

УДК 628.16:504.064:614.8(477)

*Усенко Дмитро Валерійович*

PhD, MPhys, доцент,

доцент кафедри хімії та фізики

*Ненашева Анастасія Сергіївна*

студентка групи 101Б

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

## **ЕНЕРГЕТИЧНА НЕЗАЛЕЖНІСТЬ, РЕЗЕРВУВАННЯ ТА УПРАВЛІННЯ РИЗИКАМИ ЯК ОСНОВИ СТІЙКОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ ПІД ЧАС ВОЄННОГО СТАНУ**

Системи централізованого водопостачання належать до базових елементів критичної інфраструктури, від безперервної роботи яких залежить епідеміологічна безпека, сталість санітарних практик і соціальна стабільність громад. У воєнний період вимоги до їх надійності істотно посилюються, оскільки одночасно зростає експлуатаційне навантаження та множаться ризики фізичного ушкодження, логістичних розривів і управлінських збоїв. За цих умов забезпечення працездатності водопровідних мереж набуває подвійного — технічного й гуманітарного — значення та потребує інтегрованих підходів, що поєднують інженерію, управління ризиками й комунікацію з населенням.

На відміну від мирного часу, у фазі активних бойових дій, множина загроз включає як навмисні удари по об'єктах водопостачання, так і вторинні ефекти — порушення постачання матеріалів і запчастин, ускладнений доступ до місць аварій, дефіцит кваліфікованого персоналу. Оцінювання надійності має виходити за межі внутрішніх технічних характеристик і охоплювати зовнішні, часто неконтрольовані фактори. Мова йде про побудову багаторівневої моделі стійкості, у якій функціональна готовність устаткування, організаційні процедури реагування та резервні сценарії живлення/доставки води взаємно підсилюють одне одного.

Конструктивно системи водопостачання — це ієрархія взаємопов'язаних компонентів: джерела водозабору, станції підйому та очищення, магістральні й розподільчі трубопроводи, резервуари, напірні споруди й вузли обліку/керування. Відмова одного критичного елемента здатна ініціювати каскадну деградацію сервісу, що проявляється у тривалих перебоях подачі або повній зупинці мережі. Додатковим ускладненням виступає вік мереж: значна частина комунікацій експлуатується понад 30–40 років, що підвищує частоту аварій, збільшує невиробничі втрати води та знижує інженерну «маневровість» під час відновних робіт. У воєнних

реаліях ці хронічні слабкості посилюються браком ресурсів і складнощами доступу до пошкоджених ділянок.

Суттєвий внесок у ризиковий профіль формують природні й антропогенні чинники. До перших належать сейсмічні події, повені, посухи та пов'язані з ними коливання дебіту й якості джерел. До других — диверсії, терористичні загрози та кібератаки на автоматизовані системи керування. Показовим є наслідок руйнування водосховища у нижній течії Дніпра 2023 року: великі території Півдня залишилися без централізованого водопостачання, а вміст у водному середовищі токсичних домішок (зокрема сполук свинцю, кадмію, нікелю) створив довготривалі санітарно-екологічні загрози. Такі епізоди демонструють, що надійність мереж — це водночас питання доступності ресурсу та забезпечення його безпечної якості.

Ключова вразливість інфраструктури — сильна залежність від електропостачання. Насосні агрегати, системи дозування реагентів, блоки фільтрації та онлайн-контролери якості потребують стабільного живлення. Перебої електроенергії, типові для зони бойових дій, безпосередньо трансформуються у перебої води. Тому пріоритетним стає розгортання альтернативних схем енергозабезпечення: стаціонарних і мобільних дизельних/газових генераторів, фотоелектричних установок з буферними накопичувачами, а також селективна електрифікація «критичних ниток» мережі для підтримання мінімально необхідного сервісу.

Практичні заходи підвищення надійності мають вибудовуватися як послідовна програма. По-перше, потрібен систематичний технічний моніторинг із застосуванням засобів раннього виявлення аномалій (витоків, падіння тиску, деградації якості води). По-друге, пріоритетизація модернізації «вузьких місць» — застарілих насосних станцій, аварійних ділянок труб, неефективних вузлів обробки води — з урахуванням критичності споживачів і топології мережі. По-третє, підготовка персоналу до дій у стресових умовах: тренування за сценаріями обмеженого доступу, дефіциту матеріалів і фрагментарної координації, включно з відпрацюванням процедур швидкого перемикання на резервні схеми.

Органи влади, гуманітарні структури та міжнародні партнери відіграють визначальну роль у створенні «стійкісного каркаса»: формуванні резервів труб, арматури, насосів і реагентів; розгортанні мобільних ремонтних команд; плануванні альтернативних логістичних маршрутів подачі, зокрема адресній доставці бутильованої води для об'єктів підвищеної критичності — лікарень, пунктів укриття, центрів гуманітарної допомоги. Важливо, щоб такі заходи були закріплені у погоджених міжвідомчих протоколах і перевірялися під час регулярних навчань.

Окремий інструмент формування стійкості — візуально-методичні матеріали, що перекладають інженерні рішення на мову зрозумілих «карт дій». Порівняльні інфографіки, які протиставляють вразливу схему (несанкціоновані врізки, пориви, ремонт «по місцю», відсутність резервів) і

модернізовану конфігурацію (автономні джерела енергії, сучасні блоки фільтрації, буферні резервуари й водонапірні вежі, багаторівневе резервування), слугують практичними настановами для муніципалітетів і водоканалів. Їхня цінність — у конденсації експертного досвіду до переліку мінімально необхідних кроків, які підвищують надійність навіть за дефіциту ресурсів.



Рис. 1. Інфографіка “Стійкі системи водопостачання”: порівняння критично вразливої та модернізованої, автономної водопровідної мережі з рекомендаціями, підготовленими на основі експертного досвіду фахівців галузі водопостачання в рамках програми DOBRE.

Комунікація з населенням є не допоміжним, а структурним елементом стійкості. Наявність надійного каналу інформування про якість води, режими подачі, тимчасові обмеження та правила ощадного споживання знижує соціальну напругу і сприяє керованому попиту. Для цього доцільно використовувати багатоканальні оголошення (офіційні сайти, месенджери, локальне радіо), завчасно підготовлені шаблони повідомлень і прозорі протоколи оновлення даних.

**Висновок.** Підсумовуючи, підвищення надійності систем водопостачання у воєнний час — це багатомірне завдання, де технічні, управлінські та комунікаційні рішення мусять бути інтегровані у єдину архітектуру стійкості. Комплексна оцінка має охоплювати фізичний стан мереж, готовність персоналу, енергетичні резерви, логістичні сценарії та взаємодію зі спільнотою. Саме таке поєднання дає змогу мінімізувати ризик системного колапсу, зберегти доступ до безпечної питної води та гарантувати базові санітарні стандарти навіть у пікових кризових умовах.

Список використаних джерел

1. Хоружий П. Д. Ресурсозберігаючі технології водопостачання / П. Д. Хоружий, Т. П. Хомутецька, В. П. Хоружий. К. : Аграрна наука, 2008. 534 с.
2. Новохатній В.Г. Показники надійності водопровідних металевих труб за даними експлуатації / В.Г. Новохатній, О.В. Матяш, І.С. Усенко // Науковий вісник будівництва: Зб. наук.пр. Вип.№2 (80). Харків: ХНУБА, ХОТВ АБУ, 2015. С. 254 – 257.
3. Hotłoś H. Analisa strat wody w systemach wodociagowych // Ochrona Srodowiska. 2003. №1. S. 17 – 24
4. Piechurski F. Straty wody i sposoby ich obnizania // Ochrona Srodowiska. 2006: №2. S. 20–23.
5. Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування: ДБН В.2.5–74:2013 [Чинний від 2014–01–01]. К.: Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово–комунального господарства України, 2013. 281 с. (Національні стандарти України).

УДК 624.012.45:691.32:620.172.251

*Усенко Дмитро Валерійович*

PhD, MPhys, доцент,

доцент кафедри хімії та фізики

*Ярошенко Аліна Володимирівна*

студентка групи 102Б

Національний університет

«Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»

**СІТЧАСТІ СХЕМИ АРМУВАННЯ КАМ'ЯНОЇ КЛАДКИ  
ВУГЛЕЦЕВИМИ МАТЕРІАЛАМИ, ПОШКОДЖЕНОЮ ВНАСЛІДОК  
БОЙОВИХ ДІЙ**

Кам'яна кладка залишається однією з найпоширеніших конструктивних систем як у сучасному, так і в історичному будівництві, проте її механічні характеристики мають виражену анізотропію: високу міцність на стиск і відносно низьку опірність розтягувальним і згинальним напруженням. Ця особливість істотно обмежує її ефективність у зонах підвищеної сейсмічності та за умов динамічного впливу. Розвиток технологій композитного підсилення дав змогу запропонувати нові методи підвищення несучої здатності кам'яних елементів без істотного збільшення їхньої маси або порушення архітектурного вигляду. Одним з найрезультативніших підходів визнано інтеграцію вуглецевих волокон у зони концентрації напружень.

Вуглецеві волокна належать до класу високоміцних композитів, що поєднують малу густина, значну міцність на розтяг і високу стійкість до