.4). Поєднання стику - фіксоване розтрубно-стопірне, під двошаровим ущільнюючим резиновим кільцем. Призначені для водопроводів з робочим тиском до 1,6 МПа.

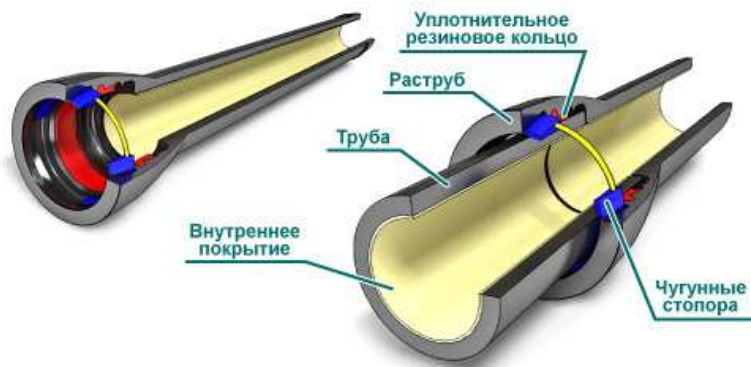


Рис. 12.4 - Поєднання чавунних труб «VRS».

З'єднання «Tyton» (рис. 12.5) повинно відповідати DIN 28603 і призначається для трубопроводу з робочим тиском 3,0-6,4 МПа, та представляє собою розтрубне поєднання під двошарове ущільнююче кільце.

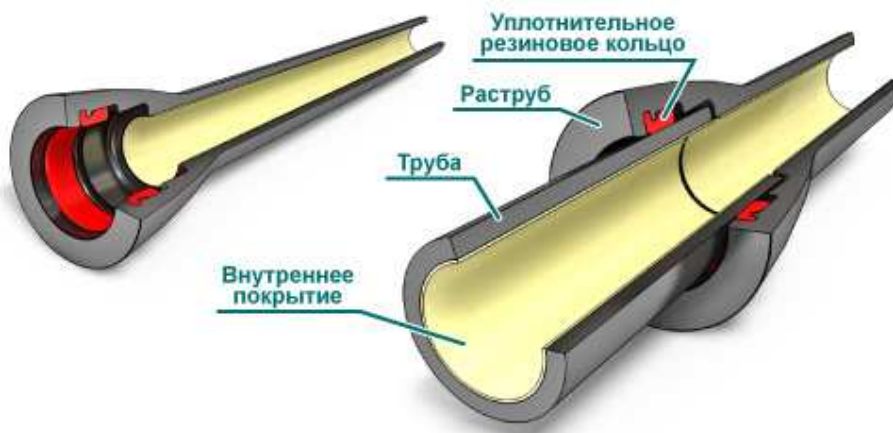


Рис. 12.5 – Поєднання чавунних труб «Tyton»

Труби напірні залізобетонні (рис. 12.6). Переваги залізобетонних труб:

1. довговічність;
2. гладкість стінок;
3. мала металоємність.

Недолік - більша маса.



Рис. 12.6 – Труби залізобетонні напірні

Залізобетонні труби поставляються у комплекті з резиновими ущільнюючими кільцями ТУ (38-105.1092-77 і ТУ 38-Т05. 1222-81).

Придатність труби для роботи на проектному тиску визначають за заводським маркуванням і характеристикою труби, що нанесені незмиваємою фарбою на поверхню труби.

При отриманні партії труб від заводу-виробника необхідно здійснювати їх вибірково огляд з метою виявлення можливих дефектів.

Якщо в процесі огляду виникнуть сумніви у відношенні міцності труб, а також у випадку руйнування труб або втрати герметичності першої ділянки трубопроводу при попередньому його випробуванні, рекомендується піддавати данну партію труб вибірково випробуванню на стенді на величину випробувального тиску.

По закінченні огляду отриманої партії труб та резинових ущільнюючих кілець, перевірки їх розмірів, а також попереднього випробування труб на стенді, на всі дефектні труби і резинові ущільнюючі кільця повинні бути своєчасно оформлені акти і пред'явлена рекламація заводу-виробнику в установленому порядку.

Азбестоцементні труби виготовляють на заводах із суміші 75-80% портландцементу і 20-25% азбестового волокна (по ГОСТ 539-65) діаметром від 50 до 500 мм. По узгодженню заводи можуть виготовляти труби і більших діаметрів (600-1000 мм).

В залежності від робочого тиску для напірних трубопроводів застосовують азбестоцементні труби наступних марок: ВТ-3, ВТ-6, ВТ-9 і ВТ-12 (відповідно на робочий тиск 3, 6, 9 і 12 кгс/см²).

Переваги:

- 1) гладка поверхня стінок;
- 2) невелика маса;
- 3) мала теплопровідність стінок;
- 4) висока корозійна стійкість;
- 5) відносно низька вартість.

Недоліки:

1) крихкість, тобто мала опірність вібрації, зрушенню й іншим механічним впливам;

2) ВОЗ рекомендувала не використати азбест у місцях, де можливе зіткнення з людиною, тому що це сприяє виникненню шкірних захворюванням і захворюванням верхніх дихальних шляхів. Щодо труб - дослідження не проводилися.

При робочому тиску до 3 кгс/см² азбестоцементні труби з'єднують за допомогою азбестоцементних муфт і резинових кілець (рис. 12.7, а). Муфту встановлюють за допомогою спеціального домкрату. При робочому тиску 6 кгс/см² і більше азбестоцементні труби рекомендується з'єднувати за допомогою муфт Жибо (рис. 12.7, б). Герметичність стику забезпечується резиновими кільцями, які зажимаються між фланцями та чавунною втулкою при стягуванні болтів. Недолік цього стику заключається в наявності сталевих болтів, які піддаються швидкій корозії та руйнуванню в ґрунті.

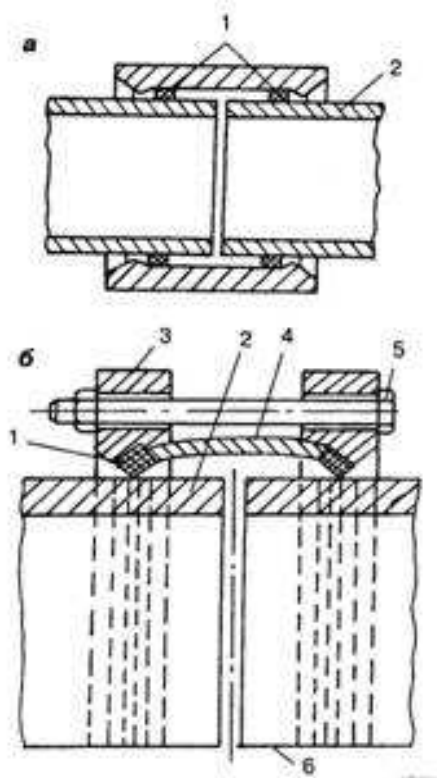


Рис. 12.7 – З'єднання азбестоцементних труб:
 а - на азбестоцементній муфті; б - на чавунній муфті
 Жибо; 1 - резинові кільця;
 2 - азбестоцементна труба;
 3 - фланець чавунної муфти;
 4 - втулка чавунної муфти;
 5 - болти муфти; 6 - вісь труби.

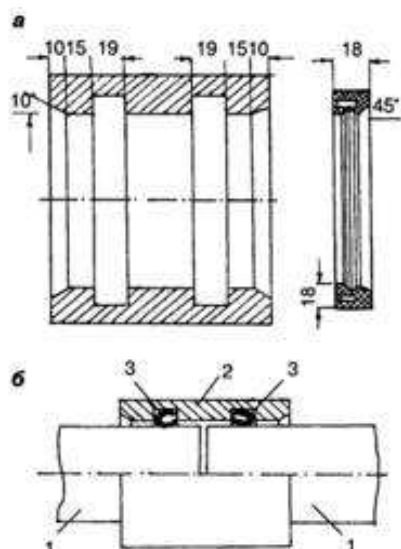


Рис. 12.8 - Нове стикове з'єднання азбестоцементних труб: а - муфта; б - резинова манжета МРС; в - стикове з'єднання; 1 - труба; 2 - муфта; 3 - резинова манжета.

В останні роки створено нове стикове з'єднання азбестоцементних труб, конструкція якого показана на рис. 12.8. Монтаж стика здійснюється наступним чином. Спочатку муфта з встановленими в ній манжетами насувається на кінець вкладеної труби; потім знову труба, що вкладається, вводиться у вільний кінець муфти. При застосуванні мастила монтаж може здійснюватися вручну. Герметичність стика досягається завдяки обтисненню манжет при монтажі труб і додатковому ущільненню їх у муфті гідродинамічним тиском всередині труби.

Пластмасові труби.

Пластмасові труби виконуються з [13]:

- 1) поліетилену;
- 2) поліпропілену (ПП);
- 3) полівінілхлориду (ПВХ);
- 4) вініласту;
- 5) фаоліту;
- 6) фторопласту;
- 7) склопластику.

Труби з'єднуються за допомогою зварювання або на фланцях (за допомогою буртів).

Поліетиленові труби нестійкі до гасу, нафти, сірковуглецю, 100% хлору.

Перевага поліетиленових труб:

- 1) дуже гарні гідравлічні характеристики;
- 2) легкість;
- 3) простота монтажу;
- 4) рівномірність стиків і стінок.

Недоліки:

- 1) великий коефіцієнт температурного розширення;
- 2) малий припустимий внутрішній тиск;
- 3) поганий опір зминанню;
- 4) необхідність охороняти трубопроводи від тиску ґрунтів.

Поліетиленові й полівінілхлоридні труби рекомендується застосовувати при температурі води до 30 °С.



Рис. 12.9 - Пластикові труби та комплектуючі

Стійкість до погодних умов, що змінюються (різке похолодання, понижений тиск, підвищена вологість), неохильність до корозії, довговічність в експлуатації (приблизно 50 років), простота у монтажі, установці та налагодці, невелика вартість - ці якості роблять пластикові труби незамінними при обладнанні будинку водопроводом. Вони майже не втрачають тепло при доставці гарячої води, не обростають відкладеннями зсередини, безпечні для здоров'я. Для поєднання пластикових труб малих діаметрів використовують фітінги.

Недоліки таких труб: втрата еластичності при нагріванні, великий коефіцієнт температурного розширення, швидке старіння під дією сонячних променів.

Пластикові труби мають декілька різновидів: труби з полібутилену, поліетилену, полівінілхлориду (ПВХ), поліпропілену і інші.



Рис. 12.10 - Полібутиленові труби



Рис. 12.11 - Поліетиленові труби

Полібутиленові труби (рис. 12.10) роблять з еластичного і теплопровідного матеріалу, який придатен для транспортування води температурою до +90 °С. З'єднують такі труби за допомогою зварювання. До їх недоліків відносять легку сприйнятливості до вогню, а також непереносимість бензолу. Фарбувати полібутиленові труби неможна.

Поліетиленові труби (рис. 12.11)- труби з еластичного і міцного матеріалу, ідеально підходять для проведення водопостачання у власному домі. Дякуючи своїй еластичності легко переносять низкі температури навіть при воді, що замерзла всередині. Поліетилен стійкий до корозії.

Поліетиленові труби мають гладку поверхню всередині, вода, що по ним проходить, не залишає на стінках окису та відкладень домішок. Недолік в тому, що поліетилен застосовується тільки для холодного водопостачання. При температурі кипіння води і близьких до неї труби

починають плавитися. Крім того, даний матеріал дуже чутливий до ультрафіолетових променів. З'єднують поліетиленові труби фітінгами і обжимом.

Сьогодні на будівельному ринку таке різноманіття труб, що одних тільки поліетиленових можна знайти декілька різновидів в залежності від матеріалів і способів, що використовуються для їх виробництва.

Труби зі зшитого поліетилену (рис. 12.12) мають високу міцність та стійкість до високих температур. У процесі виробництва такі труби проходять обробку під високим тиском, завдяки чому молекули матеріалу утворюють додаткові зв'язки. Процес повної обробки називається *зшивкою*. На теперішній час існує чотири види зшивки: пероксидна зшивка (PEXa), силанова зшивка (PEXb), зшивка потоком електронів у ЕМ-полі (PEXc) та зшивка за допомогою азотних сполук (PEXd). Сировина, що використовується для отримання даних труб, називається *зшитим поліетиленом*.



Рис. 12.12 - Труби зі зшитого поліетилену

Труби зі зшитого поліетилену вважаються сьогодні найпередовішим матеріалом у оснащенні систем водопостачання та опалення. Легкість у монтажі за допомогою прес-фітінгів тільки додає їм популярності.

Труби з полівінілхлориду (ПВХ) (рис. 12.13) - найжорсткіші з усіх представлених на ринку пластикових труб. Такі труби практично не горять, мало важать, стійкі до дії сонячних променів, з'єднуються одна з одною склеюванням.



Рис. 12.13 - Труби з полівінілхлориду (ПВХ)

Недолік - використання хлору в процесі виробництва полівінілхлориду, що не додає матеріалу екологічності.

Поліпропіленові труби (рис. 12.14) використовують для холодного та гарячого водопостачання, каналізації, опалення.

За своїми термічними показниками вони схожі з трубами зі зшитого поліетилену, але дешевше та простіші у монтажі. З'єднуються між собою зваркою або пайкою, для чого застосовується паяльник для поліпропіленових труб.



Рис. 12.14 - Поліпропіленові труби



Рис. 12.15 - Металопластикові труби

Металопластикові труби (рис. 12.15) поєднали у собі позитивні властивості металу та пластику. Вони підходять для систем водопостачання та опалення.

Такі труби складаються з трьох шарів, між двома шарами полімеру знаходиться тонкий шар металу. Їх не треба спаювати або зварювати, вони еластичні, легкі, довговічні та естетичні. В якості металу всередині труби найчастіше використовують алюміній. Тому недопустимий його контакт з іншими металами у місцях поєднання. Металопластикові труби здатні витримувати температурне навантаження до +95 °С, короткочасно - до +110 °С.

Металопластикові труби можна застосовувати у всіх трубопроводах замських будинків, для внутрішнього водопроводу міської квартири. Основний недолік таких труб в тому, що, якщо вони відкриті, їх легко пошкодити, тому монтаж труб з металопластику в стояках централізованого водопостачання допускається тільки всередині стін.

12.2. Водопровідні колодязі

Водопровідні колодязі влаштовуються при установці [5, 9]:

- запірної арматури (засувки, поворотні клапани, зворотні клапани);
- вимірювальних пристроїв (вимірювальна шайба, трубки Вентурі, манометри, витратоміри);
- пожежних гідрантів;
- вантузів або інших пристроїв для впуску та випуску повітря;
- компенсаторів.

У всіх інших випадках (повороти, трійники, відгалуження, переходи, упори) пристрій колодязів не потрібний.

По розташуванню на мережі колодязі підрозділяють на:

- вузлові (розташовані по кутах кілець);

- ремонтні (призначені для установки запірної арматури на ремонтних ділянках, що відключають);

- колодязі для установки пожежних гідрантів;
- «мокрі» колодязі;
- спеціальні колодязі.

За формою:

- круглі;
- прямокутні.

За матеріалом виготовлення:

- залізобетонні;
- бетонні;
- із цегли;
- на тимчасовій мережі можуть виготовлятися з дерева.

Водопровідні колодязі призначаються для установки на вузлах водопроводів і водопровідних мереж з робочим тиском до 1 МПа. Габарити колодязів прийняті з необхідності розміщення в них основних вузлів для труб від 50 до 1200 мм і визначаються за розробленими таблицями. Максимальні габарити прямокутних колодязів для комплексних схем прийняті 4500×4000 мм.

В місцях установки фасонних частин арматури з фланцевими поєднаннями обладнують оглядові колодязі або камери.

Колодязь складається з робочої камери і горловини над нею, яка служить для спуску в робочу камеру. Висоту робочої камери приймають рівною біля 1,8 м, що достатньо для виконання робіт у колодязі. Висоту горловини приймають в залежності від загальної глибини закладання водопровідної мережі (рис. 12.16). Розміри камери колодязя у плані визначаються габаритами арматури фасонних частин, а також можливістю здійснення монтажу і демонтажу вузла комунікацій.

Висота засипки від перекриття колодязя до поверхні землі повинна бути такою: вона повинна бути не менше 0,5 м, в південних районах вона може бути зменшена до 0,3 м.

На горловину колодязів встановлюють чавунні або сталеві люки з кришками. Чавунні люки випускаються двох типів. Важкі люки типу Т (російською мовою «тяжелый» - «важкий») служать для установки на проїзних частинах вулиць. Легкі люки Л служать для установки на тротуарах, на непроїзних місцях і на дорогах з рухом автотранспорту обмеженої вантажо підйомності (до 5 т). На кришці люків колодязів, призначених для установки на водопроводі, відливаються позначення літерами ГВ – міський водопровід (російською – «городской водопровод»). Сталеві зварні люки можуть виготовлятися на місці будівництва.

Люки розташовують над поверхнею землі або дорожнього покриття так, щоб у колодязі не могли потрапляти поверхневі води і ґрунт. В той же час люки не повинні заважати проїзду транспорту.

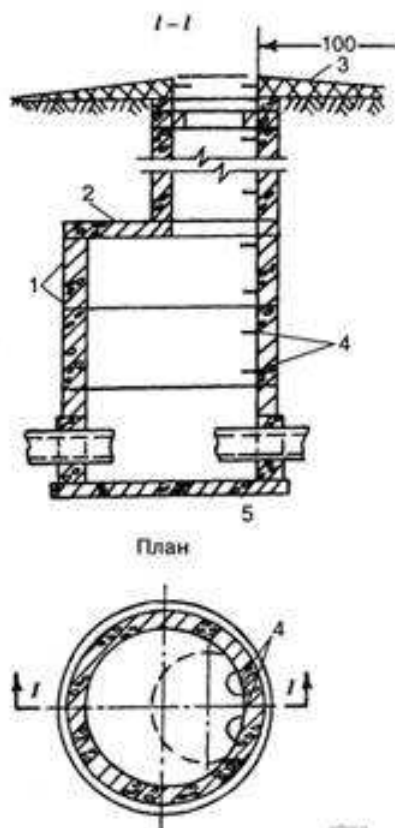


Рис. 12.16 - Оглядовий колодязь зі збірного залізобетону, що виконується в сухих ґрунтах:
 1 - кільця; 2 - плита перекриття;
 3 - відмостка; 4 - скоби;
 5 - днище

При відсутності дорожнього покриття на місці обладнання колодязів біля люків слід виконувати відмостку шириною 1 м з ухилом від люку. Вона буде забезпечувати відведення поверхневих вод від горловини, виключить просочування їх у ґрунт за зовнішньою поверхністю стінок споруди всередину його і просадку ґрунта в цих місцях. Така відмостка повинна бути на 5 см вище прилеглої території. При влаштуванні колодязів на проїзній частині вулиць кришки люків розташовують на рівні з поверхністю проїзду. Люки колодязів водоводів, що прокладаються по незабудованій території, повинні бути вище поверхні землі на 20 см.

Для спуску в колодязь у ньому встановлюють чавунні або сталеві скоби або металеві драбини. При улаштуванні колодязів у мокрих ґрунтах повинна передбачатися ізоляція днищ і стінок на 0,5 м вище рівня ґрунтових вод. Її виконують шляхом обмазування бітумом два рази або обклеюванням рубероїдом у два шари.

Колодязі в плані бувають круглими або прямокутними. Для розміщення складних вузлів арматури камерам можна надавати полігональну форму.

В теперішній час водопровідні оглядові колодязі виконують переважно зі збірного залізобетону. В ряді випадків колодязі можна

роботи з цегли.

Розроблені типові проекти круглих колодязів зі збірних залізобетонних кілець діаметром 1000, 1500 і 2000 мм, які призначені для розміщення вузлів трубопроводів діаметром від 200 до 500 мм (рис. 12.16).

12.3. Упори та компенсатори

Тиск води у напірних водопровідних трубах зумовлює появу сил, які направлені нормально до їх стінок і викликають у матеріалі розтягуючі напруження. На прямих ділянках ліній труб ніяких сил, направлених уздовж їх осі, не виникає. Вони з'являються в місцях повороту ліній, а також в деяких вузлах мережі, зокрема у місцях відгалужень, на кінцях тупикових ділянок і т.п.

Сили внутрішнього тиску води на коліна, відводи, трійники і заглушки діють уздовж осей труб і передаються на стикові з'єднання. Стики розтрубних труб не розраховані на опір продольним розтягуючим зусиллям, і для них у вказаних випадках необхідно влаштовувати **упори**, які сприймають ці зусилля. Особливо важливо передбачати улаштування упорів для труб великого діаметру, в яких сили, що діють на стик, можуть бути значними [5].

Упори виконуються конструктивно у вигляді бетонних, цегляних або бутових масивів, в які впираються відповідні фасонні частини. Упори можна влаштувати як в колодязях, так і прямо в землі.

При зміні напрямку труби у вертикальній площині також необхідно влаштувати упори з врахуванням напрямків дії сили тиску.

Компесатор представляє собою устрій, що сприймає температурні подовження металевих трубопроводів; їх ставлять в тих випадках, якщо стики труб самі не компенсують відповідні переміщення. Компенсатори слід встановлювати на сталевих трубопроводах, які прокладаються у тунелях або на естакадах, при укладці труб в просадочних ґрунтах, при підземній прокладці ліній зі сталевих труб зі зварними стиками, при жорсткій заділці сталевих труб у стінки колодязів, резервуарів, баків.

Існує кілька типів компенсаторів. Для прокладки підземних мереж можуть використовуватися, наприклад чепцеві компенсатори.

Компенсатори складаються з патрубків, гранд-букси, чепцевого набивання ущільнюючого кільця; контр-букси, кільця, корпусу, болта.

12.4. Пристрої на перетині водопровідних ліній з дорогами, річками та ярами

При перетинанні водопровідних ліній зі шляхами залізниці прокладка труб безпосередньо в землі не допускається, тому що розрив або пошкодження їх може викликати розмив залізного полотна. Тому труби прокладають у спеціальних тунелях або футлярах (кожухах). Ті та інші у випадку розриву водопровідної труби дозволяють відвести воду з-під шляхів залізниці та провести ремонт лінії без пошкодження полотна і перерви у русі [12].

На рис. 12.17 показаний устрій переходу водопровідної лінії під залізницею. Сталеві труби вкладені у футляр. Кінці футляру розташовані в колодязях, в яких встановлені засувки, що слугують для висувки, яка необхідна для виключення лінії.

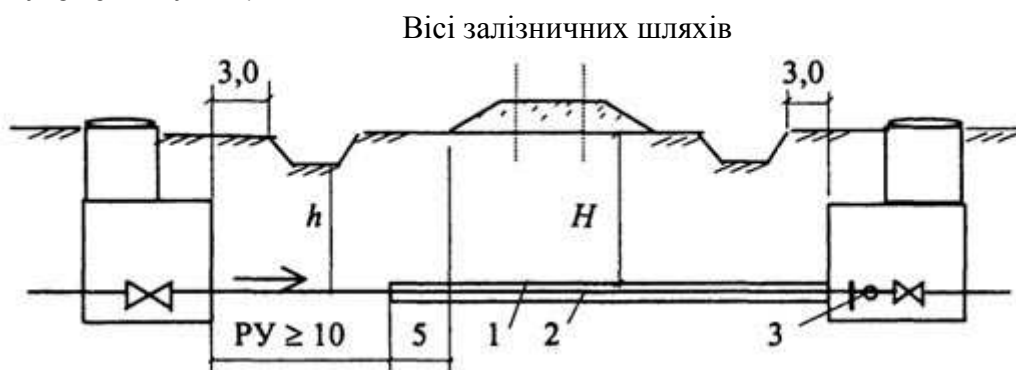


Рис. 12.17 – Устрій переходу водопровідної лінії під залізницею

1 - кожух сталевий, 2 - робоча труба сталевая, 3 - випуск в мокрий колодязь.
H - відстань від підлоги рельсу до кожуха, *h* - глибина закладання труб за умовами промерзання, *РУ* - ремонтна ділянка (російською «участок»).

Футляр виконаний зі сталевих труб більшого, ніж водопровідні труби, діаметру. Для ремонту труб їх доводиться вилучати з футляру, що повинно бути передбачено при устрій одного з колодязів. Футляр повинен мати ухил до

одного з колодязів для зливу води з труб при аваріях. На трубі має бути передбачений устрій випуску.

Перехід водопровідних труб через річки може бути здійснений по мосту, з використанням існуючого, а в окремих випадках – з устроєм спеціального моста, а також по дну річки. При переході водопровідної лінії по мосту труби підвішують до проїзної частини мосту з забезпеченням доступу до них для огляду та ремонту.

Для переходів слід застосовувати сталеві труби. Для попередження замерзання води у трубах, їх необхідно утеплювати.

При переході по дну водойми трубопровід укладають у вигляді дюкеру (рис. 12.18). Так як дюкер у процесі експлуатації недосяжний для огляду та ремонту, його слід будувати особливо ретельно. Для дюкеру використовують сталеві труби підвищеної міцності зі зварними стиками, посиленими муфтами.

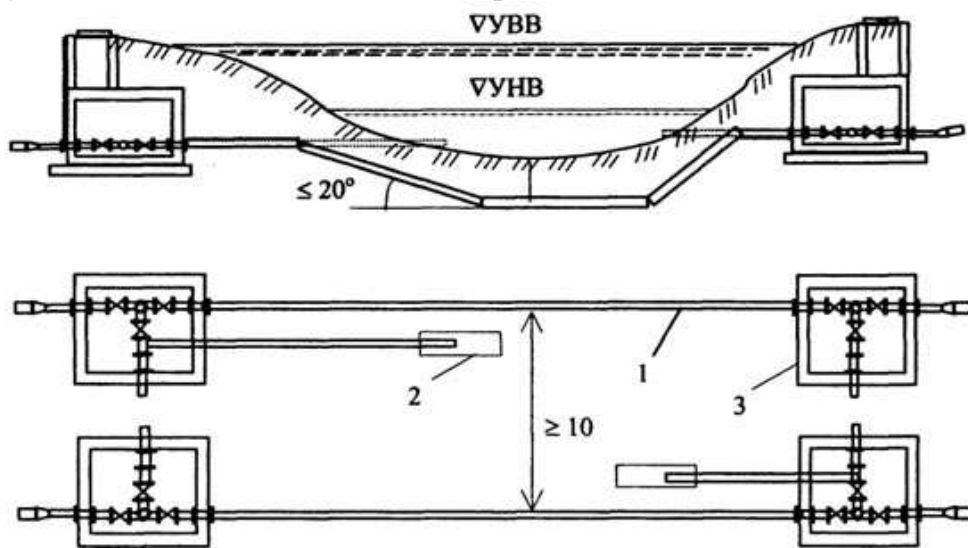


Рис. 12.18 - Схема дюкеру з двох ліній сталевих труб:
1 - водопровід; 2 - спускна труба; 3 - камери переключення.

Дюкер збирають та зварюють на плотах, підмостках, на льоду і т.і. та занурюють цілком у траншею, яка заготована на дні водойми шляхом підводного землечерпання. В останній час з успіхом застосовують устрій дюкеру шляхом протягування. За цим способом дюкер збирають на березі та в готовому вигляді протягують тросами по дну на місце за допомогою трактору або лебідки. Обидва кінця дюкеру повинні закінчуватися у спеціальних колодязях з устроєм в них відповідних переключень.

Контрольні питання

1. Яке обладнання найчастіше застосовують на водопровідній мережі?
2. Дайте характеристику сталевих трубопроводів та способів їх поєднання.
3. Дайте характеристику чавунних трубопроводів та способів їх поєднання.
4. Дайте характеристику напірних залізобетонних трубопроводів та способів їх поєднання.
5. Дайте характеристику азбестоцементних трубопроводів та способів їх поєднання.
6. Дайте характеристику пластмасових трубопроводів та способів їх поєднання.

7. Для чого на водопровідній мережі влаштовуються колодязі? Які особливості їх влаштування ви знаєте?
8. Назвіть особливості влаштування упорів та компенсаторів.
9. Наведіть схему переходу водопровідної лінії під залізницею, дайте її характеристику.
10. Назвіть особливості влаштування переходів водопровідної мережі через річки, яри.
11. Наведіть особливості проектування дюкера.

13. АРМАТУРА ТА СПОРУДИ НА МЕРЕЖІ

Арматуру водогінної мережі становлять: засувки, поворотні дискові затвори, зворотні клапани, повітряні вантузи, вуличні водорозбірні крани або колонки, пожежні гідранти і крани, клапани для впуску повітря, компенсатори, а також випуски для скидання води при промиванні та ремонті трубопроводів.

13.1. Типи водопровідної арматури

Підтримка необхідного режиму експлуатації й підвищення надійності водоводів і водопровідних мереж забезпечується запірно-регулюючою, запобіжною, водорозбірною, контрольно-вимірювальною арматурою [9, 12].

Запірно-регулююча арматура необхідна для часткового або повного перекриття окремих ділянок трубопроводів. До неї відносяться засувки, вентиля, поворотні затвори. За допомогою засувок можна змінювати ступінь їхнього відкриття змінювати витрату води в лініях та відключати для ремонту окремі ділянки. Засувки найчастіше встановлюють у колодязях.

До водозабірної арматури належать водорозбірні крани, водорозбірні колонки, пожежні гідранти, крани для поливання, фонтанчики. Через водорозбірні колонки здійснюється водопостачання селищ і будинків, які не обладнані внутрішнім водопроводом. Для забору води з мережі з метою пожежогасіння застосовують гідранти.

Запобіжна арматура перешкоджає руйнуванню трубопроводів і сприяє збереженню постійної пропускної здатності. До неї належать зворотні клапани й запобіжні клапани, вантузи, гасителі ударів. Запобіжні клапани виключають підвищення тиску понад припустимого, зворотні клапани допускають рух води тільки в одному напрямку. Повітряні вантузи призначені для видалення повітря, що накопичується в підвищених відмітках розташування водоводів і магістральних мереж, встановлюються в колодязях.

Для виміру витрат води використовують *контрольно-вимірювальну апаратуру* – водоміри.

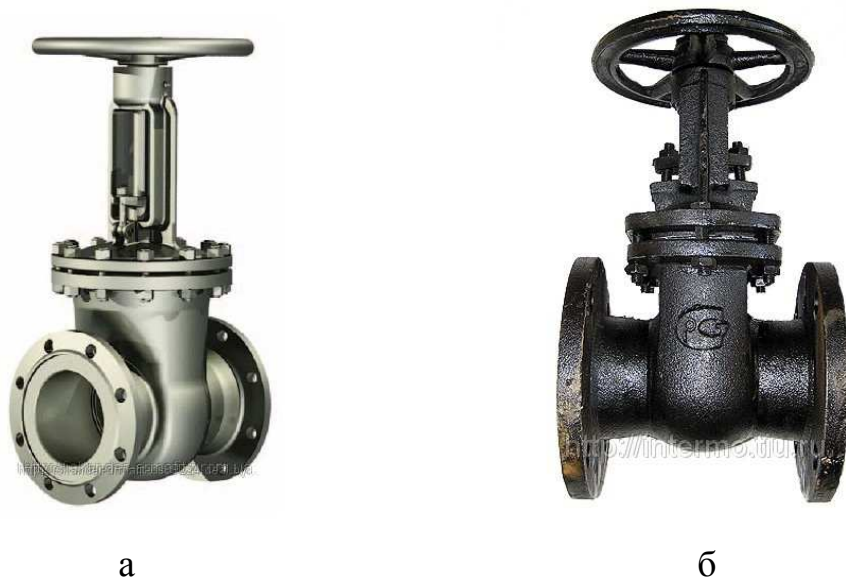
13.2. Запірна та регулююча арматура

До запірної та регулюючої арматури належать засувки, вентиля ті інші затвори. За допомогою засувок, встановлених на водопровідних лініях, можливо, змінюючи ступінь їх відкриття, змінювати витрату води в лініях, і, зокрема, припиняти в них рух води для виключення на ремонт окремих ділянок.

Щоб знизити можливість виникнення в трубах гідравлічних ударів, устрій

всієї запірної арматури, що застосовується на мережі, в тому числі і засувок, ґрунтується на принципі поступового закриття.

Засувки, що використовуються на практиці, за своєю конструкцією розділяються на *паралельні* – з паралельно розташованими запірними дисками – і *клинові* – з одним запірним диском клиновидної форми. Застосовуються засувки з висувним та невисувним шпинделем.



а
б
*Рис. 13.1 – Засувки з видвижним шпинделем
а - засувка 30чббр паралельна з висувним шпинделем;
б - засувка чавунна паралельна клинова з висувним шпинделем.*

Засувки великих діаметрів мають обводні лінії, на яких встановлені засувки менших діаметрів. Ці засувки потрібно відкривати перед відкриттям великої засувки, щоб зрівняти тиск по обидва боки диску и тим полегшити її відкриття.

Засувки діаметром 600-1200 мм з ручним управлінням виготовляють з редуктором, що істотно полегшує управління ними.

Відкриття та закриття засувок великих діаметрів вручну потребує значних зусиль та часу. Застосовують і механізовані засувки. На рис. 13.2 зображено електрифіковану засувку, електродвигун встановлено на її корпусі. Керувати такою засувкою можна на відстані з центрального пульта.

Засувки зазвичай встановлюють у колодязях, розміри і конструкції яких залежать від числа засувок та їх діаметра.

Широке розповсюдження отримали дискові поворотні затвори (рис. 13.3) завдяки ряду їх переваг у порівнянні з засувками: вони легші, мають менші габаритні розміри та вартість.

Поворотні дискові затвори застосовуються на трубопроводах для води з температурою до 80°C. Частіше вони встановлюються в тих випадках, коли є обмеження по габаритах. Наприклад, на фільтрувальних станціях у приміщенні фільтрувального залу або на технічних водоводах промисловості.



Рис. 13.2 - Засувка JAFAR з електроприводом AUMA.



Рис. 13.3 – Затвор дисковий поворотний

покриттям. Корпус затвору поворотного дискового зажимається між з'єднувальними фланцями трубопроводу. Диск приводиться в рух ручкою з фіксатором. Щоб встановити затвор у проміжних положеннях від повного відкриття до повного закриття з кроком до 10 градусів, треба використовувати фіксатор.

Кріплення затвору на трубопроводі відбувається між двома комірними приварними фланцями. Збірно-розбірна конструкція затвору дозволяє проводити ремонт, змінювати елементи затвору в умовах неспеціалізованої майстерні. Ціни на встановлення та обслуговування, дозволяють затворам дисковим поворотним стати гарним варіантом для заміни засувок та шарових кранів.

Недоліком дискових затворів є те, що забороняється ними регулювання витрати води.

Умовні проходи: 50, 100, 150, 200, 300, 400, 500, 600, 800, 1000, 1200, 1400, 1600, 2000, 2200, 2400 мм. Основний матеріал - сталь.

Поворотні дискові затвори бувають із ручним приводом і з електроприводом. Затвори з електроприводом виготовляються на тиск 2,5 й 10 кгс/см².

Корпус затвора дискового поворотного виготовлений з чавуна, має епоксидне покриття ззовні та всередині. Матеріал сідлового ущільнення забезпечує роботу затвору при заданих температурах середовища. Також для того, щоб зменшити зношення сідлового ущільнення та збільшити строк його служби, рекомендується встановлювати дискові затвори поворотні з горизонтальним положенням штоку, для робочих середовищ особливо, тому що вони вміщують абразивні частки та домішки, що осідають. Корпус не стикається з робочим середовищем. Робоче положення затвору може бути будь-яким, однак розташування рукоятки повинно бути направлено вниз. Також напрям руху робочого середовища може бути будь-яким. Для герметичності, використовують резинові манжети, вони виступають з обох сторін корпусу і зтягують затвор між фланцями трубопроводу. Дякуючи таким резиновим манжетам затвору дисковому поворотному не потрібні додаткові прокладки, як для конструкції з іншим міжфланцевим поєднанням. Сам диск виготовлений з нержавіючої сталі, чавуна з захисним покриттям.

13.3. Водорозбірна арматура

До водорозбірної арматури належать вуличні колонки, крани та пожежні гідранти.

Розбір господарсько-питної води з мереж міських, селищних та промислових водопроводів, як правило, виконується через внутрішні водопровідні крани, що встановлюють в житлових, суспільних та промислових будівлях. В деяких випадках (в селищах тимчасового типу, в ще не каналізованих районах міст) при відсутності будинкових введів розбір води здійснюється безпосередньо з зовнішньої мережі через встановлені на ній водорозбірні крани (колонки) (рис. 13.4).

Недоліком колонок являється:

- обмеження нижньої межі тиску в водопровідній мережі (незадовільна робота на низькому тиску з обов'язковим замерзанням у зимовий час);
- наявність нижнього фланцю для приєднання клапану (при незадовільній установці прокладки при монтажі або обслуговуванні та наявності ґрунтових поверхневих вод у колодязі неминуче потрапляння цих вод в тару (відра, фляги) споживача через ежектор, призначений для попередження накопичення води у колоні та її перемерзання).

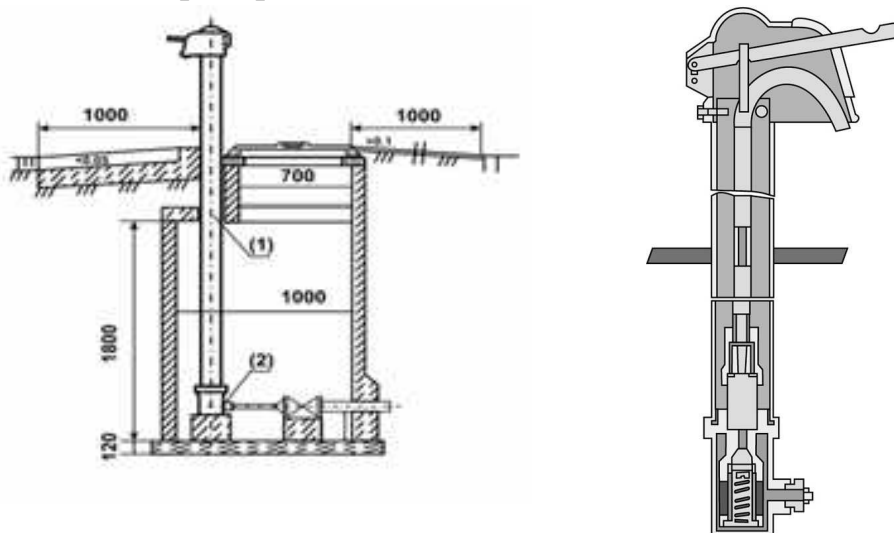


Рис. 13.4 – Принципова схема устрою водорозбірної колонки

До водорозбірних пристроїв відносяться також питні колонки або фонтанчики (рис. 13.5), які встановлюються для суспільного користування у літній час в садах, парках, на бульварах, площах і т.п.; крани для поливу зелених насаджень, які представляють собою прості стояки зі сталевих труб з запорними вентилями.

Для поливу вулиць і тротуарів, заводських дворів та проїздів слугують найчастіше відгалуження від внутрішніх водопроводів, що розташовані у спеціальних нішах та стінах будівель. Автоцистерни для поливу площ та широких вулиць наповнюють зазвичай з пожежних гідрантів. Пожежні гідранти – крани для зовнішнього пожежегасіння – бувають підземні та наземні (рис. 13.6).



Рис. 13.5 – Питні колонки (фонтанчики).



а)



б)

Рис. 13.6 – Пожежні гідранти: а) підземний; б) наземний.

Пожежні гідранти встановлюють на зовнішній водопровідній мережі. Гідранти підземного типу повністю розміщуються у колодязі. Висота гідранту залежить від глибини укладання труб та коливається в межах від 500 до 2500 мм. Для запобігання замерзання води в нижній частині колонки є отвір для спуску води після припинення дії гідранту.

13.4. Запобіжна арматура

До запобіжної арматури, яка встановлюється на водоводах і водопровідних мережах, можуть бути віднесені різноманітні запобіжні пристрої, що не допускають підвищення тиску в трубах вище встановлених меж (зворотні клапани), а також пристрої для випуску і впуску повітря (повітряні вантузи).

Основною причиною випадкових підвищень тиску в трубах являється виникнення в них гідравлічного удару.

При експлуатації систем водопостачання, які мають насосні станції, обладнані відцентровими насосами, гідравлічний удар може виникнути в результаті:

- раптової зупинки насоса (у випадку припинення подачі електричного току);
- швидкого закриття засувок або водорозбірних кранів на мережі.

Перша з вказаних причин викликає виникнення ударів у напірних водоводах. При цьому ударна хвиля може викликати недопустиме підвищення тиску і в мережі.

При припиненні подачі електричного тиску до електродвигуна вода внаслідок інерції продовжує деякий час, поки не закрита засувка на напірній лінії, рухатися по водоводу. В результаті тиск у водоводі за насосом падає; за певних умов у водоводі може відбутися розрив цілісності потоку, наприклад, в місці різкої зміни ухилу водоводу. Після того як рух води за інерцією припиниться, вода почне рухатися в зворотньому напрямі – в бік насосу – та відбудеться удар її об зворотній клапан, що автоматично закривається та встановлений на водоводі за насосною станцією, або удар об закриту засувку. В результаті тиск у водоводі підвищується. Хвиля цього підвищення розповсюджується по водоводу і може захватити деякі райони мережі.

До заходів по боротьбі з гідравлічними ударами вказаного походження відносяться:

- установка спеціальних протиударних клапанів на початку водоводу – за зворотнім клапаном;
- установка повітряних вантузів в місцях можливих розривів цілісності потоку для впуску повітря та створення у водоводі повітряної подушки, яка пом'якшує силу удару при зіткненні «колонн» води.

Насамкінець, в якості засобу боротьби з гідравлічними ударами може бути використане зворотне скидання води через відцентрові насоси – вільний у тому випадку, якщо конструкція насосного агрегату це дозволяє, або з гальмуванням насосу.

Гідравлічні удари через недопустимо швидке закриття водорозбірної або запірної арматури виникають рідше, через те, що всі конструкції сучасних засувок і водорозбірних пристроїв передбачають їх відносно повільне і плавне закриття. Удари такого роду виникають зазвичай лише при несправностях та ушкодженні арматури.

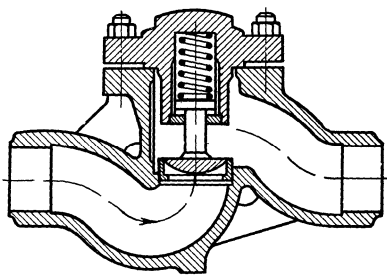


Рис. 13.7 – Зворотній клапан

На рис. 13.7 зображений зворотній клапан. Через важливість такої арматури в забезпеченні надійної експлуатації, зворотні клапани не мають виводу шпинделя за межі корпусу, щоб випадковими неправильними діями персоналу не порушити роботи.

Зворотній клапан повинен встановлюватися на напірній стороні насосів (до запірної засувки), щоб при аварійній зупинці насосу захистити його всмоктуючу частину та підвідний трубопровід від підвищення тиску.

На трубопроводах великих діаметрів застосовують імпульсні запобіжні клапани, в яких при перевищенні тиску відкривається спочатку допоміжний клапан, а слідом за ним - основний. За конструкціями крім імпульсних розрізняють важільні та пружинні (рис. 13.8) запобіжні клапани.

Вся арматура, як та, що знімається для ремонту, так і та, що ремонтується на місці, після ремонту повинна проходити гідравлічні випробування на тиск, що перевищує робочий на 25%.

При виконанні схем трубопроводів використовують умовні позначення для арматури (рис. 13.9).

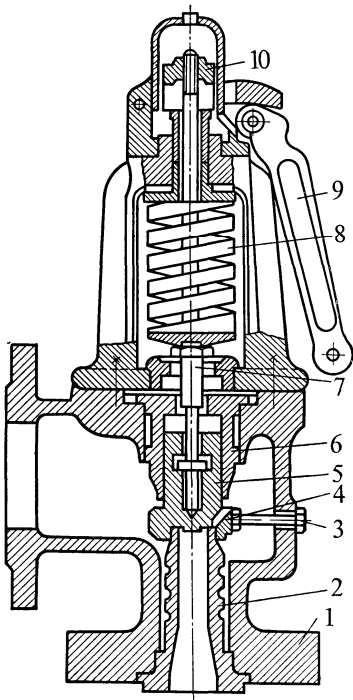


Рис. 13.8 - Пружинний запобіжний клапан, розрахований на тиск 12,5 МПа 1 - корпус; 2 - втулка (сідло); 3 - упорний закріплюючий штифт; 4 - кільце, що напружає (регулює); 5 - тарелка клапана; 6 - направляюча втулка; 7 - шток; 8 - пружина; 9 - пристрій для підриву клапану від руки; 10 - гайка для регулювання клапану.

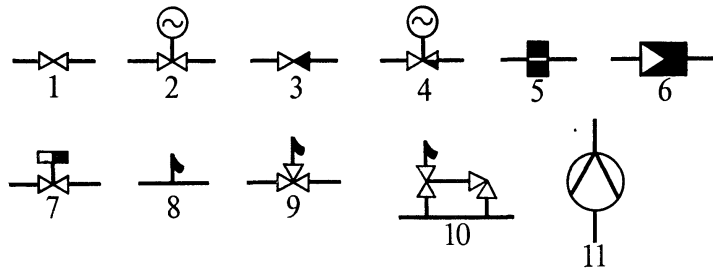


Рис. 13.9 - Умовні позначення арматури на схемах трубопроводів

1 - арматура без електроприводу; 2 - арматура з електроприводом; 3 - зворотній клапан; 4 - регулюючий клапан; 5 - дросельна шайба; 6 - редукційна установка; 8 - викид в атмосферу; 9 - трьохходовий клапан з викидом в атмосферу; 10 - запобіжний клапан з імпульсним пристроєм та вихлопом в атмосферу; 11- витратомір.

Контрольні питання

1. Назвіть основні види водопровідної арматури.
2. Яка арматура належить до запірної та регулюючої? Наведіть схеми засувки та принцип їх роботи.
3. Наведіть схему та принцип роботи дискового затвору.
4. Яка арматура належить до водорозбірної? Наведіть схему та принцип роботи водорозбірної колонки.
5. Наведіть схему та принцип дії питних колонок та пожежних гідрантів.
6. Яка арматура належить до запобіжної? Наведіть принцип роботи основних видів запобіжної арматури.

ЗМ 1.3. Особливості проектування споруд та водопровідної мережі

14. РЕГУЛЮЮЧІ ТА ЗАПАСНІ ЄМНОСТІ

Регулюючі та запасні споруди в системі водопостачання - це напірні або безнапірні резервуари з певним об'ємом води, який потрібний для регулювання роботи системи і для утворення недоторканного запасу на випадок пожежі або аварій. Регулювання полягає в узгодженні різних режимів подачі та споживання води за допомогою акумулюючих ємкостей. При подачі води зверх споживання вона накопичується в ємкостях, а при недостатчі - забирається з них. Регулювання забезпечує відносно рівномірну роботу водозаборів, очисних споруд і насосних станцій.

Регулюючі й запасні ємкості рекомендується об'єднувати в одній споруді. Це не тільки вигідно економічно, але й дозволить уникнути зниження якості води при тривалому зберіганні.

Ємкості, що використовуються в системах водопостачання класифікуються [5]:

1. За функціональною ознакою (за їх призначенням):

- регулюючі;
- запасні;
- запасно-регулюючі (які об'єднують в одній споруді функції акумулювання і зберігання води).

2. За способом подачі води з них в мережу:

- напірні, які забезпечують напір, необхідний для безпосередньої подачі води у водопровідну мережу;
- безнапірні, з яких воду необхідно забирати насосами.

Напірні ємкості в залежності від конструкції поділяються на типи:

- водонапірні башти (напір забезпечується встановленням резервуару на підтримуючій конструкції потрібної висоти);
- напірні резервуари (напір забезпечується встановленням резервуару на природному підвищенні з потрібними відмітками);
- водонапірні колони (займають проміжне місце між наземними резервуарами і баштами);
- пневматичні водонапірні установки (напір створюється тиском стиснутого повітря на поверхню води в герметично закритих резервуарах).

Регулюючі ємності дозволяють забезпечити більш менш рівномірну роботу насосних станцій, тому що відпадає необхідність у подачі ними пікових витрат води, а також зменшити діаметр, а отже, і вартість водоводів та транзитних магістралей водопровідної мережі. Правильне призначення розмірів регулюючих ємностей, їх числа і місць розташування в системі водопостачання має велике економічне значення.

Запасні ємності підвищують надійність систем водопостачання. У них зберігається запас води на потреби очисних споруд, пожежегасіння, виробничі і господарсько-питні. Запасні ємності сприяють підвищенню надійності систем водопостачання, тобто забезпечують виконання однієї з основних вимог, які висуваються до цих систем.

Запасні резервуари найчастіше влаштовують підземними або напів підземними. Вибір розмірів ємкостей повинен проводитися на основі техніко-економічного аналізу системи водопостачання і наміченого режиму її роботи.

У цілому доцільність влаштування регулюючих і запасних ємкостей, вибір місця їх розташування і типу слід визначати на основі розрахунку сумісної роботи мережі, водопроводів і насосних станцій з урахуванням місцевих умов і технологічних вимог.

Розділення повного розрахункового об'єму регулюючої ємності між декількома баштами та резервуарами та їх правильне розміщення на місцевості можуть у значній мірі знизити нерівномірність навантаження мережі в окремі моменти її роботи у результаті зміни водоспоживання.

14.1. Водонапірні башти

Водонапірні башти призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання, зберігання недоторканного запасу води і створення необхідного напору у водопровідній мережі.

Виходячи з призначення водонапірної башти, місткість бака повинна дорівнювати:

$$W_b = W_{рег} + W_{н.з.} \quad (14.1)$$

де: $W_{рег}$ - регулююча ємкість бака;

$W_{н.з.}$ - протипожежний об'єм води, розрахований на 10 – хвилинну тривалість гасіння пожежі на промислових підприємствах з внутрішніми пожежними кранами, а також спрінклерними або дренчерними установками при найбільшій витраті води на інші потреби або на 10 – хвилинну тривалість гасіння однієї внутрішньої і однієї зовнішньої пожежі при одночасній найбільшій витраті води на інші потреби.

Існує два варіанти розположення водонапірної башти у системі водопостачання [3]:

- водонапірна башта на початку мережі (рис. 14.1);
- водопровідна мережа з контррезервуаром (рис. 14.2).

Для визначення напору НС 2-го підйому при розположенні водонапірної башти на початку мережі (рис. 14.1) використовують наступну формулу:

$$H_n = 0,5 (z_3 + z_4) - 0,5 (z_1 + z_2) + h_K + h_B \quad (14.2)$$

де: z_1 и z_2 – відмітки максимальних рівнів регулюючого та протипожежного запасів резервуарів чистої води, м;

z_3 и z_4 – відмітки максимальних рівнів регулюючого та протипожежного запасів у баці водонапірної башти, м;

h_K - втрати напору в комунікаціях насосної станції, м;

h_B - втрати напору у водоводі, м.

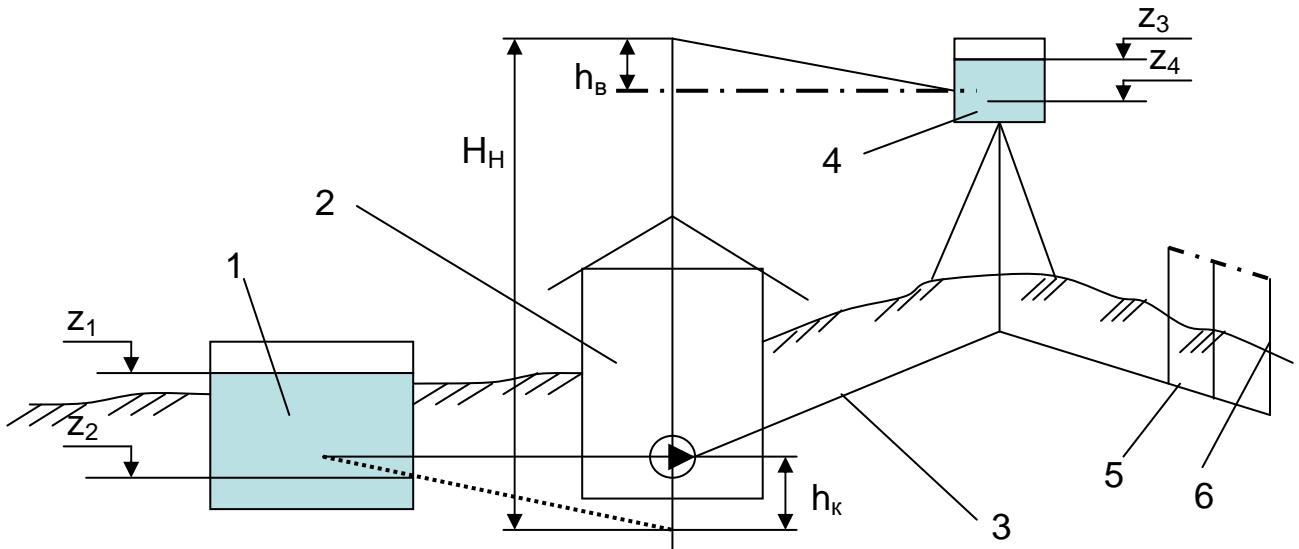


Рис. 14.1 - Схема розположення водонапірної башти на початку мережі
 1 – резервуар чистої води; 2 – насосна станція 2-го підйому; 3 – водовід; 4 – водонапірна башта; 5 – мережа; 6 – вільні напори.

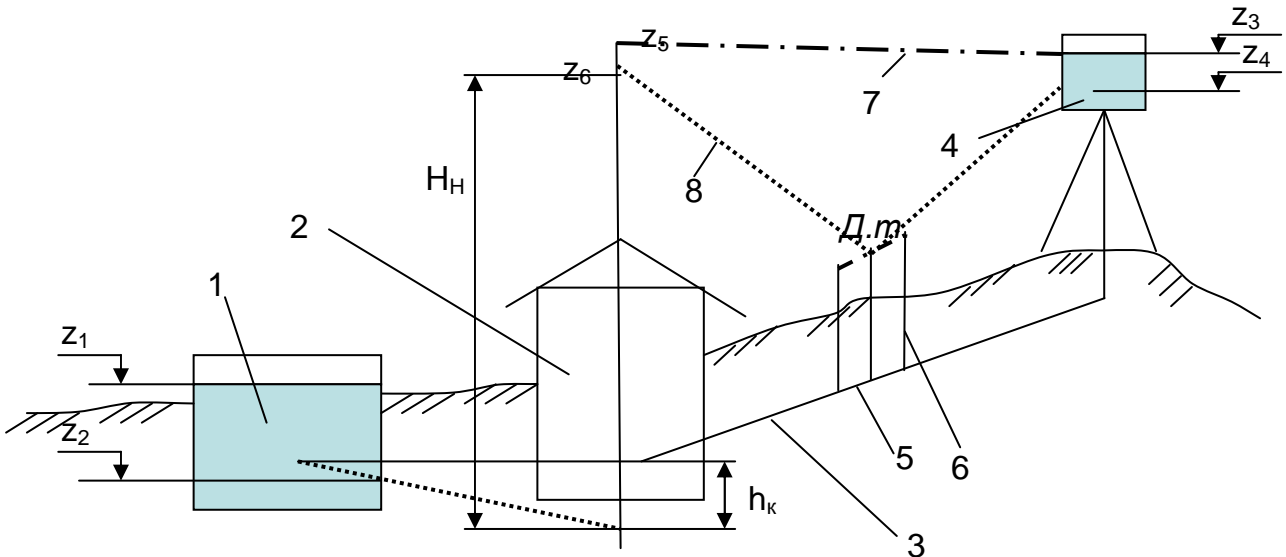


Рис. 14.2 - Схема розположення водонапірної башти у системі з конррезервуаром
 1 – резервуар чистої води; 2 – насосна станція 2-го підйому; 3 – водовід; 4 – водонапірна башта; 5 – мережа; 6 – вільні напори у мережі; 7 – п'езометрична лінія на випадок максимального транзиту у башту; 8 – п'езометрична лінія на випадок максимального водоспоживання.

Для визначення напору НС 2-го підйому у системі з конррезервуаром (рис. 14.2) використовують наступну формулу:

$$H_H = z_{зем} + H_B^{mp} - z_{д.т.} + h'_K + h'_B + h'_M \quad (14.3)$$

де: $z_{зем}$ – відмітка землі в точці пожежі (диктуючій), м;
 H_B^{tp} – потрібний напір в пожежному водопроводі, м;
 $z_{д.т.}$ – відмітка дна резервуара, м;
 h'_K , h'_B и h'_M - втрати напору при пропуску пожежних витрат у комунікаціях насосної станції, у водоводі, в мережі до диктуючої точки від точки підключення водоводу до мережі, м.

Матеріалом ствола башти може бути цегла, залізобетон, сталь тощо.

Всередині ствола розміщують необхідне обладнання - труби, арматуру, прилади (рис. 14.3). Баки в баштах можуть бути металевими або залізобетонними. Водонапірні башти залежно від кліматичних умов, температури води, розмірів баку і режиму роботи башт (тривалості обміну води в баку) можуть бути з шатром для запобігання промерзання чи перегріву води або без нього. У порівнянні з шатровими безшатрові водонапірні башти дешевші на 15-20 %. Розроблено типові рішення водонапірних башт з об'ємом баку 15-800 м³ і висотою ствола 6-42 м.

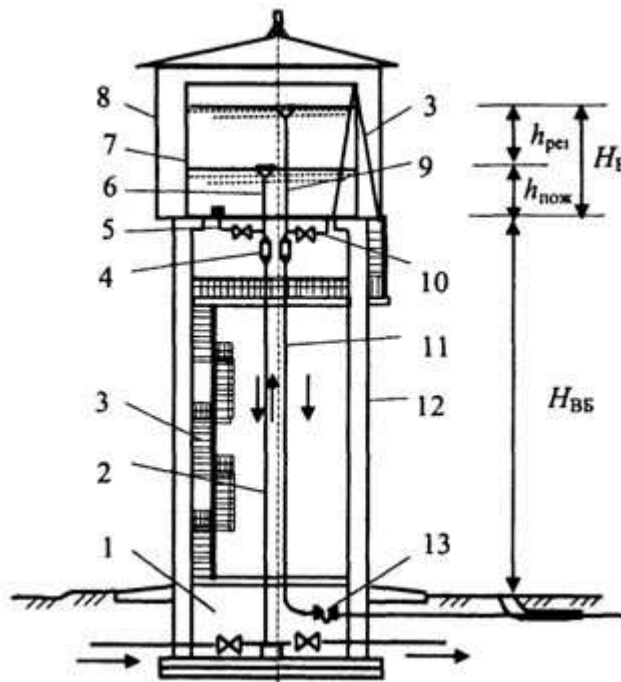


Рис. 14.3 - Схема водонапірної башти

1 - фундамент та підвальне приміщення; 2 – труба, що подає та відводить воду;
 3 - сходи; 4 - сальникові компенсатори; 5 - труба на протипожежні потреби; 6 - труба для забору води з баку на господарсько-питні потреби; 7 - бак; 8 - шатро; 9 - переливна труба;
 10 - грязьова труба; 11 - скидна труба; 12 - опорна конструкція (ствол);
 13 - гідравлічний затвор.

Водонапірні башти бувають залізобетонні, металеві, цегляні і дерев'яні. Проте найбільш розповсюджені залізобетонні (рис. 14.4). Металеві, водонапірні башти споруджують значно рідше (з міркувань економії металу). Водонапірні башти з цегли споруджують відносно невеликої висоти, найчастіше на залізничному транспорті і в населених пунктах, якщо можливо використовувати для їх улаштування цеглу місцевого виробництва.

По типових проектах споруджують башти заввишки до 40 м (до дна баку) з баками місткістю до 800 м³.

На одній і тій же водонапірній башті можуть бути встановлені на різній висоті два і навіть три баки, що обслуговують системи водопроводів з різними напорами.



Рис. 14.4 – Різні види водонапірних башт

При устрої підтримуючої конструкції у вигляді суцільних несучих залізобетонних або цегляних стінок, а також при устрої стінок між несучими колонами утворюється закрите приміщення значного об'єму. Пр. вирішенні питання про раціональне використання цього приміщення слід перш за все мати на увазі необхідність захисту води, що зберігається у баці, від будь-яких забруднень або зараження. За санітарними вимогами доступ до баку сторонніх осіб повинен бути категорично заборонений. Простір, розташований нижче підбакової камери, може бути використаний для службових приміщень водопровідного господарства, складів і т.д. У закордонній практиці є приклади розташування в приміщеннях башти, передбаченого при її проектуванні, ресторанів, готелів і т.п.

Устрій подаючих та відвідних труб водонапірної башти можливий за однією з схем, наведених на рис. 14.5.

Водонапірні башти обладнуються системою труб: підвідною, відвідною, переливною, ревізійною для зливу води [14]. Поєднання баку і труб для подачі і відводу води можливо за однією зі схем, наведених на рис. 14.5. За найпростішою схемою (рис. 14.5, а) резервуар обладнується двома трубами: одна, що подає, та друга, що відводить воду. При цьому вся вода, що подається насосами, проходить через ємність, це забезпечує добре перемішування води, але потребує потужного насоса з напором, що дорівнює найвищому положенню рівня води у баці.

На рис. 14.5, б наведений варіант з загальною підвідною-відвідною трубою, яка розрахована на подачу (в бак або з баку) води у кількості, що дорівнює різниці об'єму, який подається насосами та витрачається споживачами. При цьому напір насоса, що подає, завжди буде мінімальним, як і витрата матеріалу на труби, але вода у баці погано перемішується, що при значній різниці між регулюючим та загальним об'ємом резервуару може привести до утворення застійних зон. Рис. 14.5, в в данному випадку демонструє компромісний варіант, який передбачає єдину підвідну/відвідну трубу з розділенням її у днища бака. В баштах також бажана установка системи автоматичного стеження за рівнем води, яка включає та відключає насоси [25].

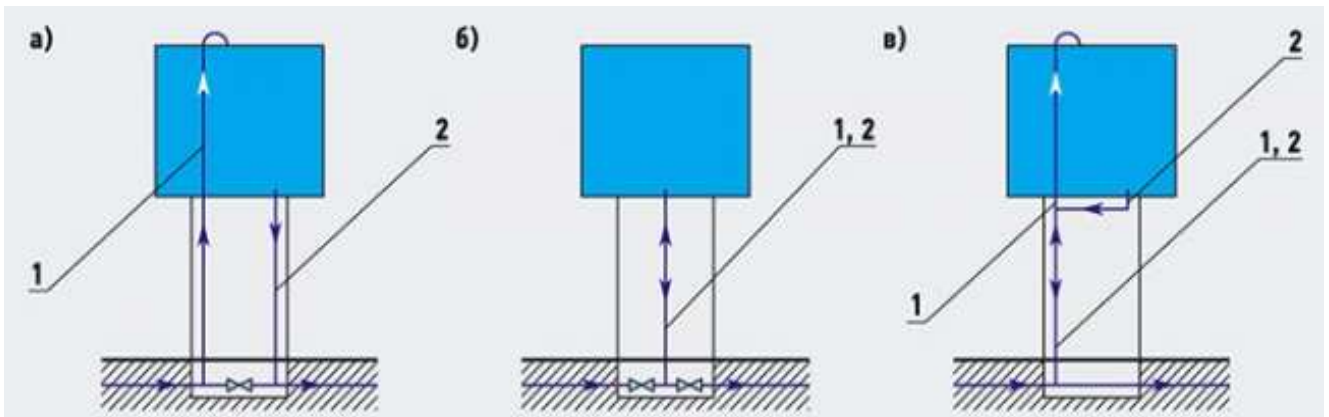


Рис. 14.5 – Схеми поєднання баку і труб для подачі та відведення води
 а – роздільні труби подачі та відведення води; б – об'єднана підвідна – відвідна труба;
 в - об'єднана підвідна – відвідна труба, розділена біля дна баку на подачу та відведення;
 1 – труба, що подає воду; 2 – труба, що відводить воду.

Різновидом водонапірної башти є **гідроколона**, яка призначена, головним чином, для зберігання аварійного запасу води, наприклад в системах водопостачання металургійних комбінатів.

Вона є залізобетонною або сталевую циліндричною вертикальною ємкістю, висота якої дорівнює висоті водонапірної башти.

Водонапірні колони призначені для тих же цілей, що й водонапірні башти. Вони широко розповсюджені на невеликих об'єктах водопостачання та у системах промислового водопостачання. Вони дешевші водонапірних башт, простіші у виготовленні та експлуатації, можуть використовуватися як засіб боротьби з гідравлічними ударами у трубопроводах та виконувати роль проміжного резервуару між послідовно працюючими насосними станціями. Недоліком колон являється можливість застою води в них, що може приводити до погіршення якості води.

На відміну від водонапірної башти стовбур гідроколони повністю заповнений водою. Проте корисним об'ємом її є практично тільки верхня частина, яка розташована на висоті, що відповідає потрібним вільним напорам у водопровідній мережі. Ця частина гідроколони використовується в звичайний час як регулююча ємкість, а в нижній частині її може зберігатися недоторканий протипожежний запас води, що подається до місця пожежі стаціонарними або пересувними насосами.

Башти-колони можна застосовувати і на порівняно великих водопроводах при суміщенні їх з насосними станціями підкачування за схемою, представленою на рис. 14.6.

В такій споруді основний регулюючий об'єм вміщується у колоні (стволі). В години, коли насосна станція другого підйому подає води більше, ніж її споживається у мережі, надлишок трубою, що подає / відводить, надходить в напірний бак, відокремлений від колони днищем. Після заповнення регулюючого об'єму в баці вода переливається в колону по переливній трубці. Ємність колони визначають таким же чином, як і ємність водонапірної башти.

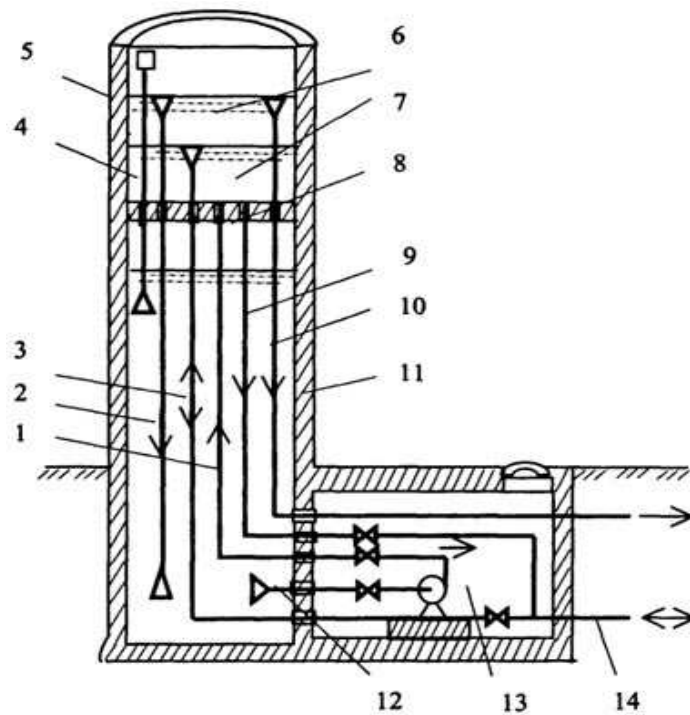


Рис. 14.6 - Схема обладнання водонапірної башти - колони:

1 - напірна труба для подачі води з колонни у бак; 2 - робочая переливна труба;
 3 – труба, що подає / відводить; 4 - повітряна труба; 5 - бак; 6 - регулюючий об'єм;
 7 - недоторканий протипожежний об'єм; 8 - днище баку; 9 - труба для подачі води в мережу при гасінні пожежі; 10 - запобіжна переливна труба; 11 - колона; 12 – всмоктуюча труба насосів; 13 - насосна станція підкачування; 14 - труба до водопровідної мережі.

В години, коли споживання з мережі перевищує подачу насосної станції другого підйому, кількість води, якої не достає, надходить у мережу з башти подаючою / відвідною трубою. При цьому регулюючий об'єм води у баці починає спрацьовувати. До моменту повного спрацьовування автоматично включається насос підкачування, і вода з колонни по напірній трубі надходить в бак. Насос підкачування працює до повного заповнення регулюючого об'єму бака, після чого автоматично відключається і знаходиться у відключеному стані до наступного спрацьовування регулюючого об'єму води. При гасінні пожежі недоторканий протипожежний запас води надходить у мережу відповідною трубою. Для запобігання переповнення баку встановлюють запобіжну переливну трубу, а для надходження і виходу повітря з колонни - повітряну трубку.

14.2. Резервуари

Типи резервуарів:

- резервуари, що розташовані на достатньо високих відмітках місцевості, можуть слугувати **напірними (активними)** ємкостями, аналогічними за своїм призначенням водонапірним баштам. Напірні ємності слід облаштовувати у вигляді «нагорних» резервуарів всюди, де це дозволяє рельєф місцевості;

- **безнапірні резервуари (пасивні)**, з яких вода може надходити у систему лише шляхом перекачування її насосами. Такі резервуари використовують часто як регулюючі ємкості при очисних спорудах міських водопроводів (резервуари чистої води), а також в якості запасних ємностей (пожежних та аварійних).

Резервуари чистої води служать для регулювання нерівномірності

роботи насосних станцій I і II підйомів і збереження води на протипожежні, господарсько-питні і виробничі потреби на час гасіння пожежі.

Отже, ємкість резервуарів чистої води відповідно до їх призначення може бути визначена за формулою

$$W_{p.ч.в.} = W_{рег} + W_{н.з.} \quad (14.4)$$

де: $W_{p.ч.в.}$ - ємкість резервуару чистої води;

$W_{рег}$ - регулююча ємкість, яка призначається для регулювання нерівномірності роботи насосних станцій;

$W_{н.з.}$ - недоторканий протипожежний запас води.

Крім того, в резервуарах іноді зберігається аварійний запас $W_{a.в.}$ на час ліквідації аварії у разі прокладки одного водовода і запас для промивки фільтрів $W_{ф.}$ З урахуванням цього формула (14.4) прийме вигляд

$$W_{p.ч.в.} = W_{рег} + W_{н.з.} + W_{a.в.} + W_{ф.} \quad (14.5)$$

Регулюючий об'єм води може бути визначений *графоаналітичним* і *табличним* способом на основі аналізу роботи насосних станцій I і II підйомів, оскільки насосна I підйому подає воду в резервуари, а насосна II підйому відкачує її з них.

Недоторканий пожежний запас води може бути порахований як сума об'ємів на пожежегасіння і господарсько-виробничі потреби:

$$W_{н.з.} = W_{пож} + W_{госп.} \quad (14.6)$$

де: $W_{пож}$ - запас води, необхідний для гасіння пожежі протягом 3 годин;

$W_{госп.}$ - запас води на господарсько-виробничі потреби, необхідний на час гасіння пожежі, тобто на 3 год.

Регулюючий об'єм РЧВ визначається найбільшою з окремих площ *a* або *б*, що утворюються лінією 1 режиму роботи НС 1-го підйому та східчатою лінією 2 режиму роботи НС 2-го підйому (рис. 14.7).

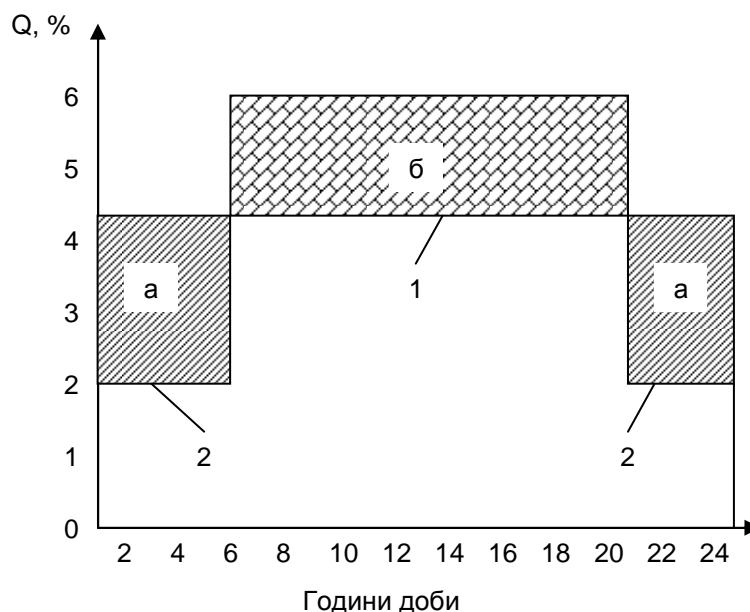


Рис. 14.7 – Графо-аналітичний спосіб визначення регулюючої ємності РЧВ

Визначивши загальний об'єм резервуарів, приймається їх кількість та визначається об'єм кожного резервуару.

За визначеним об'ємом підбирається, як правило, типовий резервуар і виконується його прив'язка до розрахункових умов, тобто визначаються відмітки розташування всіх функціональних трубопроводів: переливного, протипожежного, для подачі води на господарсько-питні потреби і т.д. У випадку проектування резервуару індивідуального виготовлення його розміри визначають виходячи з умови, що відношення загальної глибини води у резервуарі H до його діаметру (або характерного лінійного розміру) D повинно бути в межах $H/D = 0,5-1$.

Верхній рівень води у резервуарі чистої води зазвичай приймається на 0,5 м вище відмітки поверхні землі у місці встановлення резервуару.

Знаючи площу дна типового резервуару (або визначивши її діленням загального об'єму $W_{рез}$ на будівельну висоту H , попередньо задаючись співвідношенням H/D), визначають висоту протипожежного $h_{пож}$ і регулюючого $h_{рег}$ шару води, а також відмітки відповідних трубопроводів.

Висота протипожежного шару

$$h_{пож} = W_{пож} : F_{дна}, \text{ м.} \quad (14.7)$$

Висота регулюючого шару води з врахуванням води на промивку фільтрів

$$h_{рег} = (W_{рег} + W_{пром}) : F_{дна}, \text{ м} \quad (14.8)$$

Загальна глибина резервуару

$$H = h_{пож} + h_{рег} + 0,5, \text{ м.} \quad (14.9)$$

Товщина шару утеплення: для утеплення резервуарів їх зазвичай засипають ґрунтом товщиною шару 1; 0,7; 0,5; 0,25 м. В деяких випадках застосовують також створення підвищеного сніжного покриву, використовують штучні утеплювачі та обігрів. Товщина шару утеплення $\delta_{гр}$ і його конструкція в основному залежать від коефіцієнту теплопередачі K_1 (від води через перекриття резервуару до зовнішнього повітря) та від теплопровідності матеріалів перекриття і ґрунтів засипки X .

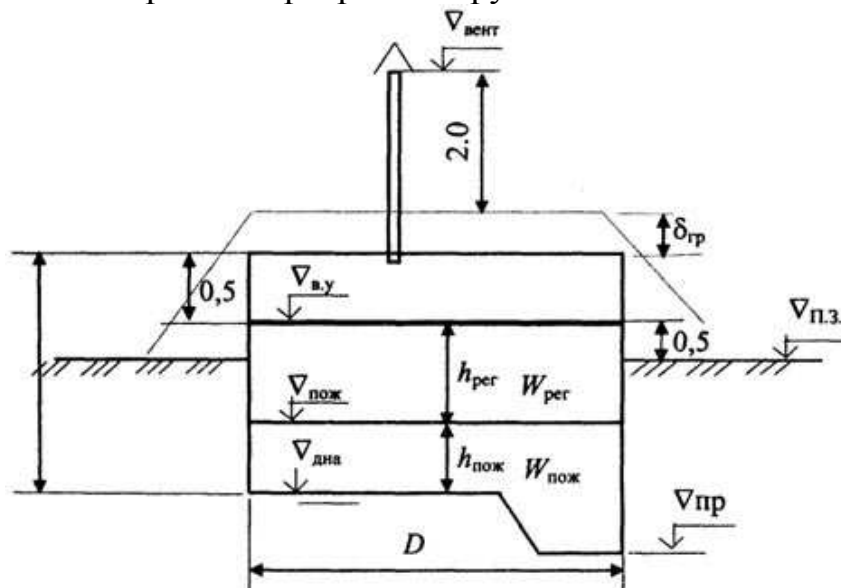


Рис. 14.8 – Розрахункова схема резервуару чистої води

Тому краще всього використовувати ґрунти з невеликою теплопровідністю та невеликою щільністю. З метою захисту перекриття від

пошкодження і для вирощування на ньому трави мінімальне значення $\delta_{гр}$ рекомендується 0,25 м. В умовах жаркого клімату слід розраховувати товщину шару засипки, виходячи з умовиз захисту води від перегріву. Зазвичай достатній шар ґрунту товщиною 0,5 м.

Відмітки рівнів води і конструктивних елементів:

- верхнього рівня води у резервуарі, воронки переливного трубопроводу

$$Z_{в.р.} = Z_{п.з} + 0,5, \text{ м}, \quad (14.10)$$

де $Z_{п.з}$ - відмітка поверхні землі в місці установки резервуару, м;

- протипожежного рівня води і прийомної воронки (або розташування отворів у сифоні) трубопроводу, який подає воду на господарсько-питні потреби

$$Z_{пож} = Z_{в.р.} - h_{рег}, \text{ м}; \quad (14.11)$$

- дна і прийомної воронки, трубопроводу, що подає воду на гасіння пожежі

$$Z_{дна} = Z_{пож} - h_{пож}, \text{ м}; \quad (14.12)$$

- дна грязьового приямку

$$Z_{пр} = Z_{дна} - (1,0...1,5), \text{ м}; \quad (14.13)$$

- грязьового трубопроводу

$$Z_{гр} = Z_{пр} + (0,1...0,2), \text{ м}. \quad (14.14)$$

Схема комунікацій РЧВ наведена на рис. 14.9.

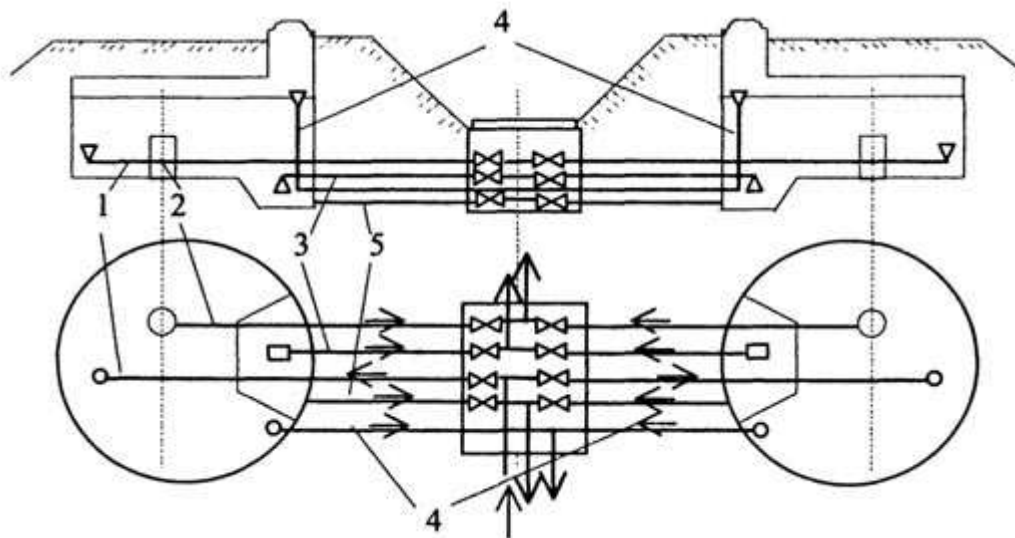


Рис. 14.9 - Схема комунікацій резервуару чистої води:

1 - подача води у резервуар; 2 - відведення господарсько-питної води і на промивку фільтрів;

3 - відведення пожежної витрати води; 4 - перелив; 5 - скид осаду.

Діаметри технологічних трубопроводів:

- діаметр переливного трубопроводу (і воронки на ньому) визначають з умови пропуску різниці витрат води, що надходить та забирається з ємкості;

- діаметри подаючого та відвідного трубопроводів (з воронками на них) визначаються з умови пропуску найбільших витрат. Для забезпечення циркуляції ці трубопроводи повинні розташовуватися на різній висоті;

- діаметр спускного (грязьового) трубопроводу залежить від об'єму резервуару, часу спорожнення, різниці відміток рівня води і випуску. Зазвичай приймається без розрахунку 100-200 мм.

14.3. Пневматичні водонапірні установки

Як було сказано вище до напірно-регулюючих споруд відносять: водонапірні башти, високорозташовані надземні напірні резервуари, а також повітряно-водяні (гідропневматичні) баки. Їх розміщують в найвищих точках місцевості біля або безпосередньо на мережі населеного пункту. Крім регулювання, водонапірні башти й резервуари вирівнюють напір в мережі, при цьому зміни подачі насосів не передаються в мережу.

Безнапірні регулюючі й запасні споруди (надземні й підземні резервуари) влаштовують, як правило, біля насосних станцій. Вони служать для регулювання роботи водозаборів, очисних і насосних станцій, зберігання аварійних, протипожежних та інших запасів води.

В окремих випадках замість водонапірних башт влаштовують гідропневматичні баки. Необхідний напір в таких установках створюється стисненим повітрям. Недоліками таких систем є потреба у високих напорах насосних станцій, що зумовлює додаткові витрати електроенергії і потребу в компресорах.

Перевагою гідропневматичних установок є те, що їх можна розташувати в будь-якому місці водонапірної мережі, а також у спеціальних приміщеннях під землею. Для забезпечення надійності безперебійної роботи системи водопостачання влаштовують не менше двох резервуарів. Між ними розташовують спеціальні перемикаючі камери.

Пневматичні установки призначені для регулювання нерівномірності водоспоживання і створення необхідного напору у водопровідній мережі.

У пневматичних установках необхідний напір створюється тиском стислого повітря на поверхню води в герметично закритих сталевих резервуарах. Існують дві системи пневматичних установок: змінного і постійного тиску. Більшого поширення набули установки змінного тиску.

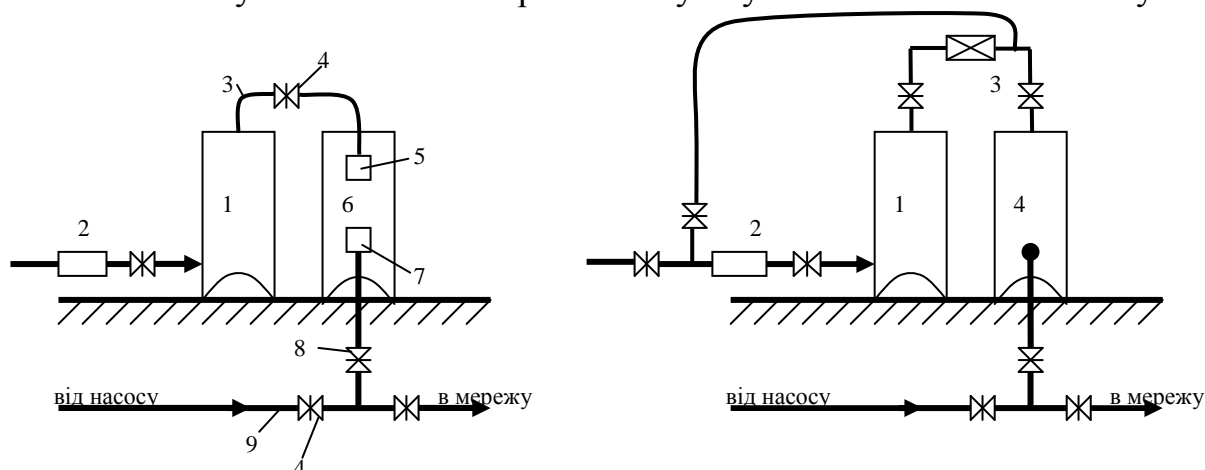


Рис. 14.10 – Схема пневматичної установки змінного тиску

- 1 – повітряний резервуар; 2 – компресор; 3 – перепускнув трубопровід; 4 – вентиль;
5 – зворотний клапан; 6 – водяний резервуар; 8 – поплавковий клапан; 8 – засувка;
9 – трубопровід

Пневматична установка **змінного** тиску (рис. 14.10) складається з наступних основних елементів: двох герметичних резервуарів - повітря 1 і водяного 6, сполучених між собою перепускнув трубопроводом 3 з вентилем 4. Для наповнення резервуару 1 повітрям встановлений компресор 2. Вода

насосом подається в резервуар 6 по трубопроводу, який у водяному резервуарі закінчується поплавковим клапаном 7, який не допускає його повного спорожнення і потрапляння повітря в мережу внутрішнього водопроводу. Перепускний трубопровід 3 закінчується зворотним клапаном 5, який запобігає потраплянню води в повітряний резервуар.

У пневматичних установках **постійного** тиску стисле повітря забезпечує постійний тиск в системі незалежно від коливання рівня води в резервуарі, що досягається установкою редукційного клапана на перепускному трубопроводі або на трубопроводі, що подає воду.

При виникненні пожежі включаються пожежні насоси, що подають воду безпосередньо у водопровідну мережу. Господарсько-питні насоси і пневматична установка при цьому автоматично (зворотним клапаном) відключаються від водопровідної мережі.

Контрольні питання

1. Дайте визначення регулюючих та запасних споруд? Які споруди в системі водопостачання належать до них?
2. Наведіть класифікацію ємностей систем водопостачання.
3. Наведіть схему та принцип роботи водонапірної башти.
4. Наведіть схему розположення водонапірної башти на початку водопровідної мережі, особливості її роботи.
5. Наведіть схему водопровідної системи з котррезервуаром, наведіть формулу визначення напору насосної станції 2-го підйому в даному випадку.
6. Наведіть схеми поєднання баку водонапірної башти і труб для подачі та відведення води, дайте пояснення до них.
7. Приведіть схему та принцип роботи водонапірної башти - колонни.
8. Наведіть алгоритм розрахунку об'єму резервуару чистої води.
9. Наведіть схему та принцип дії пневматичних водонапірних установок.

15. СПОРУДИ ДЛЯ ТРАНСПОРТУВАННЯ ВОДИ. ОСОБЛИВОСТІ ГІДРАВЛІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ВІДКРИТИХ КАНАЛІВ

15.1. Транспортування води. Основні типи транспортуючих споруд

Вибір методу транспортування води і відповідно типів транспортуючих споруд залежить від характеру природного джерела, ступеня його віддаленості від об'єкту, місцевих топографічних умов і кількості транспортуємої води.

Всі типи транспортуючих воду споруд, що практично використовуються, можуть бути розділені на дві основні групи:

- а) нагнітальні водоводи;
- б) гравітаційні (або самопливні) водоводи і канали.

В спорудах першої групи подача води здійснюється насосами. В спорудах другої групи рух води відбувається під дією сили тяжіння.

В деяких випадках взаємне розположення джерела та об'єкту водопостачання, а також характер рельєфу місцевості викликають необхідність використання того чи іншого принципу подачі води на окремих ділянках траси водоводу [5].

За характером руху води (за характером гідравлічної роботи) всі транспортуючі воду споруди можуть бути розділені на *напірні водоводи* (працюють повним перерізом) і *безнапірні водоводи* (мають вільну поверхню води) (рис. 15.1).

Безнапірні водоводи можуть бути виконані у вигляді відкритих каналів, які вириті в землі, або у вигляді закритих каналів (різних конструкцій та з різних матеріалів), що працюють неповним перерізом.

Використання гравітаційного методу подачі води дає великі економічні переваги, тому що дозволяє значно знизити витрати на експлуатацію системи водопостачання. Очевидно, що застосовувати цей метод транспортування води для водоводу в цілому можна лише за умови, якщо відмітка рівня води водойми, що використовується, перевищує відмітку точки, в яку повинна бути подана вода. Однак і при дотриманні цієї умови наявність значних підвищень по трасі водоводу може потребувати підйому води насосами для перекидування її через ці підвищення.

Для схеми, де відмітка рівня водойми, що використовується, значно перевищує відмітку землі біля об'єкту, гравітаційна подача води потребувала б устрою дуже довгих тунелів, що сильно здорожчує будівництво. Підняття води насосами до резервуару, встановленого на найвищій точці підвищення, що перетинається, дозволить уникнути устрою тунелів. При такому рішенні на ділянці до підвищення будуть напірні водоводи, а після підвищення до об'єкту - гравітаційні водоводи.

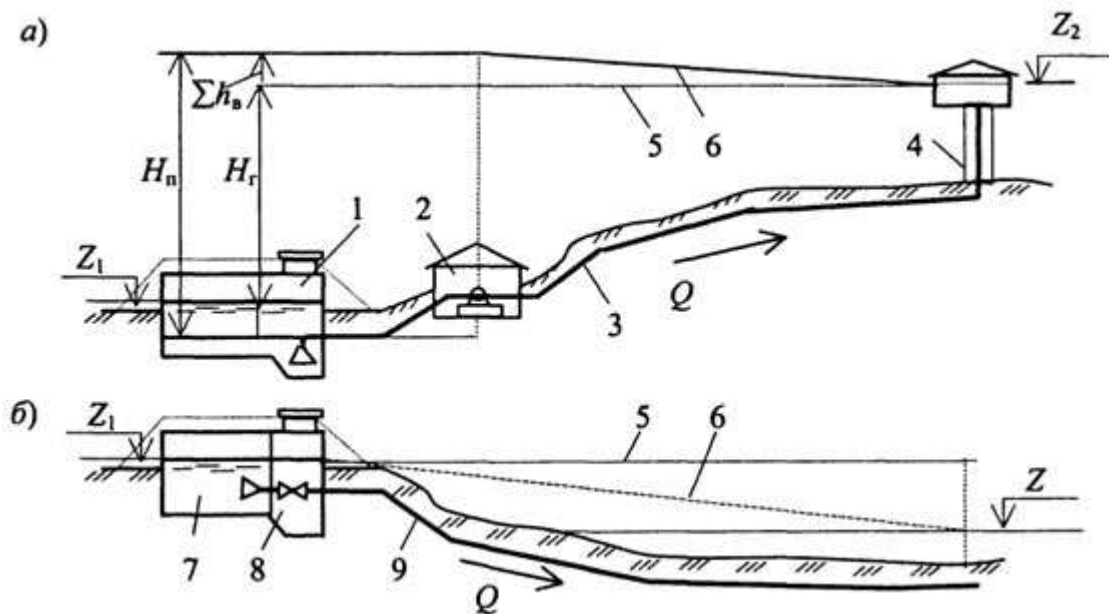


Рис. 15.1 - Розрахункові схеми водоводів:

а - напірного; б - самопливно-напірного: 1 - резервуар, що постачає насос; 2 - насосна станція; 3 - напірний водовод; 4 - водонапірна башта; 5 - лінія гідростатичного напору; 6 - лінія гідродинамічного напору; 7 - підземний напірний резервуар; 8 - камера переключення; 9 - самопливно-напірний водовод.

У ряді випадків вдається використовувати гравітаційний метод подачі води на всій протяжності траси водоводу. При цьому застосування безнапірних каналів можливо лише при відносно рівномірному та незначному ухилі місцевості упродовж траси водоводу. В цих умовах можна забезпечити потрібний постійний ухил безнапірного каналу без устрою дорогівартісних глибоких вийомок та споруд для переходу знижених місць (рис. 15.2).



Рис. 15.2 – Відкритий канал для транспортування води

Вибір типу та конструкції безнапірного каналу визначається економічними міркуваннями та місцевими умовами, а також вимогами до якості води.

Відкриті канали представляють собою відносно дешеві (на одиницю довжини) споруди для транспортування великих кількостей води.

Для подачі питної води (чистої природної або очищеної) відкриті канали не повинні застосовуватися.

Закриті безнапірні канали (рис. 15.3) являються більш вартісними спорудами, але втрати води в них значно менші, вони захищають воду від забруднення і розвитку рослинності та забезпечують майже постійну температуру води на всьому шляху її подачі від джерела до об'єкту.

При наявності достатньої для забезпечення руху води різниці відміток в початковій та кінцевій точках водоводу, але в умовах відносно пересіченого рельєфу місцевості часто виявляється більш рентабельним використання напірних гравітаційних водоводів, тобто водоводів, що працюють повним перерізом. За умовами своєї гідравлічної роботи ці водоводи аналогічні нагнічувальним водоводам, їх конструкція повинна забезпечувати опір розриваючим зусиллям від внутрішнього тиску води.

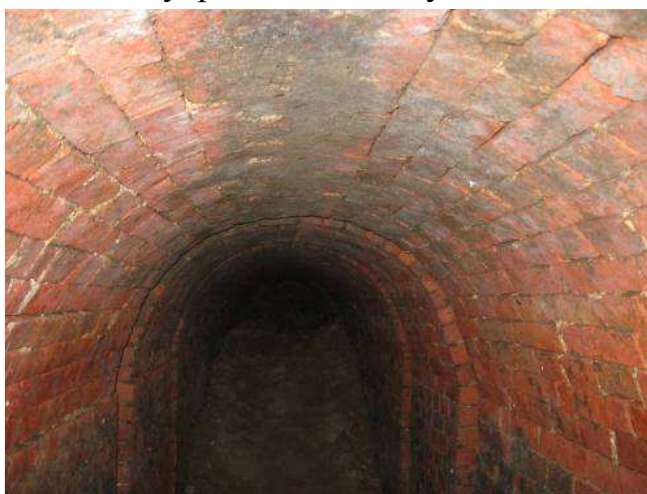


Рис. 15.3 – Закритий канал з цегли

Так як напірні водоводи допускають практично будь-яку зміну ухилу за довжиною траси, використання їх часто дозволяє значно скоротити загальну довжину водоводу.

В сучасній практиці водопостачання місцеві природні джерела води часто виявляються недостатніми для задоволення потреб великих міст та промислових підприємств (особливо у відносно маловодних місцевостях) і доводиться використовувати вельми віддалені джерела, що розташовані за десятки, а іноді і сотні кілометрів від об'єктів. В цих умовах значення транспортуючих воду споруд та питома вага затрат на їх будівництво в загальній вартості системи водопостачання значно зростають. Вибір найбільш економічного варіанту подачі води набуває особливо важливого значення. Цей вибір виконується, як правило, на основі ретельного вивчення місцевих умов (топографії та геології за можливими трасами водоводу) і техніко-економічного порівняння різних варіантів.

При всіх умовах транспортуюча воду споруда повинна забезпечувати надійність та безперебійність постачання об'єкту водою. Для цього необхідно, щоб її конструкція зводила до мінімуму небезпеку виникнення аварій. Довгі водоводи, як правило, прокладають в одну лінію. Тому в кінці водоводу

повинні бути влаштовані запасні ємності такого об'єму, який може забезпечити живлення об'єкту водою під час ліквідації аварії або проведення ремонту.

При відносно малій довжині водоводу потрібна надійність водозабезпечення споживачів може бути досягнута з меншими затратами шляхом будівництва його з двох паралельно працюючих ліній (замість устрою запасних ємностей). У ряді випадків наявність двох або декількох паралельно працюючих ліній водоводу являється наслідком поступового розвитку системи водопостачання у відповідності з ростом водоспоживання об'єкту.

Практика транспортування води дає приклади широкого використання всіх названих типів споруд.

Для забезпечення водою промисловості і населених пунктів центрального району Донбаса побудований відкритий водопровідний канал, що забирає воду з р. Сіверський Донець. Канал має довжину 132 км та розрахований на подачу витрати 25 м³/с. Рельєф місцевості викликав необхідність устрою на каналі чотирьох насосних станцій, які піднімають воду на загальну висоту біля 250 м. Вода, що забирається з каналу для міських водопроводів, підлягає відповідній очистці.

У 1961 р. був побудований інший крупний відкритий водопровідний канал, який подає воду з р. Дніпро (від Каховського водосховища) для потреб промисловості і населення Криворіжжя. Канал довжиною 57 км розрахований на подачу витрати до 41 м³/с.

Прикладом вельми великого безнапірного закритого каналу може служити Баку-Шоларський водовід, який був пущений в експлуатацію в 1917 р. Водовід використовує води Шоларських джерел. Загальна його протяжність від джерела до міських резервуарів 185 км. З них перші 147 км виконані у вигляді закритого безнапірного бетонного каналу овоїдального перерізу (1,2×1,7 м). Далі вода подається насосами по нагнітаючому водоводу довжиною 18 км у розподільну камеру і по самопливним бетонним водоводам (довжиною 20 км) підводиться до міських резервуарів.

В якості прикладу широкого використання безнапірних закритих каналів для міського водопостачання у закордонній практиці може служити система самопливних водоводів Парижу (протяжність кожного 100-130 км), які подають підземні води з різних районів.

Розвиток технології виробництва напірних труб зумовив все більш широке застосування напірних гравітаційних водоводів. Подібні водоводи значної протяжності використані при будівництві більшості систем водопостачання населених пунктів в нашій країні та закордоном.

15.2. Безнапірні водопровідні канали

Відкриті водопровідні канали за своїм устроєм та методами розрахунку вельми близькі до каналів зрошувальних систем.

Трасу каналу обирають на основі даних топографічних та геологічних досліджень. Канал повинен мати за можливості рівномірний ухил за всією довжиною. Величина ухилу, яка безпосередньо пов'язана зі швидкістю руху води в каналі, лімітується цілим рядом умов. Дуже малі ухили і, відповідно,

малі швидкості приводять (при заданій витраті) до збільшення площі поперечного перерізу каналу і тим самим до збільшення його будівельної вартості. Крім того, при малих швидкостях може відбуватися замулювання і заростання каналу. Занадто великі ухили можуть викликати зростання швидкостей до меж, небезпечних у відношенні розмиву каналу.

Верхні межі розрахункової швидкості руху води у каналі залежать від характеру ґрунтів, в яких проходить канал, наявності та характеру кріплень або «одягу» стінок і дна каналу. В каналах без облицювання розрахункова швидкість зазвичай близька до 0,6 - 0,7 м/с. В облицьованих каналах швидкість значно вище і складає 1,5 - 2 м/с і більше.

Поперечний переріз каналу найчастіше має трапецієподібну форму; лише іноді (в скальних ґрунтах) йому надають форму прямокутника. Коефіцієнт відкосів (відношення закладання до висоти) каналу трапецієподібного перерізу залежить від характеру ґрунта, а також від наявності та способу кріплення відкосів. Зазвичай коефіцієнт відкосів приймають в межах від 1,5 до 3.

Для того, щоб витримати заданий продольний ухил каналу, його доводиться прокладати на окремих ділянках в залежності від рельєфу місцевості у виїмці, на нульових відмітках (з частковим обвалуванням) або навіть у насипу.

Будувати канал без облицювання його стінок і дна можна тільки в щільних слабопроникних ґрунтах, де втрати води на фільтрацію відносно невеликі.

Облицювання каналів влаштовується з метою зниження фільтраційних втрат, попередження їх від розмивання і обповзання відкосів, зниження шорсткості поверхні їх стінок, а також попередження заростання каналу водною рослинністю. В окремих випадках облицювання може слугувати для захисту каналу від надходження в нього забруднених ґрунтових вод.

У водопровідних каналах застосовують наступні види облицювання: гравійні відсіпки; мощення; бітумне покриття; глинисті екрани; бетонні та залізобетонні покриття.

Два перших типи «одягу» служать в основному для захисту відкосів каналів від розмиву та обрушення, інші - для боротьби з фільтрацією.

На рис. 15.4 показаний канал Сіверський Донець - Донбас на ділянці з облицюванням залізобетонними плитами.



Рис. 15.4 – Канал Сіверський Донець - Донбас на ділянці з облицюванням залізобетонними плитами

Для зниження вартості будівництва водопровідних відкритих каналів їх зазвичай влаштовують в одну лінію.

При будівництві каналу і для забезпечення його нормальної експлуатації на ньому потрібно влаштувати ряд споруд.

Перетин каналом пониженних місць траси, оврагів, річок, а також доріг здійснюється за допомогою дюкерів, які представляють собою напірні гравітаційні водоводи з залізобетонних або металевих труб. Їх вкладають у дві паралельні лінії (це збільшує надійність роботи). У відношенні характеру роботи і методів гідравлічного розрахунку ці дюкери аналогічні дюкерам, що широко застосовуються в системах каналізації. В оголовках дюкерів встановлюють пристрої для виключення окремих ліній дюкерів при ремонті і прочистці, а в верхній камері встановлюють сорозатримуючі решітки

В окремих випадках перехід каналу через річки та яри здійснюється у вигляді мостів – акведуків (рис. 15.5).



Рис. 15.5 – Судохідний мост-акведук

На каналі через деякі відстані встановлюють споруди, що перегороджують канал та дозволяють не тільки виключати окремі ділянки його на ремонт (і навіть повністю закривати канал), але й регулювати рівень води в ньому в міру необхідності (наприклад, забезпечувати підпір в умовах зимового режиму).

Вище кожної споруди, що перегорожує, повинен бути влаштований автоматично діючий водоскид для попередження вищележачих ділянок каналу від переповнення.

В місцях різкої зміни відміток місцевості за трасою каналу влаштовують перепади або швидкотоки.

Дуже часто (наприклад, при перетині каналом водорозділу) рельєф місцевості викликає необхідність устрою каналу в декілька рівнів з місцевими підйомами води насосами. Такий характер має, наприклад, продольний профіль каналу Сіверський Донець - Донбас.

Насосні станції на каналах значно відрізняються від звичайних водопровідних насосних станцій. В ряді випадків ці станції повинні піднімати дуже велику кількість води на відносно малу висоту («перевальні» станції). В них широко застосовуються осьові відцентрові насоси.

Як вже було сказано, водопровідні канали, особливо довгі, прокладають зазвичай в одну лінію з метою зниження їх будівельної вартості. В цих умовах безперебійне постачання водою об'єкту може бути забезпечено лише при наявності у кінці каналу резервних ємкостей об'ємом, достатнім для

задоволення потреб об'єкту на час, необхідний для ремонту або ліквідації аварії на каналі. В якості такої ємності все частіше використовуються водосховища, що утворюються греблями на річках та струмках, які перетинаються каналом. В багатьох каналах значна частина їх загальної довжини приходить на водосховища. Устрій водосховищ на каналі дозволяє у ряді випадків набагато зменшити об'єм робіт з будівництва самого каналу. Водосховища використовуються не тільки як резервні ємності, але одночасно і як відстійні басейни, які затримують завислі речовини, що містяться у подаваній воді.

Закриті безнапірні канали використовують для подачі чистої природної або вже очищеної води.

За конструктивним оформленням та умовами гідравлічної роботи водопровідні закриті канали близькі до колекторів каналізації.

Раніше закриті канали майже завжди будували з цегли; в теперішній час їх виконують в основному з бетону або залізобетону. Залізобетонні канали бетонуються на місці або монтується зі збірних елементів.

Форма поперечного перерізу закритих безнапірних каналів різна: найчастіше застосовуються канали овоїдальної, лоткової та круглої форми. В закордонній практиці дуже розповсюджена підкововидна форма поперечного перерізу закритих каналів. Форма перерізу повинна забезпечувати гарні гідравлічні характеристики каналу і високий його опір тиску ґрунта на ділянках, де він проходить у землі.

Розрахунковий рівень наповнення каналів (відношення глибини потоку води до висоти каналу) приймається в межах від 0,75 до 0,9. Так як канали розглядаємого типу не розраховуються на напірний режим роботи (тобто на розриваючі зусилля від внутрішнього тиску води), то встановлений рівень заповнення повинен гарантувати неможливість утворення в каналі підпору.

На безнапірних закритих каналах (так же як і на відкритих) для переходу ярів, річок та долин влаштовують дюкери (ділянки напірних самопливних ліній) і в окремих випадках мости - акведуки. Крім того, ці канали також обладнуються спорудами, що перегороджують потік води, і спорудами для скиду води з метою захисту каналу від переповнення. При перетині безнапірними закритими каналами підвищень широко застосовуються тунелі.

15.3. Напірні гравітаційні водоводи

При сильно пересіченому рельєфі місцевості за трасою самопливного водоводу використання безнапірних каналів (як відкритих, так і закритих) стає недоцільним. Забезпечення належного постійного ухилу каналу (відповідного ухилу вільної поверхні води в каналі) потребує в цьому випадку виконання значного об'єму земляних робіт; кількість споруд в місцях перетину каналом долин, ярів та підвищень (тобто дюкерів, мостів, тунелів) дуже велика. Все це веде до збільшення будівельної вартості каналу.

В таких умовах (і при наявності достатнього загального падіння відміток місцевості за довжиною каналу) економічно більш вигідно влаштовувати напірні гравітаційні водоводи, які, працюючи повним перерізом, не потребують визначеного однозначного ухилу за довжиною каналу.

Напірні гравітаційні водоводи подібно нагнічуючим вкладають на визначеній глибині від поверхні землі, наслідуючи зміни рельєфу місцевості. Ці водоводи дозволяють зменшити не тільки об'єм земляних робіт, але часто і загальну довжину траси. Однак умови їх роботи під напором потребують застосування для них напірних труб.

У більшості випадків в сучасних системах водопостачання напірні гравітаційні водоводи великих діаметрів виконують із залізобетонних труб, зокрема із попередньо напружених. Ці труби дозволяють забезпечити опір водоводу значним внутрішнім тискам і одночасно його герметичність.

Щоб уникнути великих робочих тисків у гравітаційних водоводах і тим самим зменшити товщину стінки та вартість труб, що використовуються, напірні гравітаційні водоводи часто розбивають на окремі ділянки, встановлюючи у підвищених точках траси спеціальні (розвантажні) резервуари. Крім того, резервуари, що розташовуються за довжиною водоводу, можуть слугувати запасними ємкостями, які використовуються під час ліквідації аварій або ремонту вищележачих ділянок водоводу. На водоводах великої протяжності ці резервуари дозволяють організувати автоматичне регулювання подачі води водоводом у відповідності з графіком витрати води споживачами.

При значних падіннях відміток місцевості на окремих ділянках напірних гравітаційних водоводів з успіхом використовують надлишкову гідравлічну енергію шляхом устрою гідроелектростанцій, які досягають на деяких крупних водоводах великої потужності.

Контрольні питання

1. Назвіть основні типи транспортуючих воду споруд, дайте їх коротку характеристику.
2. Дайте визначення та назвіть галузь застосування безнапірних каналів.
3. Наведіть основні умови використання гравітаційних водоводів.

16. ОСОБЛИВОСТІ ВЛАШТУВАННЯ ДВОРОВОЇ ТА ВНУТРІШНЬО-КВАРТАЛЬНОЇ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

У житлових районах і мікрорайонах прокладається об'єднана мережа господарсько-питного та протипожежного водопроводу.

Трасування водогінної мережі мікрорайону визначається в залежності:

- від характеру об'єктів, планування, поверховості та розміщення окремих будинків, розташування внутрішньоквартальних проїздів, наявності та розміщення зелених насаджень і т.п.;
- від наявності та діаметра магістральних ліній мережі міського водопроводу.

При забудові по «червоній лінії» будинки приєднуються до магістральних ліній водогінної мережі, які прокладаються вуличними проїздами (рис. 16.1). Приєднання вводів до магістральних трубопроводів великих діаметрів ($D > 400$ мм) не допускається. У цьому випадку живлення вводів споживачів здійснюється із супутніх розподільних трубопроводів $D = 150-300$ мм.

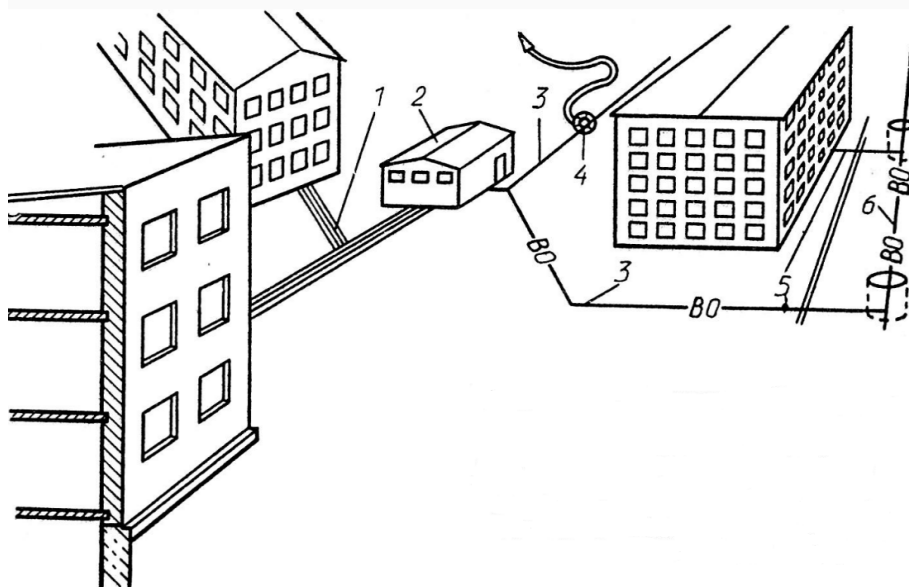


Рис. 16.1 - Мікрорайонне водопостачання:

1 – внутрішньоквартальна мережа; 2 - центральний тепловий пункт; 3 - ввід міської магістральної мережі; 4 - колодязь із гідрантом; 5 - індивідуальний ввід; 6 - вулична розподільна мережа.

При вільному плануванні житлових районів живлення водою будинків здійснюється із внутрішньоквартальної водогінної мережі. Водомірний вузол та насоси-підвищувачі напору розташовуються в будинку центрального теплового пункту (ЦТП).

При значних розмірах кварталів мікрорайонна мережа забезпечує і пожежні потреби, тому на ній розміщаються пожежні гідранти на відстані не більше 150 м один від одного.

На рис. 16.2 показана укладка інженерних мереж в одній траншеї.

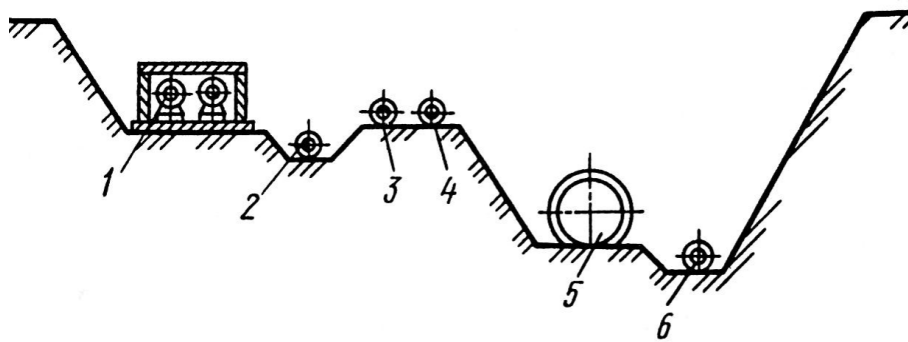


Рис. 16.2 - Укладка інженерних мереж в одній виїмці (траншеї):
 1 – тепломережа; 2 – водопровід; 3 – газопровід; 4 – газопровід низького тиску;
 5 – водосток; 6 – каналізація.

Внутрішньоквартальні мережі водопроводу прокладають від колодязя до найвіддаленішого житлового будинку проїздами, паралельно будинкам, на відстані не менш 5 м від них. Для зменшення будівельної вартості допускається прокладка водопроводу в підвалах житлових будинків із транзитним трасуванням трубопроводів.

Водозабір, як правило, здійснюється з найближчого до будинку водорозбірного колодязя. Відвід від вуличної мережі обов'язково повинен мати запірний вентиль (рис. 16.3).

Поруч із вентилям (з боку дворової мережі) встановлюють зливний патрубок із краном для зливу води із дворової мережі водопроводу. Для дворової водогінної мережі придатні сталеві оцинковані труби діаметром 25-50 мм або чавунні напірні труби. При цьому варто мати на увазі, що використання в системі питного водопостачання чорних труб (навіть невеликого шматка, довжиною 2-3 м) неприпустимо, тому що це приводить до появи у воді іржавого осаду. Діаметр труб дворової мережі орієнтовно можна підібрати виходячи з наступного простого розрахунку.

Діаметр труби введення залежить від кількості водорозбірних пристроїв у будинку: при наявності 1-2 кранів - 15 мм, 3-6 кранів – 20 мм, 7-8 кранів - 25 мм. Цей же діаметр враховується при підборі водомірів холодної води УВК-15, УВК-20 і т.д. (цифра означає діаметр приєднувальних штуцерів у міліметрах). Випускаються також водоміри ВКМ-3, ВКМ-5, ВКМ-10 відповідно для труб діаметром 15, 20 та 32 мм.

Дворову частину трубопроводу вкладають з ухилом не менш 0,003 в бік вуличної мережі (водорозбірного колодязя) для забезпечення гарантованого зливу води із трубопроводів (на зиму, для ремонту й т.п.). Як відомо, сталеві трубопроводи під впливом зовнішнього середовища й води, що протікає в них, іржавіють, що іноді приводить до різкого скорочення строку їх служби. Щоб уникнути цього, необхідно забезпечити захист сталевих трубопроводів від ґрунтової корозії влаштуванням ізоляційного покриття, для цього необхідно хоча б приблизно знати корозійну активність ґрунтів.

Піщані ґрунти (якщо відсутні хімічні забруднення або блукаючі струми) вважаються ґрунтами з низькою корозійною активністю, солончакові й глинисті - ґрунтами середньої активності, торф'яні й болотно-чорноземні ґрунти - ґрунтами з високим ступенем корозійності.

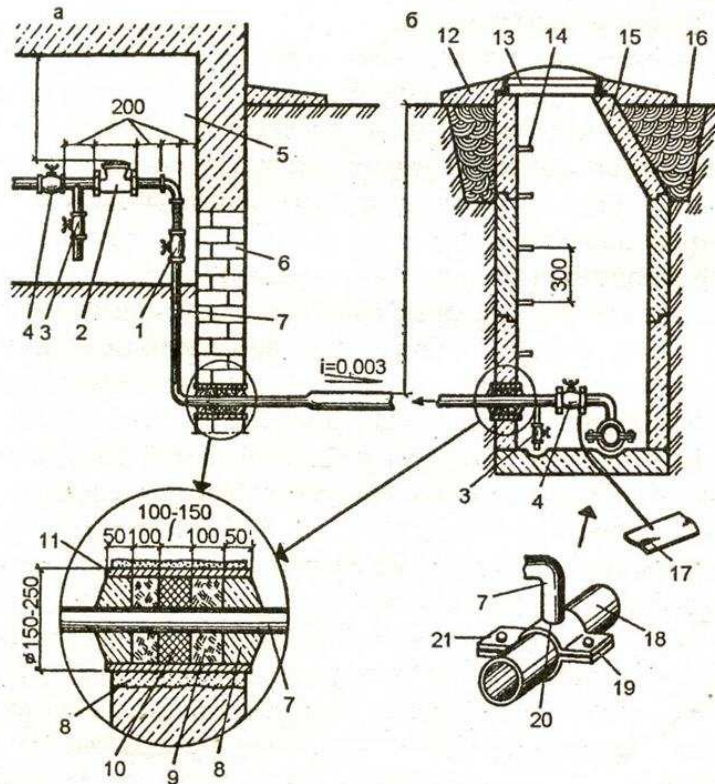


Рис. 16.3 - Влаштування водопровідного вводу та водозабірний колодязь: а - ввід через фундамент; б - водорозбірний колодязь; 1 - вхідний вентиль; 2 - водомір; 3 - зливний кран; 4 - перекривний вентиль; 5 - напіввідвал (підвал); 6 - фундамент; 7 - трубопровід вводу; 8 - цементний розчин; 9 - смоляне пасмо; 10 - м'ята глина; 11 - футляр (чавунна або керамічна труба); 12 - вимоцнення; 13 - люк; 14 - хо дові скоби; 15 - фасонне бетонне кільце; 16 - глиняний замок; 17 - заземлення; 18 - труба вуличного водопроводу; 19 - гумова прокладка; 20 - зварювання; 21 - хомут.

Глибина закладання водогінної мережі повинна бути на 0,5 м більше глибини промерзання ґрунту для даної місцевості. Середню глибину вкладання труб орієнтовно приймають: для північних районів - від 2,6 до 3,5 м, для середньої смуги - 2-2,7 м, для південних районів - від 1 до 1,5 м, для Харківської області - 1,1-1,3 м. Мінімальна глибина укладання водопроводу для південних районів становить 0,5 м, щоб вода влітку не нагрівалася. Але оскільки мова йде про приєднання до вуличної водогінної мережі, то глибина її закладання і буде в цьому випадку орієнтиром для визначення глибини траншеї.

Перед вкладанням труб у траншею із проколами їх гідроізолюють на всю довжину (залишаючи чистими тільки різьбові кінці довжиною 10-12 см, достатні для захвату ключем), кінці закривають заглушками (зав'язують плівкою) і послідовно затаскують через найбільш підходящий колодязь або початок траншеї. Потім у колодязях труби з'єднують муфтами, а місця стиків ретельно гідроізолюють. Схема прокладки дворового водопроводу наведена на рис. 16.4.

При суцільній траншеї всю нитку дворового трубопроводу збирають на поверхні, гідроізолюють та акуратно опускають на дно траншеї. Дно траншеї повинне бути рівним, щоб труби щільно та без прогинів лягали на нього. Під стиками труб для зручності монтажу викопують приямки.

У процесі всього циклу робіт із трубами їх відкриті кінці закривають дерев'яними пробками або поліетиленовою плівкою, закрученою м'яким дротом.

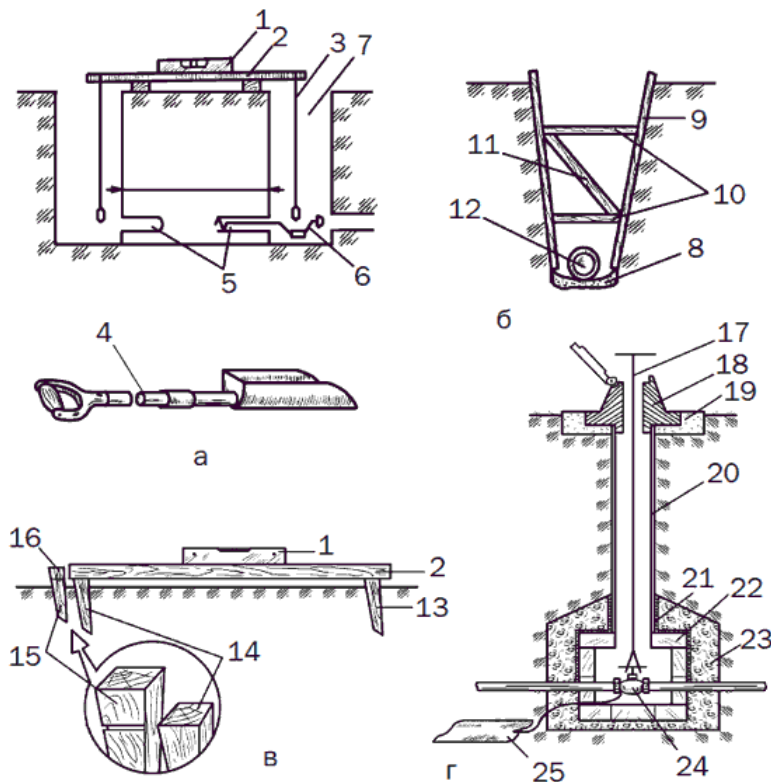


Рис. 16.4 – Прокладка дворового водопроводу:

а - методом проколу; б - профіль траншеї з розпорками; в - схема нівелювання дна траншеї;
 г - пристрій трубчастого водорозподільного колодезя; 1 – будівельний рівень;
 2 - планка; 3 - схил; 4 - совкова лопата з подовженим рукояттям; 5 - прокол; 6 - шнековий
 (садовий) бур; 7 - колодезь; 8 - піщане відсіпання; 9 - бічні дошки; 10 - розпірки; 11 - підкіс;
 12 - труба; 13 - нульовий кілочок; 14 - робочий кілочок; 15 - контрольний кілочок;
 16 - контрольна риска; 17 - вороток; 18 - газовий чавунний люк; 19 - вимоцнення з
 підготовкою; 20 – азбестоцементна труба; 21 - гідроізоляція; 22 - цегельна кладка;
 23 - глиняний замок; 24 - вентиль; 25 – заземлення.

Після того як труба покладена на дно траншеї та приєднана до вуличної мережі, її засипають ґрунтом шаром 25- 30 см, залишаючи стики незасипаними. Потім перевіряють дворову мережу на герметичність під тиском, відключивши ввід до будинку заглушкою (перед водоміром).

Після гідравлічних випробувань труби остаточно засипають шарами по 0,3-0,4 м з ретельним ущільненням. Свіжозасипана траншея дає помітне осідання, тому протягом найближчих двох-трьох років треба уникати влаштування в цій зоні доріжок, підпірних стінок, цокольних заборів і подібних споруд.

Якщо виникає необхідність влаштувати розведення дворової мережі на двох-трьох споживачів, можна не влаштовувати розподільний колодезь. Для цього досить на кожному відгалуженні поставити по вентилю помістивши його в нішу, яка з'єднана з поверхнею землі чавунною трубою діаметром 100-150 мм.

Контрольні питання

1. Від чого залежать умови трасування водопровідної мережі мікрорайону?
2. Наведіть схему влаштування водопровідного вводу та водозабірною колодезя, дайте пояснення до неї.
3. Наведіть схему прокладки дворового водопроводу, дайте пояснення до неї.

17. ПРИНЦИПИ ТЕХНІКО-ЕКОНОМІЧНОГО РОЗРАХУНКУ ВОДОПРОВІДНОЇ МЕРЕЖІ

Задачі техніко-економічного розрахунку кільцевих мереж, як і тупикових, можуть ділитися на дві групи:

- при відомих допустимих загальних втратах напорів в мережі, а також в гравітаційних системах;
- при невідомому напорі насосної станції.

Задача першого типу розв'язується так, як і для розгалужених мереж.

Задача другого типу набагато складніша. Але спроби розв'язання цієї задачі робилися ще в 1927 р. А.А.Суріним і Н.Н. Генієвим в 1928 р. В наступні роки ці спроби не припинялися. З таких спроб слід відзначити роботи В.Г. Лобачова (1936, 1938, 1950 рр.), Л.Ф. Мошніна (1940, 1950рр.), М.В. Кірсанова (1949 р.), А.В. Теплова (1946 р.), В.П. Сироткіна (1951, 1963 р.), Н.У. Койди (1964 р.) [5, 9]. Всі ці роботи в першу чергу відрізняються методикою врахування тих чи інших економічних показників. Найбільш сучасний метод з точки зору економіки (метод спряжених капітальних витрат і метод терміну окупності) використано В.П. Сироткіним. Але врахування спряжених витрат настільки не точне, що для малих і середніх систем ця методика розрахунків не виправдана. Незважаючи на таку велику кількість праць, проектувальники рідко використовують ці методи. І справа тут не стільки в складності розрахунків, скільки в відносній оптимізації розглядаємої системи.

Визначення економічно найбільш вигідних діаметрів при найбільш вигідному розподіленні потоків води по мережі неможливе. Відшукавши розподілення витрат води по ділянках кільцевої мережі, яке відповідає екстремальному значенню функції її вартості, побачимо, що це значення буде максимальним, а не мінімальним. Таким чином, відповідаюче йому розподілення буде найменш вигідним. Вигідною являється не кільцева, а тупикова мережа. Складені рівняння не описують повністю технічні характеристики мережі. Кільцева мережа проектується для надійності водозабезпечення, а рівнянь, які описують цю надійність, поки що не запропоновано. Тому оптимізацію мереж проводять при заданому розподіленні потоків при дотримуванні умов ув'язки $\sum h_i = 0$ для всіх кілець мережі.

Проф. В.П. Сироткін запропонував проводити техніко-економічний розрахунок мереж по середньозваженій за добу величині витрати і напору. Крім того, при розрахунку кільцевих мереж він пропонує всі перемички в мережах не враховувати, замінюючи кільцеву мережу мережею з вузлами і паралельними лініями.

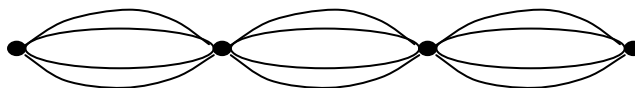


Рис. 17.1 – Розрахункова схема кільцевої мережі по В.П. Сироткіну

При такому підході кільцеві мережі настільки ідеалізуються, що практичні висновки В.П. Сироткіна мають дуже спірне значення. Він запропонував формули для економічного розрахунку, а також ним складені номограми для визначення

діаметру труб. Але вони не знайшли практичного використання.

З найбільш сучасних способів розрахунку слід відзначити спосіб техніко-економічного розрахунку кільцевих мереж Н.У.Койди, в якому, крім економічних вимог, зроблена спроба врахувати рівень їх надійності [16].

17.1. Основи техніко-економічних розрахунків систем подачі і розподілу води

Техніко-економічні розрахунки проводять з метою визначення найбільш оптимальних конструктивних і технологічних параметрів систем водопостачання, за якими вся система є найбільш економічно вигідною. Залежно від поставлених задач на різних етапах проектування визначають як окремі параметри (діаметри труб, напори насосів тощо), так і схему системи водопостачання населеного пункту. Це стосується, зокрема, зонування і районування системи водопостачання, доцільності влаштування башт, станцій підкачки, гідропневмоустановок тощо [17].

Попередній розподіл потоків води у водопровідній мережі є першим етапом техніко-економічного та гідравлічного розрахунків систем подачі та розподілу води. На його основі визначають діаметри труб ділянок мережі та втрати напору в мережі, які потрібні для розрахунків висот водонапірних башт і необхідних напорів насосів, що живлять водопровідну мережу. Попередній поточкорозподіл проводять окремо для кожного розрахункового випадку на основі:

- розрахункової схеми водопровідної мережі чи всієї системи водопостачання;
- вузлових витрат води;
- розрахункових витрат води, що подаються у водопровідну мережу від насосних станцій, башт чи резервуарів.

Розрахункову схему водопровідної мережі приймають такою ж, як і для визначення вузлових відборів. Однак, розташування водоспоживачів на ній не відображаються.

Вузлові відбори води наносять на розрахункову схему для кожного вузла. Там же показують витрати води, що подаються у водопровідну мережу. Витрати, що відбираються з мережі зображають стрілкою від вузла, а витрати, що подаються в мережу – стрілкою до вузла (рис. 17.2).

Розрахункові витрати води, що подаються у водопровідну мережу визначають на основі графіків подачі насосних станцій залежно від прийнятої схеми живлення водопровідної мережі. За відсутності таких графіків подача води у водопровідну мережу комунальних водопроводів може бути прийнята рівною:

- для будь-яких розрахункових випадків безбаштових систем водопостачання – величині сумарного розрахункового водоспоживання;
- для випадку пожежегасіння будь-яких систем водопостачання – величині сумарного розрахункового водоспоживання при пожежегасінні;
- для випадку максимального водоспоживання з прохідною баштою - величині сумарного розрахункового водоспоживання;
- для випадку максимального водоспоживання і транзиту води в башту з контррезервуаром - величині, що визначається за формулами

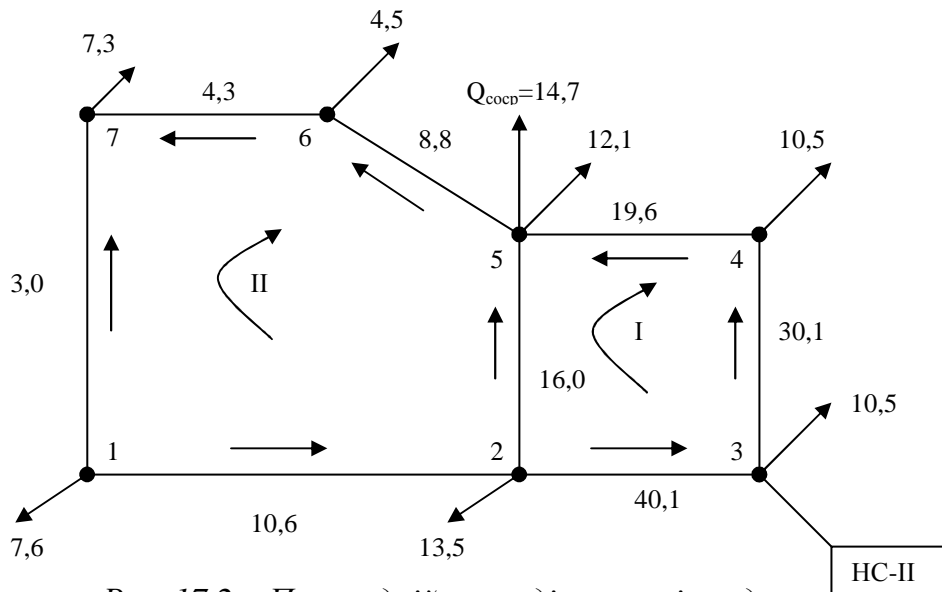


Рис. 17.2 – Попередній розподіл потоків води

$$q_{нс} = \frac{q_{розр.макс.} + q_{ср}}{2}, \quad (17.1)$$

$$q_{ВВмакс} = q_{розр.макс.} - q_{нс}, \quad (17.2)$$

$$q_{ВВтранз} = q_{нс} - q_{розр.тр.}, \quad (17.3)$$

де: $q_{нс}$ – подача води у мережу від насосної станції;

$q_{ср}$ – середня подача води в мережу за розрахунковий період (добу максимального водоспоживання);

$q_{ВВмакс}$, $q_{ВВтр.}$ – подача води у мережу від водонапірної башти для випадків максимального водоспоживання і транзиту.

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.

З метою взаємозаміни ділянок кільцевих водопровідних мереж для забезпечення вимог надійності при проведенні техніко-економічних розрахунків слід керуватись такими додатковими рекомендаціями:

- в напрямках руху води від джерел живлення по головних магістралях і з метою їх взаємозаміни направляють приблизно однакові витрати води;
- до основних споживачів воду потрібно подавати найкоротшим шляхом, але не менше, ніж за двома напрямками.

17.2. Визначення економічно вигідних діаметрів труб напірних водоводів

При проектуванні виникає проблема, яким слід прийняти діаметр трубопроводу і як обґрунтувати цей вибір. Теоретично через трубу будь-якого діаметра можна пропустити будь-яку витрату, проте при пропуску заданої витрати через трубопроводи малого діаметра в них виходять великі швидкості і великі втрати напору. Оскільки рух рідини в напірних трубопроводах, як правило, турбулентний, то втрати напору пропорційні V^2 . При великому діаметрі

трубопроводу швидкості будуть невеликими, отже, втрати теж будуть невеликими.

Економічно вигідними вважають такі діаметри трубопроводів систем водопостачання, при яких дисконтовані витрати на будівництво і експлуатацію всього комплексу зв'язаних між собою споруд (насосні станції, водоводи, водопровідні мережі, напірно-регулювальні споруди) є мінімальними. Крім того, трубопроводи повинні мати достатню пропускну здатність і міцність. Тому, на підготовчих етапах визначення економічно вигідних діаметрів труб проводять такі роботи:

- визначають матеріал і клас труб;
- виконують поточкорозподіл для всіх розрахункових випадків;
- уточнюють «економічну» базу даних: вартість електроенергії, трубопроводів, кредитні ставки, строк реалізації проекту тощо.

Будь-який водопровід складається з трубопроводу і насосної станції. Тому залежно від діаметра трубопроводу визначатиметься вартість будівництва, тобто вартість самого трубопроводу і насосної станції. Чим менше діаметр трубопроводу за всіх рівних інших умов, тим менша вартість трубопроводу, але буде більша вартість насосної станції і вище експлуатаційні витрати. Задаючись різними діаметрами трубопроводу, можна розрахувати щорічні витрати по трубопроводу; щорічні витрати по насосній станції; сумарні щорічні витрати. Ці дані відображаються графічно (рис. 17.3).

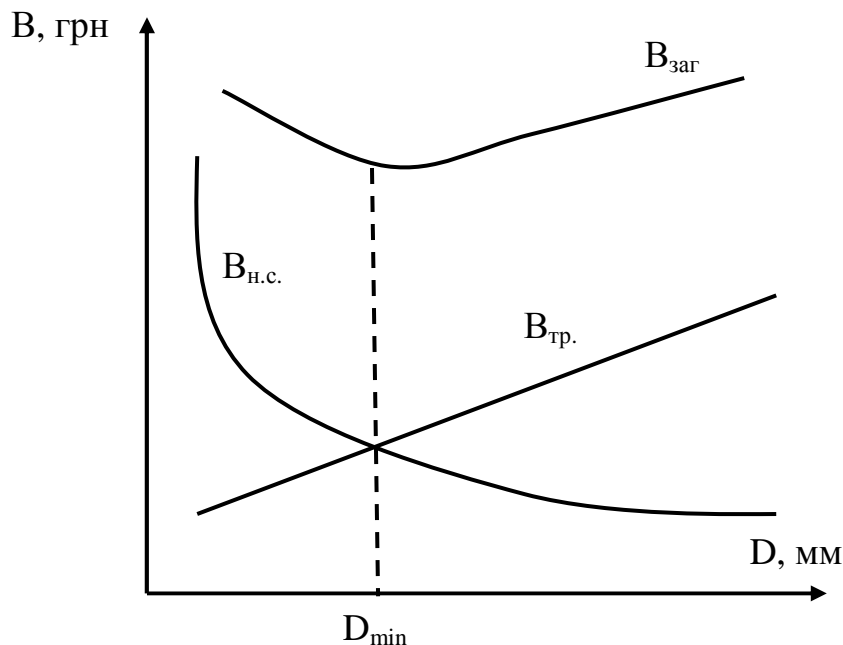


Рис. 17.3 - Сумарні щорічні витрати

Крива $V_{заг}$ має мінімальний діаметр, при якому загальні витрати мінімальні. Це і буде економічно найвигідніший діаметр трубопроводу.

У загальному випадку цей розмір не відповідає розмірам по ДЕСТ, тому приймають найближчий розмір. З точки зору економії металу доцільно вибирати найближчий менший діаметр. Швидкості, які відповідають економічно найвигіднішому діаметру, називають **економічними швидкостями**.

Контрольні питання

1. У чому полягають задачі техніко-економічного розрахунку водопровідної мережі? Назвіть методи їх вирішення.
2. Наведіть основні принципи проведення попереднього розподілу потоків води у кільцевій водопровідній мережі.
3. Який діаметр трубопроводу є економічно вигідним? Дайте визначення та пояснення до цього питання.

18. ДОСЯГНЕННЯ НАУКИ ТА ТЕХНІКИ В ГАЛУЗІ РОЗВИТКУ ПРОЕКТУВАННЯ ТА УСТРОЮ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Сучасні системи водопостачання міст та промислових підприємств представляють собою складні технічні системи, які забезпечують прийом, очистку та подачу води споживачам. Найбільш розповсюджені багатофункціональні системи водопостачання, призначені для питного, побутового, господарського, виробничого та пожежного водопостачання.

Насоси і насосні станції являються найважливішими елементами сучасних систем водопостачання. Технічні показники насосних станцій багато в чому визначають надійність та економічну ефективність подачі води. В той же час насосні станції являються основними споживачами енергії в системах водопостачання. Тому від того, наскільки раціонально вони запроектовані та експлуатуються, залежить питоме споживання енергії на подачу води.

На теперішній час існує декілька самих сучасних методів проектування систем водопостачання: графічний метод, модельно-макетний, а також більш сучасний метод - макетно-графічний, при якому використовуються можливості автоматизованої та електронної техніки [18].

Графічний метод проектування і наладки водопровідних мереж оснований на умовному зображенні предметів та простору на визначеній площині. Суть даного методу проектування, полягає в тому, що технічна детальна розробка необхідного проекту, супроводжується для передачі будівельній компанії графічним викладенням, тобто ескізом, кресленнями, графіками, таблицями, схемами і т.д. Для кожного наступного ступеня процесів проектування інженерних систем, характерні окремі спеціальні графічні прийоми. Такий метод проектування повністю відповідає всім умовам, зовсім не потребує будь-якого дороговартісного обладнання і може успішно застосовуватися у широкому діапазоні, оскільки допускає масштабове зображення будь-яких величин.

В основі **модельно-макетного методу**, лежить компоновка елементів споруди і різних об'ємних моделей у просторі, тобто це, не що інше, як об'ємно - просторове моделювання. Такий метод проектування проводиться комплексною групою спеціалістів - проектувальників, яка складається з будівельників, інженерів з водопостачання, фахівців в галузі контрольно-вимірювальних та автоматичних приладів і енергетиків. Проектувальники, користуючись розбірно-збірним макетом, визначають найбільш оптимальний варіант. Такий метод найчастіше використовують при проектуванні найбільш

складних систем водопостачання. При великій насиченості водопроводу трубами, застосовується масштабування 1:10, а при проектуванні одностадійному – 1:25 або 1:50.

Модельно-графічний метод відповідає всім вимогам проектування систем водопостачання найбільш повно, оскільки найбільш точно дозволяє представити масштабне моделювання всього комплексу у просторі, з можливістю розгляду кожної деталі.

Всі графічні матеріали обов'язково повинні включати генеральний план об'єкту та околиці, а також оптимальні варіанти рішення водопровідних схем, з вказанням розміщення основних будівель та споруд з детальними кресленнями (для того, щоб правильно визначити розміри споруди і всіх основних конструкцій, які дозволяють правильно розрахувати вартість будівництва).

Методи об'ємного проектування на сьогоднішній день вважаються найбільш точними, оскільки досвід їх використання наглядно доказав, що при такому підході не тільки значно покращується якість самого проекту, але також значно знижується вартість самого проектування. А головною перевагою об'ємного проектування, являється його наглядність, виключення помилок і можливість значно покращити організацію монтажних-будівельних робіт.

Проектування систем водопостачання здійснюється з метою забезпечення ефективного постачання об'єкту водою. Данна послуга - цілий комплекс робіт, який включає планування водопровідної мережі, її підключення до об'єктів водозабору і системам водоочистки.

Можна виокремити декілька основних видів систем водопостачання в залежності від їх використання:

- господарсько-питне водопостачання;
- система водопостачання, яка забезпечує пожежну безпеку об'єкту;
- оборотні та технологічні водопровідні системи.

Кожен з цих різновидів має свої особливості проектування та монтажу, тому потрібно виконувати всі роботи з обов'язковим врахуванням цих особливостей.

18.1. Основні технології відновлення пропускної здатності трубопроводів систем водопостачання

Водопровідні мережі являються системами життєзабезпечення, які призначені для транспортування води споживачам в необхідній кількості, з потрібними напором та якістю.

Експлуатація системи водопостачання передбачає підтримку її в робочому стані. В процесі експлуатації виконують планово-попереджувальні огляди (ППО) та планово-попереджувальні ремонти (ППР). Перелік робіт та періодичність їх проведення рекомендовані нормативними документами.

Трудомісткими роботами являються прочистка мережі, промивка та дезінфекція. Прочистка водопровідних труб може бути проведена механічним, хімічним, гідропневматичним способами, а також їх поєднанням. Промивка та дезінфекція здійснюється в декілька етапів: попередня промивка – дезінфекція та кінцева промивка до отримання двох задовільних бактеріологічних та

фізико-хімічних аналізів води [13, 15].

Об'єктивна оцінка стану водопровідної мережі можлива при проведенні телевізійного обстеження. Причинами появи пошкоджень мережі, які сприяють порушенню режиму роботи як самої мережі, так і системи водопостачання в цілому, являються:

- ❖ гідравлічні удари, що виникають при раптовому відключенні електроенергії або з інших причин;
- ❖ вібрація стиків, наприклад при русі багатотоннажного транспорту;
- ❖ підвищення напору в мережах з метою підтримки розрахункових витрат води;
- ❖ електрохімічна та ґрунтова корозія;
- ❖ неякісне виконання монтажних робіт;
- ❖ стороння дія на трубопроводи і т.п.

Ґрунтуючись на аналізі виявлених пошкоджень, приймають рішення про вибір способу їх усунення. Відновлення працездатного стану трубопроводу здійснюється або традиційним відкритим способом, або з використанням безтраншейних технологій. При виборі варіанту відновлення визначними являються технічні та економічні фактори, а також фактори, які визначаються навколишнім середовищем.

В практиці реконструкції трубопроводів відомі численні методи і технології безтраншейного ремонту, найбільш ефективними та розповсюдженими з яких являються наступні [19]:

Облицювання внутрішньої поверхні трубопроводу цементно-пісчанним покриттям. Метод застосовують для безтраншейного ремонту водопровідних мереж діаметром 100 мм і вище. Найбільше розповсюдження він отримав для відновлення сталевих трубопроводів. Сутність методу заключається в нанесенні на внутрішню поверхню трубопроводу цементно-пісчаного розчину відцентровим способом за допомогою пневматичної або електричної металльної головки агрегату для облицювання, який протягують в середині трубопроводу за допомогою тросу і лебідки (рис. 18.1)

За допомогою нанесення цементно-пісчаного покриття можна санувати (відновлювати) старі трубопроводи діаметром від 100 до 1200 мм. Метод дозволяє усувати витоки та підвищує гідравлічні характеристики труб за рахунок виникнення на поверхні ізоляційного покриття слизького гідрофільного шару. Причому коефіцієнт ковзання труб з таким покриттям навіть після багатьох років експлуатації вище, ніж у нових труб без всілякого захисту.

Перед нанесенням цементно-пісчаного покриття проводиться очистка внутрішньої поверхні труби за допомогою спеціальних скребкових пристроїв. На вже очищену ділянку трубопроводу цементно-пісчане покриття наноситься відцентровим методом пневматичної або електричної металльної головки агрегату для облицювання. Одночасно покриття розгладжується спеціальним конусом, товщина шару розчину, що наноситься, залежить від діаметру труби та коливається в межах від 3 до 15 мм. Після виконання робіт проводиться контрольний огляд трубопроводу, який має за мету переконатися в якісному нанесенні покриття.

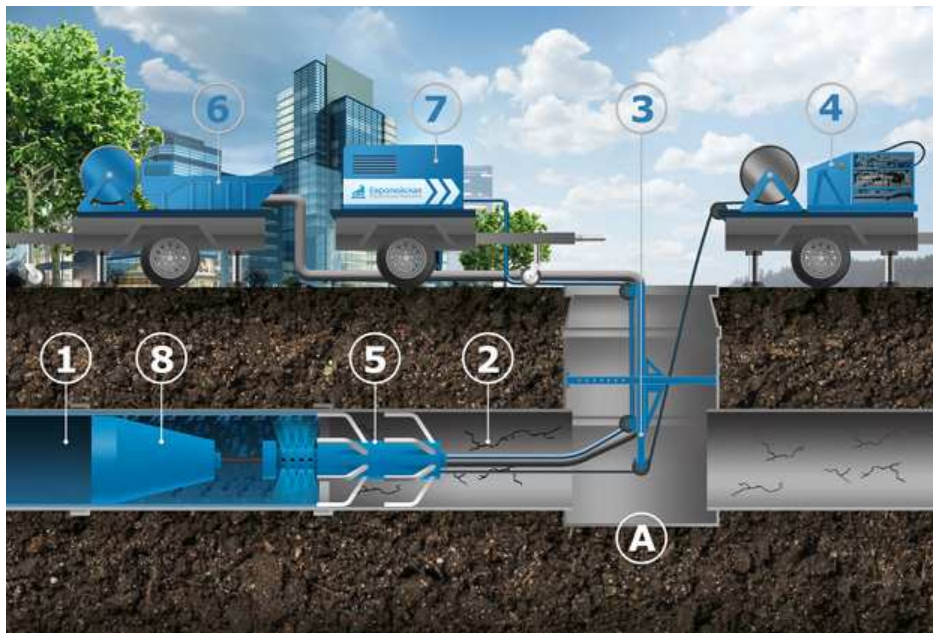


Рис. 18.1 - Схема нанесення цементно-піщаного покриття

1 - цементно-піщане покриття; 2 - старий трубопровід; 3 - направляючий ролик;
4 – лебідка; 5 – облицювальна машина; 6 – розчинна станція; 7 – компресор;
8 – разгладжуючий конус; А - робочий колодязь.

Переваги методу:

- збільшує строк служби трубопроводу до 50 років і більше;
- покращує гідравлічні характеристики труби та пропускну здатність;
- попереджається обростання трубопроводу мінеральними та біологічними відкладеннями;
- альтернатива дороговартісної перекладки водопровідних мереж;
- метод відносно простий у використанні та економічний.

Облицювання внутрішньої поверхні трубопроводу гнучким рукавом.

Метод реконструкції за допомогою суцільних полімерних рукавів може застосовуватися при температурі навколишнього повітря не нижче 0°C. Сутність методу реконструкції трубопроводів полягає у закріпленні біля торців та протягуванні безшовного полімерного рукава у порожнину труби на всю довжину ділянки трубопроводу, що ремонтується, та щільній фіксації його зовнішньої оболонки до внутрішньої поверхні труби за допомогою попередньо нанесених клейових сумішей під дією тиску повітря або пари. Тиск повітря забезпечує просування оболонки за довжиною трубопроводу, а термообробка приводить до швидкого затвердіння клейових сумішей (рис. 18.2).

Основні вимоги до полімерного покриття: воно має бути суцільним, без видимих дефектів і відповідати санітарним вимогам на застосування в якості облицювання трубопроводів, які транспортують питну воду, а також мати сертифікат відповідності державним вимогам.

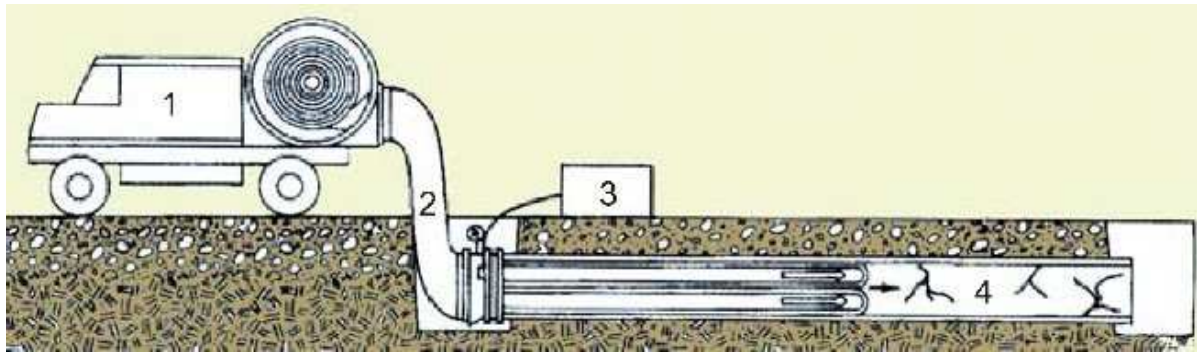


Рис. 18.2 - Метод реконструкції трубопроводів за допомогою суцільних полімерних рукавів

*1 - автомобіль з необхідним спецобладнанням; 2 - полімерний рукав; 3 - компресор;
4 – трубопровід, що ремонтується.*

Внутрішня поверхня трубопроводу перед протягуванням рукава повинна бути очищена від відкладень та іржі до металу. Додатковий етап очистки внутрішньої поверхні перед введенням захистної оболонки – обов'язкова продувка повітрям за допомогою компресора на протязі 4 або більше годин для забезпечення сухої внутрішньої поверхні труби. Безпосередньо перед встановленням рукав просочується епоксидною смолою і, проходячи через вальці, намотується на бобину, що розташована всередині великої металевої ємності, яка знаходиться на транспортному засобі, де також змонтовані парогенератор, електрогенератор і компресор. Співвідношення епоксидної смоли та затверджувача у період виробництва робіт повинно складати 1:1. Просочений рукав доставляється на місце встановлення, далі в ємність з рукавом починає подаватися стиснене повітря, під дією якого рукав, намотаний на бобину, починає вивертатися з фланця, що знаходиться на кінці ємності, так, що просочений смолою шар рукава виявляється ззовні, а покритий полімерною оболонкою – всередині. Початок рукава заводиться в трубу, і він продовжує вивертатися далі, до самого кінця відрізка, що ремонтується. Швидкість подачі рукава в трубопровід складає 2,5 м/хв. незалежно від діаметру трубопроводу, що підлягає відновленню. Після протягування рукава на всю довжину ділянки, що ремонтується, подача повітря припиняється, і у рукав вставляються металеві трубки, поєднані шлангами з приймальним резервуаром. Поступово повітря, яким наповнений рукав, починає прогріватися парою, яка виробляється парогенератором. Залишки повітря видаляються через металеві трубки, закріплені на кінцях рукава. Відбувається прогрів рукава, смола твердіє та міцно приклеюється до старої труби. Тривалість етапів затвердіння клейового складу – не менше 5 годин при температурі пари 105°C. Після прогріву рукав поступово остигає. Тривалість етапу охолодження не більше 6 годин при температурі 50° С. Через декілька годин кінці рукава обрізаються. На цьому процес відновлення трубопроводу закінчено, залишається лише провести його випробування та підключити до діючої мережі. При використанні даного методу виключається необхідність розриття траншеї, достатньо викопати котловани на визначеній відстані або скористатися наявними колодязями. Це дуже важливо при проведенні ремонту трубопроводів в міських умовах, де є велика насиченість підземних комунікацій, жваві автомагістралі, залізничні та

трамвайні шляхи і лінії метрополітену. Значний економічний ефект даний метод забезпечується при капітальному ремонті дюкерів. Разом з перевагами даної технології притаманні і деякі недоліки:

- відносно висока вартість матеріалів та смоли;
- необхідність ретельної очистки трубопроводів перед введенням рукава за допомогою дороговартісних машин гідравлічної очистки високого тиску та повного висушування внутрішньої поверхні;
- необхідність демонтажу і повторного нанесення полімерного покриття при виявленні дефектів у процесі монтажу;
- у випадку неповного приклеювання рукава до старої труби існує небезпека його відшарування та пошкодження у процесі експлуатації.

В Москві за допомогою суцільних полімерних рукавів відновлено більше 32 км водопровідних труб. При реконструкції трубопроводів використовуються також полімерні рукава компанії «Aarsleff» (рис. 18.3). Технологія локального ремонту являється ефективним рішенням для відновлення як горизонтальних, так і вертикальних трубопроводів, прокладених під землею та вбудованих всередині будівель. Можливості технології дозволяють встановлювати за один раз до 900 м рукава. Існує санітарно-гігієнічний висновок, який дозволяє застосування полімерного рукава для потреб господарсько-питного водопостачання. Даний метод застосовується для відновлення трубопроводів будь-якої форми перерізу (круглої, шатровидної, прямокутної і т. д.) як з низьким, так і з високим ступенем зношеності. Також він може використовуватися для відновлення дюкерів.

Особливістю метода являється те, що тип просочуючої смоли обирається на підставі технологічних характеристик та вимог замовника, в смоли добавляються різні речовини для забезпечення належної полімеризації та тривалості служби нового полімерного рукава. Просочування рукавів виробляється за допомогою вакууму. Епоксидна смола рівномірно розподіляється по всьому рукаву шляхом його вижиму через систему валиків. Після просочування полімерні рукава упаковують в лід для уповільнення процесу полімеризації при зберіганні. Строк виготовлення рукавів жорстко ув'язується з транспортуванням та доставкою на об'єкт будівництва. На будівельному майданчику м'який полімерний рукав, просочений смолою у заводських умовах, вивертається в установці та вводиться в зношену трубу (рис. 18.3).

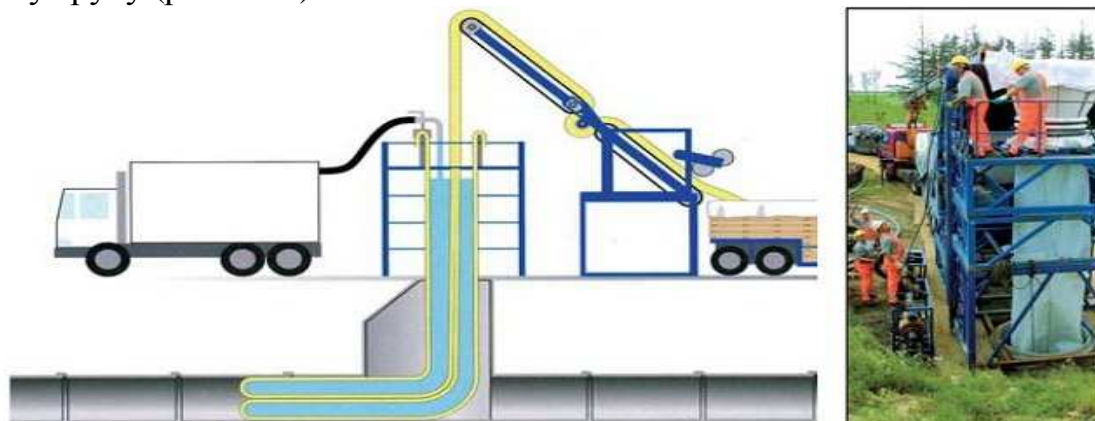


Рис. 18.3 - Відновлення трубопроводу полімерним рукавом «Aarsleff».

Потім відбувається полімеризація (затвердіння) рукава за допомогою пари або води. Такий рукав має строк служби до 100 років, що підтверджується результатами пришвидшених лабораторних випробувань.

Переваги даної технології:

- можливість проведення робіт при значних кутах повороту труби (до 45°) та зміні її діаметру, для чого полімерний рукав зшивається на заводі таким чином, щоб ділянки, які мають різні діаметри, ремонтувалися за один прохід;
- можливість зміни товщини стінок рукава у конкретній секції при зміні навантажень на трубопровід;
- прохід через колодязі з перепадом рівнів труб.

Протягування у відновлюваній трубопроводі нових поліетиленових труб (релайнинг). Дозволяє відновити сильно зношені трубопроводи. Цей метод розроблений у 60-х роках, коли в Західній Європі, США і Великобританії переводили систему газопостачання зі штучного на природний газ. Метод включає декілька технологій відновлення: протягування поліетиленової труби або проштовхування окремих відрізків без руйнування старої труби або з руйнуванням, що дозволяє монтувати труби більшого діаметру, ніж внутрішній діаметр трубопроводу, що ремонтується; технологія «U-лайнер», при якій всередину попередньо очищеного ремонтowanego трубопроводу протягують U-образну поліетиленову трубу. При її розпрямленні за допомогою теплоносія певної температури всередині труби формується новий суцільний поліетиленовий трубопровід.

Метод затягування поліетиленової труби – санація проходить із зменшенням діаметру колектора.

Реконструкція із застосуванням труб СПРО. Труби відповідають європейським стандартам ISO TC 138 SC 1/WG 3 DP 9971 і CEN/TC 155/WG13. Сфера застосування: каналізаційні мережі, водогони під транспортними магістралями, мережі технологічної води, меліоративні системи, тунелі, резервуари, кабельні футляри.

Переваги використання труб СПРО:

- хімічна стійкість поліетиленових труб до більш ніж 200 хімічних сполук забезпечує їх довгострокову експлуатацію;
- метод не вимагає розриву вулиць, розробки і вивозу ґрунту; не шкодить навколишньому середовищу, не створює проблем транспортному руху та населенню;
- забезпечується надійна герметизація колектора;
- скорочується час реконструкції.

Технологія «труба в трубі без руйнування». Поряд з розглянутими вище методами відновлення трубопроводів нанесенням набризгових покриттів на основі цементно-пісчаних розчинів та з використанням полімерних рукавів з різних матеріалів існують безтраншейні технології, основані на протягуванні в ремонтуючий трубопровід поліетиленових, сталевих та чавунних труб. Ці технології отримали назву «труба в трубі без руйнування» та «труба в трубі з руйнуванням» ремонтуємого трубопроводу.

Головними перевагами технології «труба в трубі без руйнування» являється невисока вартість та мінімальні технічні складності. При такому ремонті нова труба з поліетилену протягується в стару трубу (рис. 18.4).



Рис. 18.4 - Відновлення трубопроводу методом протягування поліетиленової труби без руйнування існуючої труби

Роботи з ремонту трубопроводу можуть проводитися від колодязя до колодязя, із спеціально підготовленого робочого котловану або через нахилену свердловину з мінімумом земляних робіт, а також у нестабільних ґрунтових умовах. Технологія «труба в трубі» застосовується в основному на прямолінійних ділянках трубопроводів без розкриття дорожнього покриття та без обмеження руху транспорту, добре підходить для щільної міської забудови. Метод зарекомендував себе як в планових реконструкціях комунікацій, так і в аварійних ситуаціях, коли дорога кожна хвилина. Перевагами цієї технології являються її висока економічність, яка проявляється не тільки в низьких затратах на прокладку, але й в технічних особливостях:

- мінімальна тривалість робіт досягається шляхом реконструкції часткових ділянок трубопроводу довжиною до 1000 - 1600 м без додаткових вузлів поєднання;
- мінімальна поверхнева шорсткість поліетиленових труб позитивно впливає на їх гідравлічні характеристики;
- нова труба розрахована таким чином, щоб несуча здатність трубопроводу забезпечувалась тільки поліетиленовим вкладишем, а стара труба створює додатковий захист від тиску ґрунта;
- оскільки поліетиленова труба має строк служби не менше 50 років, якість відновленого трубопроводу відповідає якості нового трубопроводу.

Використання технології «труба в трубі» при ремонті трубопроводу збільшує його пропускну здатність через більш високі гідравлічні характеристики затянутої нової труби з поліетилену, але призводить до зменшення робочого діаметру труби. Для мінімізації зменшення діаметру трубопроводів розроблені декілька методів реалізації цієї технології, кожний з яких можна вважати самостійним.

Метод «Swagelining» (Сведжлайнінг). Існує ряд методів, заснованих на протягуванні поліетиленових рукавів спеціальної U-образної форми в ремонтуємий трубопровід з наступним її поверненням у первісну круглу форму. Ці методи розрізняються технологією виробництва робіт та

обладнанням, що використовується. Їх умовно називають *методами «U-Liner»*. Рукав U-образної форми виготовлюється з поліетилену методом термомеханічного формування в заводських умовах або на будівельному майданчику. При цьому труба набуває U-образної форми, а її поперечний переріз зменшується, що дозволяє транспортувати рукав в бобінах до місця проведення робіт і з мінімальними технічними затратами прокласти в трубопроводі, що ремонтується.

Метод «Swagelining» розроблений наприкінці 1980-х років і з тих пір застосовується для безтраншейного ремонту всіх типів трубопроводних мереж: напірних, самопливних, підземних, наземних. Реконструкція за методом «Swagelining» виконується за допомогою протяжки всередину трубопроводу секцій поліетиленових труб, які попередньо зварюються одна з одною безпосередньо на місці установки. Поліетиленові труби призначені для питних водопроводів в більшості країн світу, здатні витримувати вельми широкий спектр внутрішнього тиску і підходять для трубопроводу з будь-якою глибиною залягання – від морського дна до міського водопроводу. Дякуючи власній міцності труби-вкладиши не залежать від ступеня зношеності ремонтуємих труб, але якщо відновлюваний трубопровід не сильно зношений, то товщина футеровочних труб може бути зменшена для збільшення робочого перерізу труби. Стики поліетиленових труб з'єднуються зваркою, що виключає можливість виникнення витоків у місцях стиків.

Метод «Swagelining» може застосовуватися для реконструкції трубопроводів діаметром від 100 до 1100 мм при довжині ремонтуємої ділянки до 1000 м. Нова поліетиленова труба діаметром трохи більшим, ніж стара труба, протягується без термічної обробки через матрицю «Swagelining» (рис. 18.5), яка зменшує зовнішній діаметр труби на 10-15%. Після цього нова труба зі зменшеним діаметром протягується в стару трубу за допомогою голівки для протягування, яка закріплена на новій трубі.



Рис. 18.5 - Матриця «Swagelining»

технологія дозволяє швидко здійснювати щільну установку поліетиленової труби всередині відновлюваного трубопроводу без значного скорочення діаметру первісної труби (рис. 18.6).

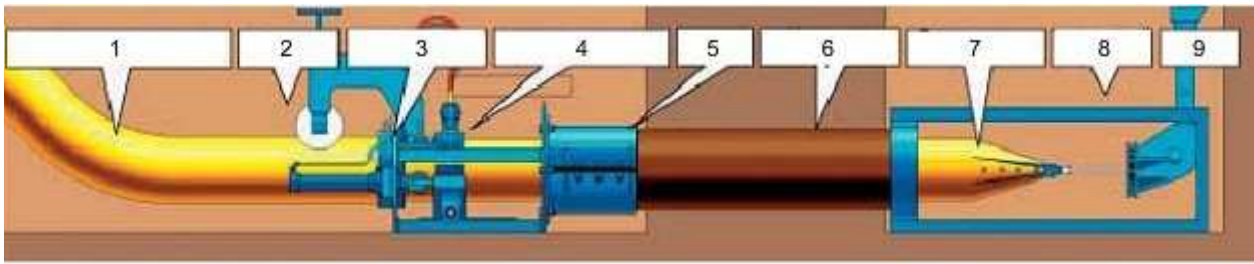


Рис. 18.6 - Відновлення трубопроводу за методом Swagelining
 1 - нова поліетиленова труба; 2 - вхідний котлован; 3 - обжимний штамп;
 4 - гідравлічний штовхач; 5 - хомут; 6 - вихідна труба; 7 - буксуюча голівка;
 8 - випускний котлован; 9 - лебідка.

Технологія «Compact Pipe». Технологія «Compact Pipe» призначена для безтраншейного відновлення ушкоджених водопровідних труб, виготовлених з традиційних матеріалів – чавуна, сталі, бетону, кераміки та азбестоцементу. Основні переваги системи «Compact Pipe» (рис. 18.7) проявляються в умовах, коли трубопровід недоступний, або закладений в місцях зі жвавим дорожнім рухом, де риття траншеї вельми проблематично або неможливо.



Рис. 18.7 - Технологія «Compact Pipe»

Будівельні роботи обмежені невеликими котлованами на початку та в кінці траси, а в деяких випадках можлива робота з колодязів. Труба «U-Liner» виготовлюється, як вже було сказано вище, у заводських умовах з поліетилену методом термомеханічного формування. При цьому труба набуває U-образної форми, а поперечний переріз її зменшується на 35%. U-образна труба намотується на транспортуючий барабан. В залежності від розміру труби на один барабан можна намотати і доставити до місця проведення робіт до 1600 м труби. Труба «U-Liner» протягується в старий трубопровід на потрібну довжину (рис. 18.8).



*Рис. 18.8 - Процес установки поліетиленового рукава за технологією Compact Pipe
1 - парогенераторна установка; 2 - причіп для барабану; 3 - лебідка;
4 - поліетиленовий рукав; 5 - ремонтуємий трубопровід.*

Після установки запорних деталей труба «U-Liner» підлягає зворотній деформації за допомогою пари, яка знаходиться під тиском (рис. 18.9).



*Рис. 18.9 - Процес обробки парою поліетиленового рукава U-образної форми для
переводу його в первісний (круглий) стан
1 - парогенераторна установка; 2 - рукав, наповнений паром під тиском;
3 - сепаратор конденсату*

При цьому труба розігрівається, активується характерна для даного матеріалу здатність «згадування» форми труби, і «U-Liner» набуває свою первісну кругову форму. Використання стисненого повітря під час процесу охолодження дозволяє забезпечити щільний контакт поліетиленової труби з внутрішньою стінкою існуючої труби без додаткового клейового поєднання. Після відновлення круглого перерізу поліетиленової труби проводяться зварочні роботи з використанням фітінгів із закладними нагрівальними елементами. Потім відремонтовану ділянку приєднують до діючого трубопроводу. Зменшення поперечного перерізу в результаті установки внутрішньої поліетиленової труби «Compact Pipe» компенсується покращенням

гідравлічних характеристик відновлюваного трубопроводу, дякуючи чому в більшості випадків підвищується його пропускна здатність.

Метод «Compact SlimLiner». Метод «Compact SlimLiner» застосовується для безтраншейного відновлення напірних трубопроводів з номінальним діаметром від 100 до 300 мм. Довжина ремонтуємої ділянки досягає при цьому 600 м в залежності від конфігурації трубопроводу. Цей метод являється оптимальним рішенням для трубопроводів, які зберегли свої міцнісні характеристики, але мають незначні пошкодження, наприклад маленькі отвори, витoki у місцях поєднання.

Через малу товщину стінки, як правило, $SDR = 51$ труби «Compact SlimLiner» для забезпечення необхідної міцності потрібна існуюча труба. Однак деякі навантаження, які діють на трубу через малі дефекти, що утворилися в результаті корозії або витоків через поєднання, можуть сприйматися самою трубою «Compact SlimLiner». При використанні методу «Compact SlimLiner» до стану відновлюваного трубопроводу не пред'являються високі вимоги. Підготовка трубопроводу до протягування може здійснюватися як механічним способом, так і за допомогою гідродинамічної машини. Найголовніше – це прибрати гострі виступи та відкладення, що здатні пошкодити тонкий поліетиленовий трубопровід у процесі його протягування та наступного розкриття. При виготовленні труби-вкладиша тонкостінний поліетиленовий рукав складається так, що переріз приймає U-образну форму та обертається захисною плівкою (рис. 18.9), після чого рукав намотується на транспортуючий барабан.



Рис. 18.9 - Труба «Compact SlimLiner», розміщена у відновлювальному трубопроводі

Під час протяжки плівка захищає трубу від подряпин. Труба «Compact SlimLiner» протягується в існуючу трубу зі швидкістю біля 20 м/хв. «Compact SlimLiner» являється відносно простим методом реконструкції трубопроводу, який не потребує складного обладнання. При використанні «холодного» процесу, при якому не відбувається розігрів рукава, труба «Compact SlimLiner» розширяється під дією тиску, що подається всередину до тих пір, пока вона щільно не суміститься з існуючою трубою. Крім стандартного обладнання (лебідка і водяний насос) потрібно ще декілька спеціальних пристроїв: причіп для барабану, з якого

пластикова труба протягується безпосередньо у трубопровід, і комплект інструментів для монтажу арматури, кінцевих поєднань та патрубків для підключення. У вхідному та вихідному колодязях (котлованах) труба «Compact SlimLiner» відрізається за довжиною таким чином, щоб її кінець, що виходить за межі існуючої труби, розширився в процесі розкриття на максимальну довжину та сумістився зі старою трубою. Потім починається процес розкриття труби-вкладиша. Для цього труба «Compact SlimLiner» за допомогою звичайних струбцин пережимається по краям. В трубу через спеціальний

врізний патрубок нагнічується вода з робочим тиском від 2 до 4 атм. в залежності від діаметру труби і температури навколишнього повітря на протязі не менше 30 хвилин. Пропускна здатність відновленого за допомогою такої технології трубопроводу значно збільшується дякуючи мінімальному зменшенню діаметру труби і невеликому гідравлічному опору поліетилену, а строк експлуатації досягає 100 років.

Метод протягування поліетиленової труби з руйнуванням. Метод являється подальшим розвитком технології протягування поліетиленових труб і застосовується в тому випадку, якщо необхідно зберегти або трохи збільшити прохідний переріз трубопроводу. Методом «труба в трубі з руйнуванням» можна замінити будь-які старі труби. Керамічні, бетонні, чавунні та азбестоцементні труби розбиваються на частини і видавлюються в ґрунт, а труби зі сталі або синтетичних матеріалів розрізаються та розвальцьовуються спеціальним інструментом. В залежності від профілю траси можливо протягування як коротких, так і довгих ділянок труб.

На будівельному майданчику поліетиленові труби зварюються в батіг, довжина якого дорівнює протяжності відновлювальної ділянки, і викладаються на землі поряд з вхідним котлованом. До початку поліетиленової труби приєднується наконечник для руйнування старого трубопроводу. Форма наконечника залежить від матеріалу, з якого виготовлений старий трубопровід. За допомогою лебідки, потужність якої залежить від діаметру трубопроводу і товщини стінки, труба затягується в існуючій трубопровід (рис. 18.10).



Рис. 18.10 - Протягування поліетиленової труби з руйнуванням існуючого трубопроводу

При цьому наконечник руйнує старі труби, розштовхуючи їх уламки в бік та створюючи за собою кільцевий простір, за яким протягується поліетиленова труба. Її діаметр відповідає діаметру старого трубопроводу. Даним методом можна перекласти трубопровід з невеликим збільшенням діаметру. Для цього спочатку протягують наконечник, який руйнує старий трубопровід і вдавлює його уламки в ґрунт, при цьому в землі утворюється канал діаметром, що дорівнює діаметру старого трубопроводу. Потім при протягуванні каната в зворотньому напрямі протягують розширюючий наконечник, задача якого полягає у збільшенні діаметру каналу в землі. До наконечника приєднаний батіг з поліетиленових труб, він затягується слідом за наконечником в розширений канал.

Таким чином, для роботи за даною технологією потрібно як стандартне обладнання (машина для зварки встик, обладнання для прочистки і телевізійної інспекції трубопроводів), так і спеціалізоване (потужна лебідка, різні наконечники для руйнування в залежності від різних матеріалів труб і їх

розмірів). Недоліком являються великі розміри робочого майданчику для викладання батогу перед затягуванням та вхідного котловану. Технологія успішно використовується на прямих ділянках, але не може бути реалізована на ділянках трубопроводу, де є різкі повороти або трійники. Оскільки при протягуванні зовнішній шар труби отримує пошкодження у вигляді продольних подряпин, а також можливе виникнення значних точечних навантажень через дію уламків старого трубопроводу, можуть використовуватися поліетиленові труби з захисним покриттям та підвищеною стійкістю до точечних навантажень.

При протягуванні такої труби саме зовнішній захисний шар сприймає механічні пошкодження, не допускаючи пошкодження основної стінки труби.

Переваги технології реконструкції трубопроводних мереж:

- висока продуктивність – більше 150 м трубопроводу в день;
- можна застосовувати при будь-яких видах пошкоджень ремонтуємого трубопроводу;
- значна економія часу і коштів за рахунок мінімального об'єму земляних робіт;
- не затрагується міська інфраструктура під час проведення робіт;
- можливість застосування в нестабільних ґрунтах;
- менший ризик пошкодження комунікацій у порівнянні з відкритими способами прокладки трубопроводів;
- екологічність.

Метод «труба в трубі з руйнуванням» з використанням чавунних або сталевих трубопроводів. Використовуються чавунні або сталеві труби з внутрішнім захисним шаром з цементно-пісчаної суміші, а з зовнішньої сторони вони захищені цинком, бітумом або цементно-пісчаним покриттям. За допомогою цих труб можна замінити будь-які старі труби новими чавунними діаметром від 100 до 400 мм і сталеві від 100 до 630 мм. При протягуванні нових трубопроводів старі керамічні, бетонні, чавунні або азбестоцементні труби розбиваються на частини і видавлюються в ґрунт, а труби зі сталі або синтетичних матеріалів розрізаються і розвальцьовуються (рис. 18.11.).



Рис. 18.11 - Схема руйнування старого трубопроводу з протягуванням нової сталеві або чавунної труби

Руйнування існуючого трубопроводу відбувається за допомогою спеціального інструменту з ножами (рис. 18.12).

Переваги даного методу:

- висока продуктивність – більше 100 м трубопроводу в день;

- може застосовуватися при будь-яких видах пошкоджень;
- можливість використання у нестабільних ґрунтах;
- знижений ризик пошкодження комунікацій у порівнянні з відкритими способами прокладки трубопроводів.



Рис. 18.12 - Інструменти для вскриття ремонтуємого трубопроводу

Метод внутрішнього бандажування. У випадку, коли немає можливості або необхідності повністю відновлювати внутрішню поверхню трубопроводу, застосовують метод внутрішнього бандажування (рис. 18.13).



*Рис. 18.13 - Розпірна муфта для внутрішнього бандажування трубопроводу
1 - резинова манжета; 2 - складний бандаж; 3 - домкрат.*

Метод застосовується при проведенні локального ремонту ділянок чавунного трубопроводу шляхом встановлення на місце пошкодження (розтруба) внутрішнього розпираючого кільця з резиновим ущільнювачем. Діаметр відновлювального трубопроводу при цьому складає від 900 до 1200 мм. Основною перевагою даного методу являється можливість виробляти ремонт чавунної труби всередині без розкопачних робіт. Достатньо забезпечити доступ з боку найближчої камери.

На сучасному етапі розвитку науки і технологій постійно впроваджуються нові методи реконструкції трубопроводів, а також передове обладнання і технології, які розробляються в Росії, Україні, країнах СНД та закордоном. При цьому використовується диференційний підхід у виборі методу заміни старих трубопроводів, в якому перевага віддається сучасним безтраншейним технологіям. Це дозволяє на основі системного підходу знизити на 30% кількість пошкоджень водопровідної мережі. Головною задачею являється застосування всіх відомих в теперішній час безтраншейних методів

реконструкції трубопроводів, які дозволять в умовах інтенсивного руху автотранспорту, а також масового благоустрою міської території та скорочення числа розривів підвищити надійність водопровідної мережі.

Контрольні питання

1. Назвіть основні сучасні методи проектування систем водопостачання. У чому полягають їх особливості?
2. Наведіть особливості методів відновлення пропускної здатності водоводу шляхом застосування облицювання внутрішньої поверхні трубопроводу цементно-пісчаним покриттям і метод облицювання гнучким рукавом
3. Наведіть особливості методів відновлення пропускної здатності водоводу шляхом протягування нових поліетиленових труб та технології «труба в трубі без руйнування».
4. Наведіть особливості методів відновлення пропускної здатності водоводу шляхом застосування методів, заснованих на протягуванні поліетиленових рукавів спеціальної U-образної форми в ремонтосумий трубопровід (метод «Swagelining», Технологія «Compact Pipe».
5. Дайте коротку характеристику методів протягування нової труби з руйнуванням та методу внутрішнього бандажу.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. **Грабовский, П. А. и др.** Водопроводные сети и сооружения: Учебное пособие / П. А. Грабовский, В. И. Прогульный, А. И. Горобченко, Н. В. Сорокина, Н. А. Гуринчик. – Одесса: ОГАСА. - 2011. – 187 с.
2. Державні санітарні норми та правила «Гігієнічні вимоги до води питної, призначеної для споживання людиною», затверджені наказом Міністерства охорони здоров'я України № 400 від 12.05.2010 р. (<http://zakon2.rada.gov.ua/laws/show/z0452-10>).
3. **Тугай, А. М.** Водопостачання: Підручник / А. М. Тугай, В. О. Орлов. - К.: «Знання». - 2009. – 735 с.
4. **Орлов, В. О. та інш.** Водопостачання та водовідведення: навч. посібник / В. О. Орлов, В. О. Шадура, С. Б. Проценко, А. М. Орлова. – Рівне: НУВГП. – 2011. – 223 с.
5. **Абрамов, Н. Н.** Водоснабжение: Учебник для вузов / Н. Н. Абрамов – М.: Стройиздат. – 1982. – 440 с.
6. **Орлова, А. М.** Водопідготовка: Інтерактивний комплекс навчально-методичного забезпечення / А. М. Орлова, В. О. Орлов. – Рівне: НУВГП. – 2009. – 182 с.
7. **СНиП 2.04.02-84.** Водоснабжение. Наружные сети и сооружения / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат. – 1985. – 136 с.
8. **Благодарная, Г. И.** Водоснабжение. Раздел «Водозаборные сооружения» / Г. И. Благодарная. – Х.: ХНАГХ. – 2006. – 115 с.
9. **Найманов, А. Я. и др.** Водоснабжение / А. Я. Найманов, С. Б. Никишина, Н. Г. Насонкина, Н. П. Омельченко, В. Н. Маслак, Н. И. Зотов,

А. А. Найманова. – Макеевка: ООО «Норд компьютер». – 2006. – 654 с.

10. **Качалов, А. А.** Противопожарное водоснабжение. Учебник для пожарно-технических училищ / А. А. Качалов, Ю. П. Воротынцев, А. П. Власов – М.: Стройиздат. – 1985. – С. 142-157.

11. **Петухова, О. А.** Спеціальне водопостачання / О. А. Петухова, І. А. Антіпов, М. М. Кулешов, А. М. Чернуха. – Х.: Університет цивільного захисту України. – 2007. – 99 с.

12. **Благодарна, Г. І.** Водопостачання та водовідведення: конспект лекцій для студентів напряму 6.060101 «Будівництво» / Г. І. Благодарна, І. О. Гуцал. – Х.: ХНАМГ. – 2009. – 110 с.

13. Реконструкция инженерных сетей и сооружений: Учебное пособие / Под ред. В. Г. Иванова. – Санкт-Петербург: Петербургский государственный университет путей сообщения. – 2004. – 137 с.

14. **Милова, Л.** Водонапорные башни и их альтернативы. Расчет объема бака / Источник: <http://www.c-o-k.ru/articles/vodonapornye-bashni-i-ih-al-ternativy-raschet-ob-ema-baka>

15. **Хоружий, П. Д.** Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П. Д. Хоружий, Т. П. Хомуцька, В. П. Хоружий. – К.: Аграрна наука. – 2008. – 534 с.

16. **Українець, М. О.** Водопровідні мережі. Навчально-методичний посібник для студентів спеціальності «Водопостачання та водовідведення» / М. О. Українець, В. І. Сокольник – Запоріжжя: ЗДІА. – 2009. – 298 с.).

17. **Ткачук, О. А.** Системи подачі та розподілення води населених пунктів: Навчальний посібник / О. А. Ткачук, В. П. Косінов, О. С. Новицька. – Рівне: НУВГП. – 2011. – 273 с.

18. Методы проектирования систем водоснабжения / <http://www.myrealty.su/?articles/read/250>.

19. Бестраншейные методы восстановления (ремонта) трубопроводов / http://no-dig.odessa.ua/?page_id=1625

Навчальне видання

ДУШКІН Станіслав Станіславович,
ШЕВЧЕНКО Тамара Олександрівна

Конспект лекцій
з дисципліни

«ВОДОПРОВІДНІ СИСТЕМИ І СПОРУДИ»

(«СПОРУДИ І ОБЛАДНАННЯ ВОДОПОСТАЧАННЯ». МОДУЛЬ 2)

*(для студентів 3 курсу денної і заочної форм навчання напрямів підготовки
6.060103 «Гідротехніка (Водні ресурси)», 6.060101 «Будівництво»
та слухачів другої вищої освіти за спеціальністю
7.06010108, 8.06010108 «Водопостачання та водовідведення»)*

Відповідальний за випуск *С. С. Душкін*

За авторською редакцією

Комп'ютерний набір *М. В. Дегтяр, Т. О. Шевченко*

Комп'ютерне верстання *К. А. Алексанян*

План 2011, поз. 74 Л

Підп. до друку 12.06.2013

Друк на ризографі.

Тираж 50 пр.

Формат 60×84/16

Ум. друк. арк. 7,11

Зам. №

Виконавець і виготовлювач:

Харківський національний університет
міського господарства імені О.М. Бекетова,
вул. Революції, 12, Харків, 61002

Електронна адреса: rectorat@ksame.kharkov.ua

Свідоцтво суб'єкта видавничої справи:

ДК № 4064 від 12.05.2011 р.