

С.Л. ВАСИЛЕНКО, доктор технічних наук
В.М. ВОЛКОВ
Комунальне підприємство «Харківводоканал»

НАДІЙНІСТЬ І СТАЛІСТЬ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ ЯК СКЛАДОВА НАЦІОНАЛЬНОЇ ТА ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Відповідно до вимог ISO 704:2000 представлено визначення і аналіз сталості та надійності систем водопостачання.

Ключові слова: водопостачання, питна вода, національна безпека, сталість, надійність, системний підхід.

Согласно требованиям ИСО 704:2000 даны определения и анализ устойчивости и надежности систем водоснабжения.

Ключевые слова: водоснабжение, питьевая вода, национальная безопасность, устойчивость, надежность, системный подход.

Definitions and analysis to concepts of stability and reliability of water supply systems are given according to requirements ISO 704:2000.

Key words: water supply, drinking water, national security, stability, reliability, system approach.

Вступ. Забезпечення населення питною водою має загальнодержавне стратегічне значення і є найважливішим елементом збереження здоров'я людей. На першому плані стоїть якість води і стала робота систем водопостачання.

Діяльність таких систем характеризується відкритістю, мінливістю, стохастичністю і, якоюсь мірою, невизначеністю, а їх надійне функціонування складає невід'ємну компоненту національної безпеки країни, серед погроз якої можна виділити небезпеку фізичному здоров'ю нації, викликану дестабілізацією за водним чинником. Сталість як фундаментальне наукове поняття характеризує одну з найважливіших рис поведінки різних систем в техніці, економіці, екології, фізики та застосовується для опису стабільності будь-яких властивостей досліджуваних структур або їх відносній незмінності: сталість станів системи або деякої послідовності її станів.

Зазвичай сталість систем трактується у двох взаємопов'язаних аспектах:

– здатність нормально функціонувати і протистояти різним впливам (збуренням) зовнішнього середовища;

– властивість системи повертатися до вихідного стану після припинення дії, яка вивела її з цього стану.

Аналіз публікацій, формулювання завдання. Стабільність централізованого водопостачання в багатьох наукових дослідженнях і на практиці розглядається як відсутність перебоїв у подачі води абонентам і зводиться до забезпечення експлуатаційного рівня кількісних параметрів на спорудах подачі і розподілу води за тиском і витратою [1–3].

В роботі [1] розглянуто уніфікований комплексний підхід щодо оцінки роботи об'єктів водопроводу і запропоновано процедуру обчислення мінімально-допустимих значень параметрів надійності під час зниження споживачеві подачі води і тиску в порівнянні з їх розрахунковими значеннями. Пропонуються принципи сталої та надійної роботи споруд при реконструкції об'єктів [2] або в умовах скороченого водоспоживання [3]. Проте, повний опис поняття сталості водопостачання на сьогодні залишається відкритою проблематикою, включаючи точну термінологію і можливість її однозначної ідентифікації в рамках системи ISO 704:2000 [4]. Тоді стане зрозумілою алогічність введення необґрунтованих фразеологічних оборотів типу «сталого розвитку водопостачання», побудованих на змішенні різних уявлень.

Мета роботи полягає в застосуванні системного підходу для розкриття змісту сталості водопостачання і його інтегрованого уявлення в регіональному і національному проявах.

Водопостачання, національна безпека та екологічна політика. На сучасному етапі серед основних існуючих і потенційних загроз безпеці і стабільності суспільства згідно Закону України «Про основи національної безпеки України» (2003) можна виділити такі складові водної спрямованості:

в екологічній сфері – погіршення екологічного стану водних басейнів, загострення проблеми трансграничних забруднень і зниження якості води;

в економічній сфері – критичне полягання основних виробничих фондів у водних системах життєзабезпечення;

в області національної безпеки – можливість незаконної появи в країні засобів масової поразки (ввезення, нелегального виготовлення тощо) та їх розповсюдження через воду.

Одним з провідних напрямків державної політики з питань національної безпеки згаданим законом визначено поліпшення екологічного стану річок, перш за все басейну Дніпра, і якості питної води. Забезпечення населення і галузей економіки України доброякісною водою окреслюється одним з найбільш пріоритетним завданням соціально-економічної політики країни. По суті, мова йде про необхідності відновлення природно-екологічної рівноваги у водних екосистемах України на користь природного, а не техногенного розвитку нації, збереження її генофонду і збалансованого розвитку суспільства.

Сучасний підхід к визначенню сталості систем водопостачання. Суворе формулювання основних понять теорії сталості, що здобули широку

популярність, було введено українським вченим О. Ляпуновим в минулому столітті. Відповідно до його трактовки траєкторія руху (розвитку) називається сталою, якщо для малого граничного відхилення, що визначає «коридор постійності», можна вказати такі обмеження для збурень, при яких система не вийде з даної зони. Нестабільність за Ляпуновим розглядається по відношенню до збурень початкових даних руху, коли малі вихідні розходження збільшуються і приводять в ході розгортання процесу до як завгодно великим розбіжностям. Очевидно, чим сильніший вплив чинників, тим меншою мірою вдається зберегти бажані ознаки.

Особливої уваги вимагає область допустимих збурень. Наприклад, якщо ми змушені захищати цілісний водопровідний комплекс не тільки від аварій на трубопроводах або екологічних катаклізмів на водних джерелах, але і тероризму, то це докорінно змінює діапазон наших можливостей.

Можна привести інші приклади уразливості:

- незначне підвищення тиску у водопровідній мережі призводить до численних пошкоджень і аварій на локальних ділянках;
- несуттєве збільшення каламутності води (паводок, фітопланктонне цвітіння) поза «проектної зони» очисних споруд викликає порушення технологічного процесу її очищення та ініціює переведення водопостачання на графік.

Розглянемо, наприклад, тиск води, точніше – його відсутність на водопровідному вводі споживача. Один будинок (споживач) без води – це багато чи мало? А два таких дома – система ще живуча? І взагалі, скільки повинне бути споживачів без води, щоб вважати: система втратила сталість. Це характерний приклад теорії неявних множин, в основі якої лежить знаменитий софізм: якщо до жмені зерна додати ще одне зернятко, чи перетвориться вона в купу? А якщо додати два зерна? А скільки зерен перетворять жменю на купу? Це "скільки" – типовий представник «пухнастої множини» (fuzzy set), до якої важко докласти звичайну алгебру чисел і обчислювальну техніку. На українську мову "fuzzy" перекладали як нечіткий, розмитий, розпливчатий, і навіть як пухнастий і туманний. Для вирішення подібних завдань Лотфі Заді запропонував (1965) теоретичний апарат нечіткої логіки.

Або нехай управління здійснюється в умовах дефіциту цільового продукту, і вода подається за фіксованим у часі графіком, який чітко втримується. Чи можна в цьому випадку вважати водопостачання відносно сталим? Мабуть, так. Оскільки загальні домовленості в цілому дотримуються.

Під системою зазвичай розуміється об'єкт, який можна певним чином розділити на взаємодіючі і взаємозв'язані між собою підсистеми [5]. Власне системою називається деяка цілісність і сукупність елементів, що перебувають у певних відносинах один з одним та з середовищем.

Цілісність – системна якість організованих матеріальних об'єктів, що виражає їх унітарну природу, нерозчленованість і континуальність

(безперервне різноманіття) [5]. До них можна віднести також керованість і здатність проводити енергію (воду) до кожного складового елементу, тобто передбачається безперервність структурних внутрішніх зв'язків. Під час аналізу сталості водопостачання системний характер полягає у зміщенні акценту з окремих елементів системи на вивчення їх зв'язків і відносин. Розгляд цілісної структури водопостачання націлює на те, що теоретичний аналіз в принципі не може бути обмежений одним якимось типом зв'язків. Наприклад, рухом води в трубопроводах на основі законів Кірхгофа. У границі він повинен охопити всю топологічну сукупність елементів стосовно даної системи: від водного джерела – до водорозбірного крана.

Визначення 1. *Сталість системи питного водопостачання* – здатність системи зберігати свою цілісність і режим функціонування, коли кількість споживачів і час, протягом якого вони не забезпечуються водою нормативної якості в потрібній кількості, не перевищують заданої величини прийнятного ризику pT . В ідеальній абсолютно сталій системі $pT = 0$. При визначенні часового інтервалу тут необхідно враховувати важливу ознаку: забезпечення водою носить постійно діючий (безперервний в часі) характер. Отже, "недодача" послуги в повному обсязі не може потім компенсуватися за рахунок її подальшого більш інтенсивного надання в збільшених об'ємах.

Розглядаючи безперебійність водопостачання, постановою Кабінету Міністрів України від 21.07.2005 № 630 встановлено допустимий термін відхилення показників: не більше 6 годин на добу при цілодобовому режимі або 30 % від загального часу подачі води за затвердженим режимом (не більш двох разів на місяць). Тобто сталість водопостачання носить відносний характер. Абсолютної невразливості в таких системах немає. Вони мають розподілену конфігурацію, тому у часовому і просторовому відношенні практично повсякчасно в окремих місцях умови локальної стабільності можуть порушуватися. За рахунок наскрізного постійного проходу енергії (води) за всіма елементами і складовими частинами водопровідний комплекс «дихає» і знаходиться в безперервній динаміці.

Згідно з принципом динамічної рівноваги О. Богданова [6]: там, де наївному сприйняттю представляється тільки сталість або незмінність, насправді панує ледве рух. Ці два потоки протилежних змін і створюють ілюзію статичності. Відповідно до його ж закону «відносних опорів або найменш сприятливих умов» сталість системи визначається міцністю найбільш слабого її елемента. Як у прислів'ї: де тонко – там і рветься. Погрішності в роботі міських водопроводів найбільш виразно проявляються і сприймаються населенням саме через пориви на ветхих водопровідних мережах.

Визначення 2. *Надійність системи питного водопостачання* – властивість системи забезпечувати безперебійний режим подачі питної води (з достатньою кількістю і тиском) фізичним і юридичним особам в штатних умовах експлуатації, – згідно з встановленими нормативами водоспоживання

і якості. Надійність охоплює безвідмовність, довговічність, ремонтпридатність, збереженість. Показниками надійності можуть бути вірогідність безвідмовної роботи, напрацювання на відмову, технічний ресурс, термін служби та ін. За підходами О.Богданова [6] в штучній системі всі її частини повинні бути однаково надійні, що повною мірою відповідає неписаному правилу Водоканалів: всі споживачі однаково важливі.

Зазначимо, що забезпечення сталості системи передбачає постачання водою нормативної якості навіть в надзвичайних умовах (стихійне лихо, тероризм) з можливим переведенням режиму функціонування на обмежену, в тому числі і децентралізовану подачу води. Це відповідає загальному принципу Ле-Шательє-Брауна: при зовнішньому впливі, що виводить систему зі стану рівноважного стану, рівновага зміщується в тому напрямку, за яким ефект зовнішньої дії послаблюється.

Наприклад, прояв тероризму (як нового руйнівного виклику часу) може призвести до виведення з ладу споруд кондиціонування води або насосних станцій, але його наслідки будуть нейтралізовані за рахунок включення резервних джерел, залучення води, що пакується, і т.п.

Вимагати якоїсь над-надійності від централізованої системи водопостачання в подібних екстремальних умовах – щонайменше, некоректно.

Функцію приналежності до множини втрати сталості водопостачання пропонується визначити у такому вигляді, t – час:

$$q' = \begin{cases} 1 - (t - a)/(b - a), & a \leq t \leq b, \\ 0 & , b \leq t \leq c, \\ 1 - (d - t)/(d - c), & c \leq t \leq d, \\ 1 & , t < a \cup t > d. \end{cases}$$

Коефіцієнти або параметри моделі (a, b, c, d) підбираються так, щоб функцію наблизити до ступінчатої форми (рис. 1).

Стале функціонування та збалансований розвиток систем водопостачання. Приведені вище визначення носять внутрішньо системний характер. Розвиток системи централізованого водопостачання, що досягла свого граничного фазису організації, може бути продовжений на рівні над-системи, який починається з водозаборів – гідротехнічних споруд для забору води з водного об'єкту із застосуванням технічних засобів. У загальносистемному плані це означає розвиток функціонуючої макросистеми на зовнішньо системному рівні, коли горизонти розгляду розширюються на водозбірну територію водних джерел. Відповідно видозмінюється уявлення про сталість системи.

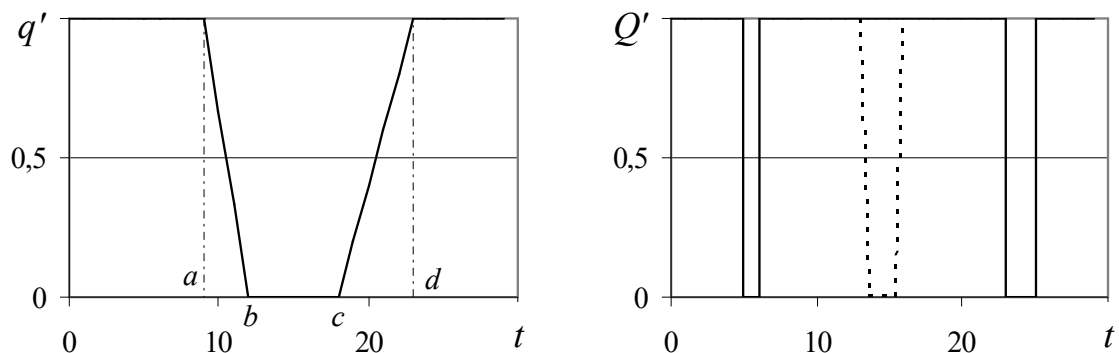


Рис. 1. Функції приналежності до множини втрати сталості водопостачання окремого споживача: q' – за якістю води, Q' – за подачею води з можливим плановим відключенням (– – –) у зв'язку з виконанням планово-попереджувальних робіт

Але чи можна в цьому випадку говорити про сталий розвиток водопостачання? У найзагальнішому вигляді будь-який розвиток – це єдність процесів руйнування і творення, які приводять до появи нового [5]. «Сталий розвиток» означає, що, підвищуючи свій життєвий рівень, ми повинні берегти цілісність біологічної системи землі, «не піддаючи ризику здатність навколишнього середовища підтримувати життя в майбутньому, і не ставлячи під загрозу здатність майбутніх поколінь задовольняти їхні потреби» (ООН, Ріо-де-Жанейро, 1992).

Академік М. Моїсєєв характеризував термін «сталий розвиток», як невдалий і безглуздий з наукової точки зору, пояснюючи некоректним перекладом з англійської мови «sustainable development» (точний переклад: підтримуючий, відтворюючий або збалансований розвиток). Він вважав, що поняття про розвиток – антипод уявленням про стійкість і стабільність: «Сталого розвитку просто не може бути. Якщо є розвиток, то сталості вже немає. По суті мова повинна йти не про сталий розвиток, а про стратегію людства або сукупні дії людей, здатних до настання екологічної катастрофи забезпечити коеволюцію Людини і довкілля». «Без несталості динамічних систем немає розвитку», – вважав І. Пригожин.

Тобто в контексті національної безпеки слід говорити про забезпечення сталого функціонування систем водопостачання та окремо про їх модернізацію і розвиток. Слідуючи М. Моїсєєву, звернемо також увагу на те, що стосовно питного водопроводу поняття «сталого розвитку» удвічі некоректно.

По-перше, при постійно-діючому (безперервному у часі) цілодобовому режимі подачі води будь-яке втручання в систему, зокрема пов'язане з розвитком, призводить до втрати локальної сталості (перекладка мереж, підключення водопровідних ввідів тощо). По-друге, модернізація споруд або впровадження нових технологій – це не стільки розвиток, скільки відтворення

діючій системи. В окремих випадках воно може бути і розширеним. Наприклад, приєднання приватного сектора до інженерних комунікацій.

Можна також вважати, що розвиток водопостачання України в його істинному розумінні як «поява або народження нового» практично закінчився в минулому столітті. Сьогодні на порядку денному – відновлення і оновлення застарілих основних фондів, на подальших етапах – безперервне відтворення або збалансований (врівноважений) розвиток, що забезпечує умови для сталого функціонування на ділянках екстраполяції.

Висновки. Сталість водопостачання характеризується здатністю системи зберігати свою цілісність і встановлений режим діяльності із забезпеченням оптимального значення загальносистемного параметра у вигляді тріади «якість – подача – тиск» і чітким визначенням кількості споживачів і часу, протягом якої допускаються перебої в їх постачанні питною водою.

Розвиток подібних систем на місцевому і державному рівнях, так чи інакше, виступає чинником, що порушує умови їх стабільного функціонування.

Список літератури

1. *Гальперин Е.М.* Определение сниженных минимально-допустимых значений параметров функционирования системы водоснабжения // *Вода и экология: проблемы и решения.* 2003. № 4. С. 11-16.

2. *Бивалькевич А.И., Похил Ю.Н., Никитин А.М.* Принципы устойчивого и надежного обеспечения работы систем водоснабжения и водоотведения // *Водоснабжение и сан. техника.* 2004. № 3. С. 4–6.

3. *Храменков С.В.* Принципы обеспечения надежности водопроводной сети в условиях сокращения водопотребления // *Водоснабжение и сан. техника.* 2003. № 5, ч. 2. С. 27–31.

4. *ISO 704:2000.* Terminology work. Principles and methods.

5. *Философский энциклопедический словарь.* М.: Сов. энциклопедия, 1989. 815 с.

6. *Богданов А.А.* Тектология. Всеобщая организация науки. М.: Экономика, 1989. Т. 1. 304 с.

Стаття надійшла до редакції 20.11.17