

### **Тема 3. Водопровідні будівельні об'єкти як частина критичної інфраструктури міста**

**Мета вивчення теми:** опанувати знання стосовно технологічних особливостей інженерних об'єктів систем водопостачання та завдань з удосконалення їх функціонування, опанувати здатність застосовувати отримані фахові знання, наукові та технічні методи для розв'язання науково-технічних проблем і задач будівництва та водозабезпечення об'єктів містобудування.

#### **План**

1. Системи інженерного забезпечення в інфраструктурі міста.
2. Аналіз теперішнього технічного стану систем централізованого водопостачання будівельних об'єктів.
3. Чинники/причини, що спричинили проблеми в системах водопостачання.
4. Пропозиції щодо вдосконалення нормативно-правового регулювання діяльності інженерних об'єктів критичної інфраструктури.
5. Моніторинг досліджень і розрахунків споруд.

**Ключові терміни:** водопровідні інженерні об'єкти; критична інфраструктура; енергоощадні та екологічні технології, якість водозабезпечення будівельних об'єктів.

1. Функціональне призначення забудови є визначальним фактором використання ресурсів життєзабезпечення. Відповідно до цього, величина питомого ресурсоспоживання по різних функціях формується залежно від специфіки споживача. Процес функціонально-містобудівного розвитку територій призводить, в загальному випадку, до непропорційної зміни розмірів - потужності функціональних зон. Це визначає завдання щодо перевірки достатності потужності систем ресурсозабезпечення залежно від варіантів функціонально-містобудівних перетворень.

В довоєнний час удосконалення міського господарства України в першу чергу було пов'язано зі зношеністю основних фондів систем життєзабезпечення міст. На сьогодні, враховуючи наслідки воєнних дій, житловий фонд багатьох міст, інженерні комунікації, транспортне сполучення, система благоустрою, зелене господарство потребують реконструкцій та оновлення. Для реалізації таких проектів необхідно впровадження програм використання нових енергоощадних та екологічно привабливих технологій, безшумного рухомого складу для міського електротранспорту, новітнього устаткування для водопровідно-каналізаційного господарства тощо.

Метою функціонування міської системи життєзабезпечення, виступає виробництво суспільних благ для високо комфортних умов життєдіяльності й відтворення населення.

Міське господарство тісно пов'язане з системою життєзабезпечення міста, і тому гармонічний, пропорційний розвиток його галузей у тісному

взаємозв'язку з потребами містобудівельної бази є основною умовою, що визначає гідне життя й розвиток кожного міста. Тільки раціональне використання міської території, трудових, паливо-енергетичних, водних, науково-технічних ресурсів забезпечить пропорційний розвиток територіальних комплексів.

Системи інженерного забезпечення міської інфраструктури: системи водопостачання, водовідведення, теплопостачання, газопостачання, електропостачання, які складаються з інженерних мереж та будівельних об'єктів на них. Відкриваючи цикл занять щодо вдосконалення будівельних об'єктів в системах інженерного забезпечення міст ми починаємо сьогодні з системи водопостачання.

Комплекс інженерних об'єктів, які здійснюють задачі водопостачання, тобто забір води з природних джерел, її очищення, транспорт і подачу споживачам називається системою водопостачання.

Всі природні джерела води, які практично використовуються для водопостачання можна віднести до двох категорій:

- поверхневі джерела – ріки (в природному чи зарегульованому стані), озера і моря;
- підземні джерела – ґрунтові та артезіанські води й джерела, які виходять на поверхню.

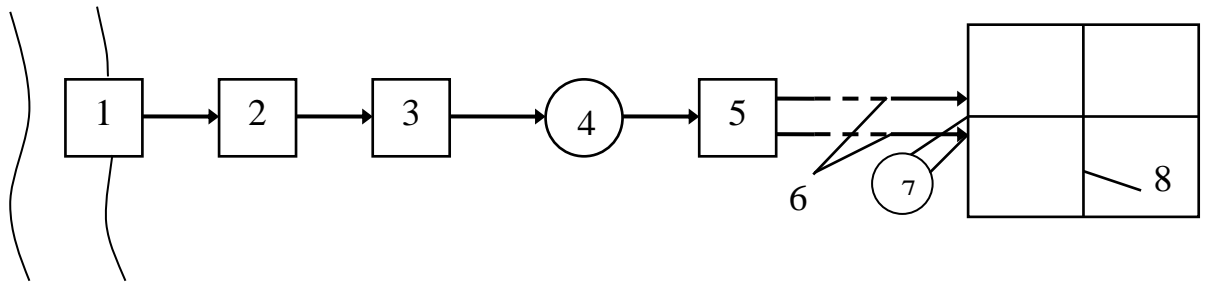
*Річкова* вода характеризується відносно великою *каламутністю* (особливо в період повені), високим вмістом *органічних домішок, бактерій*, значною *кольоровістю* води. Але зате річкова вода має малий вміст *мінеральних солей* і відносно невелику *твердість*.

Підземні води, як правило, не мають *завислих* речовин, тобто вони *прозорі та безколірні*. Ці води мають *високі санітарні якості*. Але вони бувають сильно *мінералізовані* (підвищена *твердість*, наявність *неприємного смаку*, вміст *речовин*, які шкідливо впливають на організм людини).

Але не тільки якість води визначає вибір джерела водопостачання. Велике значення має його *потужність, віддаленість, вартість подачі та очищення* води.

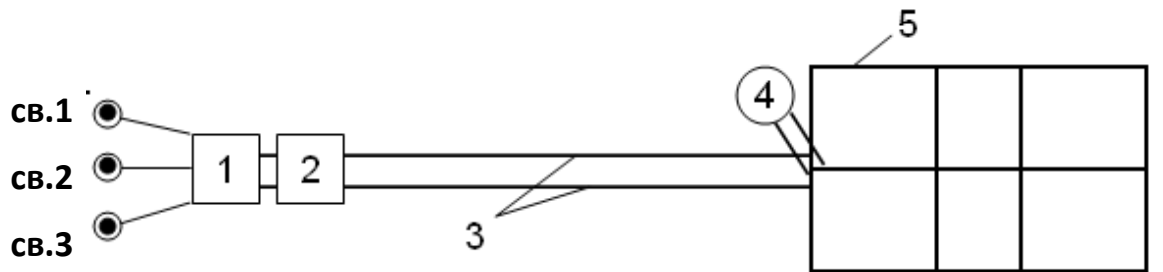
Система водопостачання повинна забезпечувати отримання води з природних джерел, її очищення, якщо це викликається вимогами споживачів, і подачу до місця використання. Для виконання цих задач в систему водопостачання міст включається комплекс споруд, приведених на рис. 1.1.

Залежно від місцевих природних умов і характеру використання води, а також залежно від економічних міркувань схема системи водопостачання і її складові елементи можуть змінюватися дуже сильно. Великий вплив на схему системи водопроводу робить джерело водопостачання, його характер, потужність, якість води в ньому, відстань від об'єкта, якому постачається вода і т.д. Цей вплив проявляється не тільки на конструкції водозабірних споруд, але і в необхідності водоочисних споруд для забруднених вод чи їх відсутності при чистих водах. Якщо очищення не потрібна, схема сильно спрощується. Прикладом схеми системи водопостачання без очисних споруд може бути система водопостачання з підземних джерел рис. 1.2 та 1.3



1 – водозабірні споруди; 2, 5 – насосні станції; 3 – споруди для очищення води; 6, 8 – водоводи (водогони) і водопровідні мережі; 7, 4 – башти та резервуари.

Рисунок 1.1 – Схема системи водопостачання на господарсько-питні потреби міста з поверхневого джерела



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

Рисунок 1.2 – Схема системи водопостачання при заборі води з підземного джерела

2. Спеціалісти Інституту місцевого розвитку в рамках проєкту Агентства США з Міжнародного розвитку (USAID) “Розповсюдження досвіду реформування сфери комунальних послуг” провели дослідження та підготували аналітичний огляд «Шляхи вдосконалення нормативно-правового та регуляторного забезпечення діяльності підприємств, що надають послуги централізованого водо-, теплопостачання та водовідведення».

Джерелами води для систем централізованого водопостачання в Україні є поверхневі водні об’єкти (річки, озера, водосховища) і запаси підземних вод (підповерхневих, між пластових напірних та безнапірних).

Для 20 пілотних міст Проєкту «Розповсюдження досвіду реформування сфери комунальних послуг», які представляли всі регіони України (за винятком Криму і Донбасу), обсяги забору підземної та поверхневої води були практично однаковими (їх частки у загальних обсягах становили, відповідно, 51% та 49%).

Підземні джерела водопостачання за період їх експлуатації (здебільшого 35-40 років) суттєво погіршили свою якість і сьогодні лише 57% з них відповідають вимогам джерел 1 класу згідно ДОСТ 2761-84 «Джерела централізованого господарсько-питного водопостачання», 36% – вимогам 2 класу, а решта 7% – 3 класу.

Ще гірше виглядає ситуація з поверхневими джерелами водопостачання: жодне з них не відповідає сьогодні вимогам 1 класу.

Якщо взяти до уваги те, що всі підземні джерела і переважна більшість поверхневих джерел під час проектування і будівництва належали до 1 класу і для них передбачався один тип водопідготовки з тим, щоб якість води довести до вимог ГОСТ 2874-82 «Вода питна», то тепер, коли якість джерел водопостачання (особливо поверхневих) суттєво погіршилась, для доведення води до вимог стандарту необхідно впроваджувати відповідні додаткові заходи, а саме: або змінювати технологію очищення, або використовувати нові реагенти. Все це потребує немалих додаткових зусиль і додаткових інвестицій.

#### ■ **Транспортування та розподіл води.**

Частинами системи транспортування та розподілу води є насосні станції, водогони та розподільчі мережі.

Насосні станції були збудовані здебільшого 30-40 років тому і характеризуються наступним:

- надлишковою потужністю встановленого насосного обладнання (яка у 1,2-5,5 рази, а інколи й більше, перевищує потреби);
- завищеними порівняно з потребами обсягами води;
- низькими коефіцієнтами корисної дії робочих агрегатів, а, отже, і завищеним енергоспоживанням;
- зношеністю технологічного обладнання та незадовільним станом будівель;
- відсутністю приладів обліку води;
- регулювання роботи насосних агрегатів протягом доби здійснюється переважно (у 80% випадків) за допомогою засувок, що зумовлює неефективне енергоспоживання.

Водогони та розподільчі мережі. Із загальної кількості водогонів та водопровідних мереж у пілотних містах переважна більшість (47%) прокладена із чавунних труб, практично такою ж (41%) є частка мереж зі сталевих труб. Порівняно невеликою є частка водогонів, що прокладені з азбоцементних труб (5% від загальної протяжності мереж), полівінілхлоридних і поліетиленових (3%) та залізобетонних труб (2%).

При цьому 24% всіх мереж використали свій термін експлуатації, оскільки експлуатуються понад 30 років. Це в першу чергу водопроводи зі сталевих та азбоцементних труб. Про зношений стан сталевих трубопроводів свідчать показники їх високої аварійності. Так, при середній аварійності водопровідних трубопроводів у 116 аварій на 100 км на рік, аварійність сталевих водопроводів більш як утричі перевищує цей показник (367 аварій на 100 км на рік).

Для всіх водопровідних мереж міст-учасників Проєкту є характерним відсутність зон тиску, що негативно позначається як на їх стані, так і на обсягах втрат води.

#### ■ Втрати води.

За останні 15 років спостерігається стійка тенденція до зменшення обсягів водоспоживання (~ на 35%) і збільшення втрат води (з 16% до 45%, а інколи й більше).

Втрати складаються із втрат води з водогонів, розподільчих і внутрішньобудинкових мереж та неврахованих витрат води та визначаються як різниця між загальною кількістю води, що подана в систему (за звітними даними) і обсягом реалізації, що визначається як сума: (1) показів індивідуальних (квартирних) лічильників та (2) обсягів, розрахованих за нормами водоспоживання при відсутності індивідуальних лічильників. Розраховані таким чином втрати води становлять від 4% до 57%.

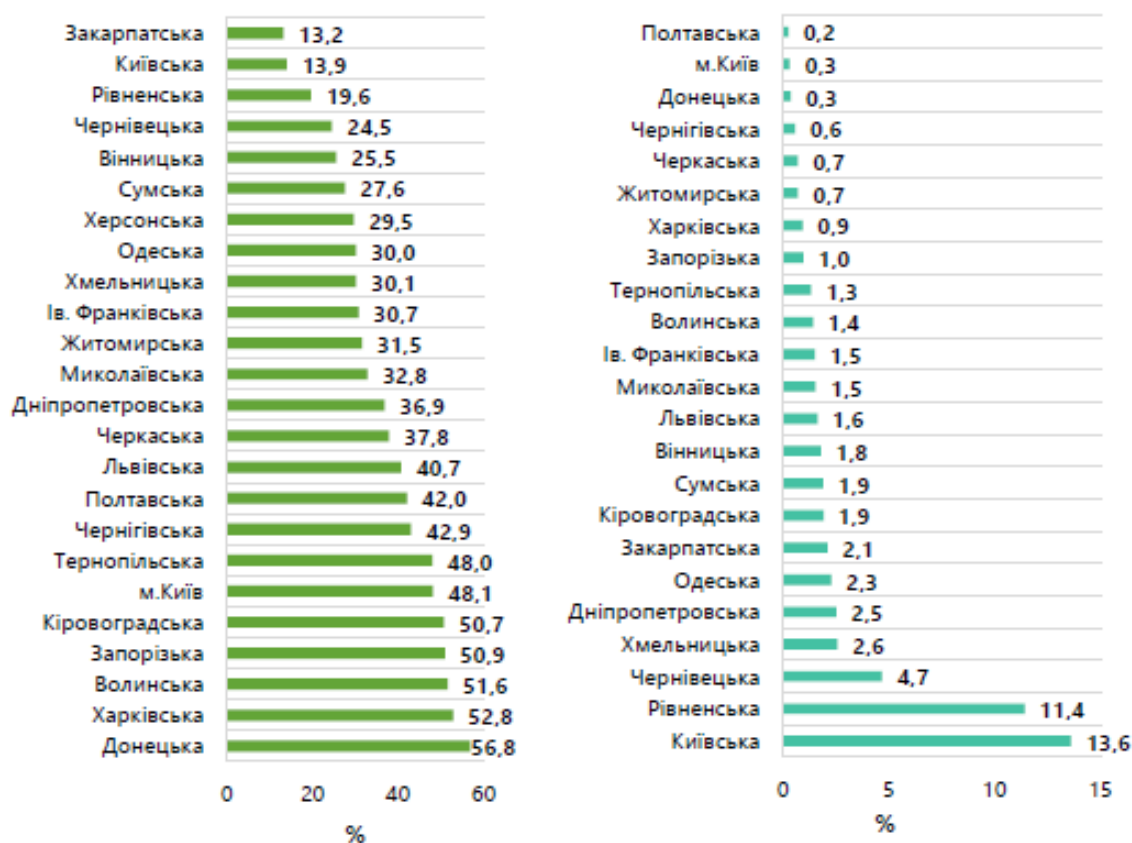


Рисунок 1 – Аналіз стану водопровідних інженерних мереж станом на 2022 рік (частка ветхих та аварійних водопровідних мереж)

Для третини підприємств, втрати за звітними даними яких становили від 30 до 57%, вони були підтверджені результатами натурних вимірювань. Для інших підприємств у результаті натурних вимірювань було встановлено, що реальні втрати вдвічі-втричі перевищують звітні дані та становлять 30-70%.

Проведене за результатами натурних вимірювань оцінювання питомого водоспоживання населення показало, що цей показник перевищує усереднену реалізацію (л/особу за добу) у 1,1-2,0 рази (показник визначається як частка

від ділення обсягів поданої у житловий будинок води на кількість осіб, що проживають у цьому будинку. Вимірюється у л/особу/добу). Лише на одному підприємстві з 20 (у м. Каховка) питоме водоспоживання населення дорівнювало усередненій реалізації, але це у місті, де індивідуальними лічильниками охоплено всього лише 18,4% населення. На підставі вищенаведеного, можна зробити висновок, що значні обсяги реальних втрат води зумовлюються витокami із внутрішньобудинкових систем та недообліком води у будинках.

Результати проведених досліджень дають змогу стверджувати, що втрати води із водогонів і розподільчих мереж становлять в середньому до 20% (від загальних втрат), а решта втрат води припадає на втрати води із внутрішньобудинкових систем (сантехнічні прилади та трубопроводи) та недооблік води індивідуальними приладами.

№	Область	Аварійність, аварії на 1 км мережі	№	Область	Аварійність, аварії на 1 км мережі
1.	Вінницька	0,50	14.	Одеська	5,20
2.	Волинська	1,36	15.	Полтавська	2,38
3.	Дніпропетровська	0,90	16.	Рівненська	0,42
4.	Донецька	1,39	17.	Сумська	0,05
5.	Житомирська	0,83	18.	Тернопільська	0,69
6.	Закарпатська	0,38	19.	Харківська	1,91
7.	Запорізька	0,98	20.	Херсонська	-
8.	Ів. Франківська	0,66	21.	Хмельницька	0,58
9.	Київська	2,30	22.	Черкаська	0,43
10.	Кіровоградська	0,60	23.	Чернівецька	3,41
11.	Луганська	-	24.	Чернігівська	0,80
12.	Львівська	1,49	25.	м.Київ	0,42
13.	Миколаївська	1,67			

Рисунок 2 – Аналіз аварійності мереж транспортування води

### ■ Енергоспоживання.

Всі системи водопостачання пілотних міст характеризуються

досить високими показниками питомого енергоспоживання: значення цього показника змінюється в межах від 0,124 кВт-год/м<sup>3</sup> (м. Павлоград) до 1,228 кВт-год/м<sup>3</sup> (м. Славута). Як правило, найнижчі значення цього показника характерні для систем, які не мають власних водозаборів і змушені купувати питну воду (Павлоград – 0,124 кВт - год/м<sup>3</sup>, Лозова – 0,516 кВт-год/м<sup>3</sup>). Проте, порівнювати між собою показники питомого енергоспоживання для різних підприємств неможливо, оскільки їх значення залежать від конкретних умов і схем водопостачання. Зокрема, визначальними є наступні фактори:

- тип джерела водопостачання (підземне, поверхнєве, покупна вода);
- віддаленість джерела водопостачання від міста;
- перепад висот на території міста;
- висотність забудови;

- протяжність мереж.

А тому для аналізу ефективності енергоспоживання використовується показник зменшення/зростання показника питомого енергоспоживання і коефіцієнти корисної дії (ККД) насосного обладнання.

#### Динаміка показника питомого енергоспоживання

Лише на кожному другому з пілотних підприємств у системах водопостачання відбувалося незначне скорочення (у середньому – 4,1%) показника питомого енергоспоживання. Так, найбільшою мірою цей показник скоротився у Северодонецьку (7,5%), що відбулося внаслідок покращання гідравліки та мікрозонування, та у м. Коломия (9,2%), що відбулося внаслідок заміни насосного обладнання та впровадження частотного регулювання електродвигунів насосного обладнання на 8 об'єктах.

Разом з тим, як не прикро констатувати, на іншій половині пілотних підприємств відбулося зростання (у середньому на 9,2%) значення цього показника, що свідчить про посилення негативної тенденції неефективного споживання енергоносіїв. Так, найбільшою мірою цей показник збільшився у Білгород-Дністровську та Нікополі (17,1% та 18,1%, відповідно) переважно через скорочення обсягів реалізації в цих містах.

Високе енергоспоживання зумовлюється також невідповідністю між проєктною та фактичною продуктивністю встановленого насосного обладнання, відмінність між якими сягає від 1,2 до 5,5 раза.

Порівнюючи питоме енергоспоживання в цілому у системі водопостачання будь-якого з 20 підприємств, з питомим енергоспоживанням на окремих насосних станціях цих підприємств, можна побачити значну їх розбіжність – причому питоме енергоспоживання по системі в цілому завжди перевищує питоме енергоспоживання по будь-якій з насосних станцій (як правило, вдвічі-втричі). Це зайвий раз підтверджує наявність значних втрат води в системі водопостачання.

Така ситуація пояснюється тим, що не зважаючи на впровадження енергоощадних заходів (встановлення менш потужного обладнання, пристроїв частотного регулювання), зменшення питомого енергоспоживання у системі мало пов'язане з відповідним зменшенням подачі води в систему, яка є величиною не фактичною, а розрахунковою (реалізація плюс дозволений відсоток втрат). Якби дані про обсяги поданої води базувалися на показниках контрольно-вимірних приладів, а не оцінювалися розрахунково, то, звісно, що фактичні показники питомого енергоспоживання у системі були б значно меншими. Цей висновок яскраво підтверджується даними про питоме енергоспоживання водоканалів, які використовують покупну воду.

Коефіцієнти корисної дії (ККД) насосних агрегатів. Іншим показником ефективності використання електроенергії є ККД робочих насосних агрегатів. Значна частина насосних агрегатів, які працюють 25-30 років, через зношеність та невідповідність фактичним потребам системи (необхідність регулювання їх роботи засувками) працюють з ККД 25-45%, що зумовлює надлишкове енергоспоживання. Особливо це характерно для заглиблених

(свердловинних) насосів, а тим більше для таких, які працюють безпосередньо на водопровідну мережу.

Інша частина насосних агрегатів з частотним регулюванням електродвигунів працює з ККД 84-88%, але частка таких об'єктів у пілотних містах становить не більше 10% від їх загального числа.

### **3. Основними причинами незадовільної якості питної води є:**

- суттєве погіршення стану джерел водопостачання порівняно з тим, у якому стані вони були на період проектування і будівництва водозаборів, а тому технологія водопідготовки не задовольняє вимогам ДОСТ 2874-82 "Вода питна"; відсутність або неупорядкованість зон санітарної охорони водозаборів;
- зношеність водогонів і розподільчих мереж (особливо сталевих), їх висока аварійність, що спричинює вторинне забруднення питної води.

### **Основними причинами незадовільного стану систем транспортування та розподілу води є:**

- значне скорочення обсягів водоспоживання (і в першу чергу шляхом зменшення водоспоживання промисловими підприємствами), що вимагає перегляду схем водопостачання і потужностей насосного обладнання;
- відсутність коштів для своєчасної заміни зношеного насосного обладнання та приведення його у відповідність до гідравлічних потреб системи;
- значна частка водопроводів, прокладених зі сталевих, низької якості, труб без внутрішньої ізоляції.

### **Основними причинами втрат і недообліку води є:**

- відсутність приладів обліку води на всіх технологічних стадіях її проходження (підйом, перекачування і підкачування), що не дає можливості оцінити її реальні обсяги;
- відсутність зонування розподільчої мережі по оптимальних тисках, що зумовлює надлишкові тиски на вводах до будинків;
- відсутність мікрозонування;
- зношеність значної частини водопровідних мереж;
- відсутність будинкових приладів обліку води, що не дає можливості реально оцінити розподіл втрат води в розподільчих мережах та недооблік води у внутрішніх системах будинків;
- зношеність внутрішніх (будинкових) мереж і сантехнічних приладів;
- постійне зростання кількості індивідуальних приладів обліку води, які встановлюються на внутрішніх мережах, що не є пристосованими для них, а це є призводить до значного недообліку.

### **Основними причинами високого енергоспоживання є:**

- надлишкові потужності встановленого насосного обладнання;
- надлишкові обсяги підйому і перекачування (на всіх стадіях) води, яка потім втрачається у вигляді втрат води із розподільчих мереж і внутрішніх систем будинків або з різних причин не враховується;



- низькі коефіцієнти корисної дії зношеного та невідповідного до параметрів системи обладнання.

#### 4. Пропозиції щодо вдосконалення нормативно-правового регулювання діяльності інженерних об'єктів критичної інфраструктури.

Аналіз технічного стану водопровідно-каналізаційних підприємств та особливостей роботи систем водопостачання і водовідведення дає можливість стверджувати, що деякі з вищезазначених проблем зумовлюються недосконалістю нормативно-правової бази. Тому необхідно на загальнодержавному рівні:

- виключити із Державного реєстру допустимих до застосування водолічильників ті лічильники, які не відповідають сучасним вимогам (низький поріг чутливості та відсутність захисту), як це зроблено у Литві, Румунії та Польщі;
- до Закону України “Про питну воду та питне водопостачання” внести зміни й доповнення, які б передбачали обов'язковість встановлення приладів обліку води на всіх технологічних стадіях підйому, перекачування, очищення води та стоків та звітування тільки згідно з цими приладами;
- внести доповнення до Кодексу України про адміністративні правопорушення щодо запровадження адміністративної відповідальності за порушення наведеної вище вимоги;
- внести зміни й доповнення до будівельних норм і правил, які б передбачали заборону приймати в експлуатацію новозбудовані об'єкти (водозабори, насосні станції, будівлі різноманітного призначення з внутрішньобудинковими системами водопостачання) без наявності лічильників води;
- внести доповнення до Порядку прийняття в експлуатацію закінчених будівництвом об'єктів, які б передбачали обов'язкове включення до складу державної приймальної комісії представників водо-, теплопостачальних та інших організацій, що є виробниками або виконавцями комунальних послуг.
- внести до Законів України “Про питну воду та питне водопостачання” та “Про житлово - комунальні послуги” зміни й доповнення, які б передбачали обов'язкове запровадження будинкового обліку споживання води при наявності повного поквартирного обліку, з використанням показників квартирних приладів обліку як підстави для пропорційного розподілу між власниками квартир плати за послуги відповідно до показників будинкового приладу обліку.
- у будівельних нормах і правилах передбачити такі вимоги до внутрішніх мереж водопостачання:
- будівництво таких внутрішньоквартирних мереж, для яких облік води у квартирах здійснювався б лише за допомогою одного лічильника холодної води;
- встановлення лічильників лише класу С (з високим порогом чутливості) і за межами квартири;



- заміна морально застарілого обладнання;
- переобладнання окремих споруд в інший вид.

**Збільшення пропускної спроможності** мережі досягається заміною окремих ділянок з малими діаметрами на трубопроводи більших діаметрів, прокладкою ліній паралельних дієвим лініям, прокладкою нових додаткових ділянок, заміною старих трубопроводів на нові.

**Перерозподіл потоків** в мережі досягається прокладкою магістральних водоводів від вузлів, в які подається велика витрата, до вузлів, які вимагають підсилення. Інколи при малих перерозподілах виконується регулювання потоків засувками.

**Необхідність зонування** виникає в системах, які розвивались без перспективного плану. Воно дозволяє оптимізувати витрати електроенергії та знижує надлишкові напори та втрати води з мережі.

**Збільшення продуктивності водозаборів** з підземних джерел досягається їх розширенням, тобто бурінням додаткових свердловин. У водозаборах з поверхневих джерел збільшення продуктивності передбачається на стадії проєктування. Для цього передбачаються фундаменти для монтажу додаткових насосів або насосів з більшою продуктивністю.

**Збільшення подачі насосних станцій II підйому** досягається заміною встановлених насосів на насоси більшої продуктивності.

**Збільшення продуктивності очисних станцій** також досягається їх розширенням та добудовою додаткових технологічних ліній, які, як правило, аналогічні наявним. Залежно від якості води в джерелі і потрібного росту продуктивності такого збільшення можна досягти переобладнанням одного типу споруд в інший (наприклад, горизонтальних відстійників у відстійники з тонкошаровими модулями, одного типу фільтрів в інший).

Необхідність удосконалення систем водопостачання диктується техніко-економічними міркуваннями тому, що частіше всього, тому що, такі заходи являються більш вигідними у порівнянні з новим будівництвом.

Основою для вибору варіанту удосконалення роботи являються проєкти, при розробці яких необхідна оперативна інформація про характеристики елементів системи водопостачання, які змінюються як протягом доби, так і в процесі багаторічної експлуатації. Вартість таких систем досягає 80% загальної вартості водопроводу, а вибір оптимальних розмірів споруд, контроль їх характеристик і оперативне керування ними пов'язані з великими складнощами.

Правильне розв'язування питань наладки, інтенсифікації та оптимізації роботи системи водопостачання можна досягти тільки на основі натурних досліджень роботи всіх споруд системи та прогнозування змін їх характеристик у часі.

Дослідження роботи систем водопостачання включає декілька етапів:

- Збір інформації про водоспоживачів (склад, розміщення, витрати, які споживаються на момент дослідження і на найближчу перспективу) і про водопровідні споруди (тип підживлювачів, їх кількість і розміщення; матеріал,

діаметри і терміни експлуатації водопровідних ліній; частота пошкоджень, час ліквідації аварій; технологія обробки води; режим роботи насосних станцій і інше).

- Натурні дослідження споруд (рівні води та дебїти водозабірних свердловин; напірно-витратні і енергетичні характеристики відцентрових насосів; гідравлічні опори водопровідних ліній відповідних матеріалів, діаметрів і термінів їх експлуатації; тиски в характерних точках мережі в різні періоди водоспоживання; рівні води в баштах і резервуарах; фактичні витрати від підживлювачів; якість води в джерелі та води, яка подається споживачам, наявність витоків води з мережі).

- Обробка результатів досліджень і виявлення фактичної картини роботи систем водопостачання:

- побудова ізоляцій п'єзометричних тисків на ділянках водопровідної мережі для характерних періодів її роботи;

- виявлення ділянок з недостатньою пропускною спроможністю;

- встановлення причин обростання внутрішньої поверхні труб;

- встановлення причин аварій на мережах;

- з'ясування фактичної схеми живлення водопровідної мережі та значення кожного її підживлювача;

- визначення робочих точок сумісної роботи насосів і водопровідної мережі та виявлення перевитрат електроенергії на подачу води;

- аналіз роботи водозабірних споруд і з'ясування причин зміни їх дебїту в процесі експлуатації.

- Побудування еквівалентної математичної моделі наявної системи подачі і розподілу води:

- складання розрахункової схеми системи подачі та розподілу води та визначення вузлових відборів води з мережі на період досліджень і на перспективу;

- визначення коефіцієнтів збільшення гідравлічних опорів водопровідних ліній залежно від усіх факторів (матеріалу і діаметру труб, умов і термінів їх експлуатації) і обчислення фактичних опорів ділянок мережі;

- проведення гідравлічних розрахунків водопровідної мережі на ЕОМ, в результаті яких корегуються опори ділянок та вузлові відбори до зіставлення результатів розрахунків з результатами натурних досліджень.

- Розробка рекомендацій по інтенсифікації роботи системи подачі і розподілу води:

- збільшення пропускної можливості мережі шляхом заміни або додаткової прокладки окремих водопровідних ліній на період досліджень (I черга) і на найближчу перспективу (II черга);

- вибір оптимальних режимів сумісної роботи підживлювачів (насосних станцій, водонапірних башт) і водопровідної мережі при умові забезпечення розрахункових витрат води та необхідних тисків в усіх точках мережі при мінімальній витраті електроенергії (в різні періоди водоспоживання), для чого і розглядаються питання заміни робочих колес у

- насосів, паралельної роботи кількох насосних агрегатів, заміни електродвигунів насосів або регулювання частоти обертання їх робочих колес;
- розробка заходів щодо зниження витоків води з мережі, зменшенню числа аварій, зонуванню окремих районів мережі, а також по захисту сталевих труб від внутрішньої корозії шляхом спеціальної обробки води та очищення їх від відкладень, які створюються в них;

розробка рекомендацій про збільшення продуктивності водозабірних свердловин та покращання умов їх сумісної роботи.

Натурні дослідження дуже трудомісткі. Тому вони проводяться в повному обсязі рідко. Більш доступними являються комбіновані методи, коли натурні вимірювання проводяться тільки для тих характеристик, які потрібні для виконання необхідних розрахунків на ЕОМ. Після цього за результатами розрахунків в характерних точках проводяться контрольні вимірювання і при необхідності проводяться повторні розрахунки.

### **Питання для самоконтролю**

1. Яким чином, впровадження програм використання нових енергоощадних та екологічно привабливих технологій впливає на реалізацію проєктів відбудови міської інфраструктури?
2. Які основні проблеми були визначені за результатами моніторингу інженерних об'єктів комунальної сфери?
3. В чому сутність вдосконалення нормативно-правового та регуляторного забезпечення функціонування інженерних об'єктів критичної інфраструктури?
4. Які причини незадовільного функціонування інженерних об'єктів критичної інфраструктури?
5. Яким чином результати моніторингу інженерних водопровідних споруд впливають на якість водозабезпечення будівельних об'єктів?

### **Література**

1. Національний стандарт України Вода питна. Вимоги та контролювання якості ДСТУ 7525:2014. Київ: МІНЕКОНОМПРОЗВИТКУ. URL: [www.http://iccwc.org.ua/docs/dstu\\_7525\\_2014.pdf](http://iccwc.org.ua/docs/dstu_7525_2014.pdf)
2. Добровольська О.Г., Світлична В.Б. Моніторинг та удосконалення інженерних об'єктів : конспект лекцій. Запоріжжя: ЗНУ, 2020. 125 с.
3. Савйовський В. В. Реконструкція будівель і споруд : навч. посіб. Київ : Ліра-К, 2020. 320 с. 3.Конспект лекцій з дисципліни "Обстеження і випробування будівель і споруд" : для студентів спец. 192 "Буд-во та цивіл. інженерія / уклад. О. П. Конончук ; ТНТУ ім. Івана Пулюя. Тернопіль : [б. м.], 2018. 95 с. URL: <http://files.znu.edu.ua/files/Bibliobooks/Inshi71/0051983.pdf>
4. Линник І.Е., Завальний О.В. Проектування міських територій : підручник : [у 2 ч.]. Харків : ХНУМГ ім. О.М. Бекетова, 2019. Ч. 2. 544 с. URL: <https://eprints.kname.edu.ua/55301/1/2018%201%D0%9F%20%D1%872.pdf>