

УДК 628.17:628.194

Тугай А. М., д.т.н., професор, Пікуль Ю. М., к.т.н. (Київський національний університет будівництва і архітектури)

## ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ ПРИ ЗНАЧНОМУ ЗНИЖЕННІ ВОДОСПОЖИВАННЯ

**Запропоновані сучасні заходи підвищення ефективності водопровідних систем в умовах значного зниження водоспоживання.**

**Ключові слова:** підвищення ефективності, зниження водоспоживання, вторинне забруднення води.

Стрімке зниження водоспоживання в Україні простежується з початку її незалежності та триває до теперішнього часу. Надто помітним стає потреба зменшення виробничих потужностей очисних споруд, зростання питомих витрат електроенергії насосних станцій, потужні витрати на утримання системи подачі та розподілу води. Особливо гостро ця проблема постає для систем водопостачання населених пунктів з середньою та значною чисельністю населення.

Серед характерних причин різкого зниження водоспоживання, можна відокремити наступні:

- скорочення обсягів виробництва промислових підприємств;
- впровадження маловодних оборотних систем промислового та сільськогосподарського водопостачання;
- використання енергозберігаючої водорозбірної арматури та лічильників води;
- скорочення чисельності населення.

Не останній вплив на зниження обсягу водоспоживання має зниження нетехнологічних витрат води, пов'язане з зростанням тарифів на воду для населення та промисловості внаслідок невинного зростанням вартості електроенергії.

За оцінками фахівців потенціал енергозбереження у секторі водопостачання становить 25-30%, що в масштабі країни відповідає 1,2-1,5 млрд кВт год/рік [1].

**Відсутність наукового-обґрунтованих методів** водогосподарювання, що враховують зміни характеристик систем водопостачання протягом їх роботи, призводить до порушення умов технічної експлуатації, збільшення питомих витрат електроенергії та понаднормованого витрачання коштів для ліквідації пошкоджень, що виникають внаслідок збільшення кількості відмов інженерних систем, погіршення

якості води, та, відповідно, збільшення витрат реагентів для її знезараження.

Невпинне зниження продуктивності в часі простежується, насамперед, у випадку експлуатації водозабірних свердловин, основними причинами якого є [2]:

- зниження статичного рівня води у водоносному пласті внаслідок зменшення запасів підземних вод;
- зменшення питомого дебіту свердловини внаслідок збільшення фільтраційного опору у фільтрі та прифільтровій зоні;
- зміна гідравлічних характеристик заглиблених відцентрових насосів внаслідок фізичного зношення їх робочих елементів;
- збільшення гідравлічного опору сталевих водопідйомних труб і водоводів, що не мають внутрішнього захисного покриття, внаслідок хімічної корозії та відкладень осадів, які виділяються з води.

З економічної точки зору, завдяки значному скороченню водоспоживання доцільно ставиться питання про виведення з експлуатації до резерву зарезервованої кількості водозабірних свердловин, обладнання та очисних споруд, що дає певне заощадження коштів на їх утримання, зокрема, знижується й величина втрат води за рахунок зменшення об'єму витоків з мережі.

Проте, зменшення продуктивності системи подачі та розподілу води (СПРВ), за незмінних геометричних розмірів самої системи, зумовлює транспортування води з наднизькими швидкостями руху, що створює сприятливі умови для її вторинного забруднення.

**Зміна тривалості перебування** води в СПРВ супроводжується незворотними процесами її руйнування: змінюється гідравлічний режим роботи мережі, зменшується кількість розчиненого у воді кисню, змінюються склад та концентрація домішок, посилюються біохімічні процеси на внутрішній поверхні труб тощо.

При довготривалому зберіганні води в резервуарах чистої води, без відповідної циркуляції, протягом їх експлуатації відбувається накопичення осадів на поверхні стін та днищі. Як правило з часом осад замулюється та заселяється різноманітними мікроорганізмами, котрі розмножуються в помітних обсягах.

Найчастіше промислові резервуари для зберігання питної води виготовлені з бетону або залізобетону. Антикоровіні покриття сталевих конструкцій та торкрет-бетонне облицювання поверхні резервуарів не запобігають вторинному забрудненню питної води та потребують періодичного обслуговування. А вже з часом відбувається корозія сталевих елементів резервуару, поверхня стін та днища стає нерівною,

з'являються великі пори, що підвищує можливість заселення поверхні резервуарів водоростями, грибами та бактеріями.

Відірані від поверхні резервуара забруднення разом з потоком потрапляють до водопрохідної мережі, посилюючи процес біологічного обростання внутрішньої поверхні труб.

Окрім цього, за відсутності дренажної системи, через нещільності та тріщини до резервуарів можуть потрапляти ґрунтові, талі, дощові та інші неочищені води. Утворення наскрізних тріщин внаслідок температурних та інших деформацій призводить до втрат питної води, корозії арматури, розмиву ґрунтів основи та просідання резервуару.

Надійним способом відновлення санітарного захисту та герметичності сталевих та залізобетонних ємкостей вважається футерування поверхні резервуарів полімерним облицюванням з влаштуванням системи контролю за витокami.

Проблема погіршення якості води в системах зберігання та її розподілу стосується й старих протяжних водопровідних мереж зі сталевих трубопроводів, що являють собою найвразливішу ланку водопровідного господарства України.

На окремих ділянках мережі тривалість перебування води в ній сягає декількох десятків діб. За прогнозними оцінками очікується зростання цього показника і в наступні роки як в Україні, так і в країнах Центральної та Східної Європи, хоча і з меншою інтенсивністю [3].

Магістральні лінії та переважно внутрішньоквартальні водопровідні мережі, що закладались з сталевих водопровідних труб експлуатуються в умовах занижених параметрів та вимог до них без відповідного антикорозійного захисту внутрішньої та зовнішньої поверхні труб.

Як показали дослідження низки авторів [4-6], навіть при середніх умовах експлуатації незахищених металевих водопровідних труб відбуваються зміни їх гідравлічних опорів (при діаметрі труб від 50 до 300 мм в 5 і більше разів протягом 30-річної експлуатації [2]), внаслідок зміни відносної макрошорсткості, яка залежить від матеріалу труб, строку їх експлуатації, якості транспортованої води і ступеня захищеності внутрішньої поверхні труб від корозії.

Отже, суттєвого значення набуває питання раціонального добору матеріалу труб при проектуванні та реконструкції водопровідної мережі.

Проте, трубопроводи з полімерних матеріалів є не менш вразливими. Адже, більшість полімерних труб зовнішньої системи водопостачання закладаються з нехтуванням вимог до технології їх влаштування.

Завдяки їх гнучкості, внаслідок неякісно виконаних будівельно-

монтажних робіт полімерні труби зазнають значного впливу від зовнішніх навантажень (надмірного вигину або стискання труб, внаслідок порушення вимог засипання траншеї ґрунтом незадовільної якості та вимог до їх ущільнення).

**Зважаючи на це**, важливим завданням є створення та впровадження ефективних технологій підвищення експлуатаційного ресурсу магістральних та розподільчих трубопроводів. В умовах зниження водоспоживання, внаслідок незбалансованої роботи СПРВ, на деяких ділянках діючих систем протягом годин доби утворюються зони недостатнього та надлишкового тиску в мережі.

Оптимізація гідравлічної системи зводиться не тільки до підвищення ефективності роботи насосних агрегатів (економія електроенергії може сягати від 20 до 80%), але й до автоматичного регулювання тиску в вузлових точках розподільчої мережі, що значною мірою впливає на кількість витоків та пошкоджень мережі.

Створення зон мережевого регулювання тиску уповільнює процес стирання трубного матеріалу, збільшуючи у часовому інтервалі необхідність технічного обслуговування та ремонтних робіт.

Робота системи в оптимальних режимах тиску в мережі призводить до зниження аварійності на 23-90% [7], що призводить до економії часу та коштів на заміну аварійних ділянок водопровідних мереж.

В міжнародній практиці фахівцями прийнято вважати, що якщо нічна витрата, що транспортується по трубах у житлові мікрорайони міста, складає менше 35% від денної, то водопровідна мережа знаходиться у відмінному стані, якщо – 35-49% у доброму стані. Регулюючі ємкості мають відповідати такому режиму роботи насосних станцій, щоб забезпечувати об'єм, щонайменше, 20% від добового водоспоживання [8].

Розподіл системи водопостачання на зони визначається трьома основними факторами: різницею позначок подачі та розподілу води, потрібними вільними напорами, максимальними втратами напору в мережі. Вважається, що найбільш досконалим є контроль за тиском системи шляхом одночасного налаштування встановлених регуляторів тиску в режимі реального часу [9].

Зонування водопровідної системи передбачає й зміну точок живлення або їх кількості шляхом перекладання або додаткового прокладання обвідних ліній мережі, створення додаткових вузлів живлення (водонапірних башт, насосних станцій, резервуарів).

Підвищенню надійності СПРВ сприяє й влаштування додаткових локальних вузлів доочистки води, для запобігання біологічному оброс-

тання магістральних та розподільчих мереж.

В окремих випадках, за наявності в складі водопровідної системи декількох вузлів живлення, доцільним постає питання ефективної роботи СПРВ з врахуванням диференційованих за часом тарифів на електроенергію.

Надійна статистична інформація про інтенсивність відмов мережі, якість води в найбільш проблемних ділянках, прогнозування та аналіз практики, методи і способи розробки пріоритетів в стратегії інтенсифікації водорозподільчих ліній дозволяє розробити нові методи скорочення та попередження витоків, вказує на потенційні можливості служб у зниженні витрат води та підтриманні стійкості мережі.

Влаштування запобіжної арматури, зворотних клапанів та вантузів, сучасних методів попередження та боротьби з гідроударами, періодичне очищення та дезінфекція внутрішньої поверхні труб, може захистити трубопроводи та інженерні споруди від негативних впливів та подовжити строк роботи навіть зношених трубопроводів, що забезпечує додаткове відтермінування їх заміни.

Адже, зменшення експлуатаційних витрат за рахунок скорочення обсягів ремонтно-відновлювальних робіт, заміна ділянок зношених трубопроводів і устаткування в гідросистемах у планово-попереджувальному режимі значно дешевше екстреної заміни аварійних ділянок труб.

В умовах зниження обсягу водоспоживання принципово постає питання зі зменшення діаметрів діючих трубопроводів, ліквідації, консервації або реновації окремих ділянок магістралей, водоводів і дублюючих ділянок розподільчих мереж з інших матеріалів та з іншими гідравлічними характеристиками.

Таким чином, прийняття оперативних та довгострокових рішень щодо підвищення ефективності роботи водопровідної мережі, можливе лише на базі аналізу діаметрів труб, їх актуальних гідравлічних характеристик, з врахуванням дійсних коефіцієнтів шорсткості та матеріалу окремих трас трубопроводів.

**Реальні водопровідні мережі** великих населених пунктів можуть вміщувати десятки та сотні тисяч ділянок, котрі потребують гідравлічного розрахунку з врахуванням оптимального режиму роботи насосних станцій в кожен конкретний момент часу.

Розрахунок таких мереж на сучасних комп'ютерах, з допомогою програмних комплексів, проводиться за лічені секунди, проте процеси читання вхідної інформації та запис результатів в базу даних може сягати декілька хвилин. Розробка комп'ютерних програм призначених для гідравлічного аналізу протяжних водопровідних мереж почалась з

кінця 90-х років, їх вдосконалення триває до теперішнього часу.

Сучасні автоматизовані комп'ютерні програми дозволяють вирішувати широкий спектр завдань, пов'язаних з систематизацією, загальною оцінкою, аналізом та оптимізацією найбільш важливих параметрів водопровідних мереж, від якої безпосередньо залежить якісні показники води.

Зокрема, такі автоматизовані комплекси здатні проводити багато-варіантний аналіз на базі різноманітних режимів роботи кільцевої мережі, окрім іншого і безтраншейної реновації та модернізації з використанням сучасних альтернативних внутрішніх захисних покривів з широкою гамою шорсткості стінок, забезпечуючи умови сумісності старих та нових (відновлених) ділянок водопровідної мережі [9].

Проте, складність завдання оптимального керування водопровідним господарством обумовлена й великою кількістю компонентів, неповнотою і неточністю інформації про елементи системи, що входять у СПРВ, характеристики яких постійно змінюються в часі.

**Висновки.** Розроблення перспективного плану відновлення оптимальної роботи систем водопостачання в умовах значного зниження водоспоживання можливе лише на базі інженерних розрахунків сумісної роботи всіх взаємодіючих споруд з врахуванням зміни їх технологічних характеристик протягом часу експлуатації.

Завдяки сучасним системам автоматизованого моніторингу за тиском, шляхом манометричної зйомки мережі в режимі реального часу, фахівці володіють достеменною інформацією про фактичний стан системи розподілу води.

Впровадження системи моніторингу за тиском дозволить контролювати напір води на водопровідних спорудах та розподільчих мережах, мінімізувати втрати води при відмовах трубопроводів, попередити утворення надлишкових напорів у розподільчих лініях.

Управління та розробка проектних рішень по будівництву та реконструкції водопровідного господарства потребує інвентаризації водопровідної системи, зберігання, поповнення та аналізу актуальних даних, що характеризують технічний та санітарно-епідеміологічний стан системи, що в сучасних умовах вимагає застосування автоматизованих інформаційно-пошукових систем та висококваліфікованих фахівців для роботи з великим обсягом фактографічної та картографічної інформації.

Деталізована гідравлічна модель водопровідної системи, що базується на сучасних комп'ютерних програмах, дозволяє підтримувати в актуальному стані базу даних компонентів гідравлічної системи, стає

невід'ємним інструментом управління та оптимізації роботи СПРВ в умовах скорочення водоспоживання.

Проте, реалізація автоматизованих систем управління роботою водопровідного господарства вимагає капіталовкладень на влаштування систем зв'язку, сухих колодязів на мережі (з реєстраторами тиску, витратомірами, керованою запірної та регулюючої арматурою тощо).

Експлуатація та постійне усунення аварійних ситуацій на водопровідних мережах вимагає чимало матеріальних та людських ресурсів. Однак, амортизаційних (інвестиційних) відрахувань водопровідних підприємств інколи достатньо лише на ліквідацію аварійних пошкоджень. Проте, великі одноразові витрати під час будівництва і реконструкції водопровідного господарства можуть дати можливість заощадити фінансові ресурси на різних видах ремонтних робіт.

1. Цветкова Г. Проблемы интегрированного управления водными та энергетичними ресурсами / Цветкова Г., Будняк Т. // Водне господарство України. – № 2(110). – 2014. – С. 22–23.
2. Хоружий П. Д. Врахування зміни гідравлічних характеристик споруд при розрахунках подачі води із свердловин / Хоружий П. Д., Хомуцька Т. П. // Проблеми водопостачання водовідведення та гідравліки. – Вип. 18. – К.: КНУБА, 2012. – С. 22–29.
3. Стан водопровідних мереж України та шляхи запобігання погіршення якості води / Гіроль М. М., Гіроль А. М., Хомко В. С., Ковальський Д. // Полимерные трубы. – Новости отрасли. – 2013. – Режим доступу: <http://polypipe.info/news/238-stanvodoprovodnuhmerzhukraini>
4. Петросов В. А. Изменение величины коэффициента гидравлического трения в магистральных водоводах с течением времени их эксплуатации / В. А. Петросов // Сб. докл. Междунар. конгресса «Экология, технология, экономика водоснабжения и канализации». – Ялта, 1997. – С. 124–131.
5. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів / О. А. Ткачук. – Рівне: НУВГП, 2008. – 301 с.
6. Хоружий П. Д. Определение коэффициента гидравлических сопротивлений макрошероховатых труб / Хоружий П. Д., Ткачук А. А. // Респ. міжвід. н-т. зб. "Гідравліка и гидротехника", 1985. – Вип. 40. – С. 27–31.
7. Зайцева С. Г. Внедрение современной трубопроводной арматуры как метод снижения потерь воды и повышения энергоэффективности / Зайцева С. Г. // Водоснабжение и санитарная техника. – № 3. – М.: Издательство ВСТ, 2012. – С. 61–66.
8. Петросов В. А. Прогноз интенсивности отказа водосети – один из путей сокращения потерь и неучтенных расходов воды / Петросов В. А. // Науковий вісник будівництва. – Вип. 12. – Х.: ХДГУБА, ХОТВ АБУ, 2001. – С. 42–51.
9. Орлов В. А. Анализ автоматизированных программ расчета водопроводных сетей в целях гидравлического моделирования при реновации трубопроводов / Орлов В. А., Аверкеев И. А. // Вестник МГСУ. – № 3. – 2013. – С. 237–243.

Рецензент: к.т.н., доцент Сироватський О. А. (ХНУБА)

---

**Tuhay A. M., Doctor of Engineering, Professor, Pikul Y. M., Candidate of Engineering** (Kyiv National University of Construction and Architecture)

### **WATER SUPPLY OF CITIES AND TOWNS UNDER SIGNIFICANT REDUCTION OF WATER CONSUMPTION**

**In article the modern directions of increase of efficiency of water supply systems under significant reduction of water consumption were proposed.**

**Keywords:** increase of efficiency, *reduction* of water consumption, secondary pollution of water.

---

**Тугай А. М., д.т.н., профессор, Пикуль Ю. Н., к.т.н.** (Киевский национальный университет строительства и архитектуры)

### **ВОДОСНАБЖЕНИЕ НАСЕЛЕННЫХ ПУНКТОВ ПРИ ЗНАЧИТЕЛЬНОМ СНИЖЕНИИ ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ**

**Предложены современные методы повышения эффективности водопроводных систем в условиях значительного снижения водопотребления.**

**Ключевые слова:** повышение эффективности, снижение водопотребления, повторное загрязнение воды.

---