

В настоящее время основными методами санации на Харьковском водопроводе являются нанесение цементно-песчаных покрытий, а также использование внутренних полимерных покрытий с выполнением комплекса мер по защите трубопроводов от внешних коррозионных воздействий. К перспективным методам бестраншейного восстановления трубопроводов относится их санирование с помощью протаскиваемых в старый трубопровод новых полимерных труб (например, Слип-лайнинг, У-лайнер, Свейдж-лайнинг и др.).

Из изложенного можно сделать вывод, что выбор конкретного метода восстановления трубопроводов и обоснование возможности его применения зависят от состояния трубопровода после прочистки и результатов теледиагностики, а также возможностей размещения и использования соответствующего оборудования и механизмов для реализации метода на месте санации.

1. Храменков С.В., Примин О.Г., Орлов В.А. Бестраншейные методы восстановления водопроводных и водоотводящих сетей. – М.: ТИМР, 2000. – 179 с.

2. Дрозд Г.Я., Зотов Н.И., Маслак В.Н. Канализационные трубопроводы: надежность, диагностика, санация. – Донецк: ИЭП НАН Украины, 2000. – 260 с.

3. Душкин С.С., Коваленко А.Н. и др. Эксплуатация канализационных сетей: – Харьков: ХНАГХ, 2004. – 228 с.

Получено 05.11.2006

УДК 628.153

В.О.ОРЛОВ, д-р техн. наук, О.А.ТКАЧУК, канд. техн. наук

Національний університет водного господарства та природокористування, м.Рівне

НОВІ ПІДХОДИ ДО УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМ ПОДАЧІ ТА РОЗПОДІЛЕННЯ ВОДИ НАСЕЛЕНИХ ПУНКТІВ

Наводяться основні результати досліджень із структурно-функціонального удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. Вказано на доцільність їх районування, що створює умови для ресурсощадження і підвищує надійність водозабезпечення споживачів.

Системи подачі і розподілення води (СПРВ) є найбільш фондоемкою та енергомісткою частиною сучасних систем водопостачання населених пунктів України. Їх функціонування в нинішніх умовах має свої характерні особливості, пов'язані з перманентними змінами їх параметрів, ринковими правилами господарювання, інтенсивним старінням і зношенням споруд і комунікацій. Існуючі методи техніко-економічних і гідравлічних розрахунків СПРВ не в повному обсязі, а інколи і суперечливо, враховують такі зміни, без їх статистичного аналізу. Традиційні схеми СПРВ орієнтовані на забезпечення максимально можливого водоспоживання і є, як правило, енергозатратними.

Обґрунтування їх конструктивних та функціональних параметрів проводиться незалежно від рівнів забезпеченості подачі води, особливостей роботи в ринкових умовах та вимог щодо ресурсоощадження.

В цьому аспекті важливим є розвиток наукових основ удосконалення СПРВ в умовах перманентних змін їх параметрів у процесі експлуатації, стохастичного характеру впливових факторів з метою стабілізації водопостачання та мінімізації сумарних витрат води і витрат електроенергії при перемінних режимах водоспоживання.

Для обґрунтування конструктивних схем СПРВ та їх функціональних параметрів побудовано математичну модель техніко-економічних розрахунків СПРВ на основі оптимізації величин чистого дисконтованого доходу [1, 2]. На її основі отримано функції мети для оптимізації елементів СПРВ (діаметрів водопровідних ліній, насосних станцій підкачок, довжин районних мереж тощо). Зокрема, для визначення економічно вигідних діаметрів труб водоводів і мереж функція мети (дисконтовані сумарні витрати на початок реалізації проекту B_H) має вигляд:

$$B_H = \sum_{i=1}^N (a_i + b_i \cdot d_i^\alpha) \cdot l_i \cdot (1 + Pa \cdot Set) + 9,81 \cdot \sum_{t=0}^T \left(\frac{\sigma_t}{(1+e)^t} \cdot \sum_{\tau=1}^{\Theta_t} \left(\frac{Q_{HC,\tau} \cdot H_z}{\eta_\tau} + \frac{Q_{HC,\tau}}{\eta_\tau} \cdot \sum_{i=1}^N x_{i,\tau} \cdot \frac{k_i \cdot l_i}{d_i^m} \cdot q_{i,\tau}^\beta \right) \right), \quad (1)$$

де a_i , b_i та α – параметри аналітичного виразу питомої вартості прокладання трубопроводів, уточнені за укрупненими показниками вартості водоводів і водопровідних мереж відповідно до нинішніх цін; d_i і l_i – діаметр і довжина i -ї ділянки водопровідних мереж чи водоводів, м; Pa – частка амортизаційних (нормативних) відрахувань від будівельної вартості K_H ; σ_t – вартість 1 кВт·год електроенергії в t -му році, грн; Θ_t – тривалість роботи системи протягом t -го року, год; T – тривалість реалізації проекту, роки; H_z , $Q_{HC,\tau}$ і η_τ – геометрична висота підняття води, м, подача, м³/с, і коефіцієнт корисної дії насосів для τ -ї години; $q_{i,\tau}$ і $x_{i,\tau}$ – витрати води, м³/с, і коефіцієнт ролі i -ї ділянки у витратах енергії на транспортування води для τ -ї години; k , m і β – параметри у формулі витрат напору в трубах; e – коефіцієнт дисконтування (кредитна ставка), частка одиниці; Set – параметр, який може визначатись за принципом послідовного додавання або за отриманою формулою його аналітичного аналога

$$Set = \sum_{t=0}^T \frac{1}{(1+e)^t} = 1 + \frac{1}{e} - \frac{1}{e \cdot (1+e)^T}. \quad (2)$$

Такий підхід дає змогу враховувати зміни основних впливових параметрів протягом всього терміну реалізації проекту, а саме: вартості електроенергії, коефіцієнтів корисної дії насосних агрегатів, розмірів і нерівномірності подачі води та кредитних ставок при залученні інвестицій на будівництво. На основі запропонованої математичної моделі отримано аналітичні формули для визначення економічно вигідних діаметрів труб, оптимальної довжини водопровідних мереж і продуктивності моноструктурних СПРВ, доцільності влаштування підкачувальних насосних станцій, проведено порівняльний аналіз рекомендованих [5, 6] районованих СПРВ із їх традиційними конструктивними схемами (моноструктурними і зонними) [1-3].

Дослідження змін конструктивних параметрів основних елементів СПРВ у процесі експлуатації показали, що вони залежать від строків та умов функціонування і з достатньою точністю можуть враховуватися запропонованими залежностями [2, 4]. Ці зміни визначають технічний стан окремих елементів і СПРВ в цілому, що характеризується показниками надійності: коефіцієнтами готовності або імовірності безвідмовної роботи. Їх величини досить просто визначаються за статистичними даними диспетчерських служб водоканалів. Для діючих СПРВ визначено, що коефіцієнти готовності становлять: при повній перерві в подачі води – 0,90-0,98; при зниженні подачі води до 30% – 0,50-0,85.

У свою чергу, технічний стан трубопроводів і споруд суттєво впливає на імовірність розбору води в СПРВ і величину рівнів забезпеченості споживачів водою. Враховуючи, що імовірність водорозбору не може перевищувати технічну надійність системи, їх розрахункові величини знаходяться в такій залежності одна від одної

$$P_p = K_{z.p} = 1 - P_{o.p}, \quad (3)$$

де P_p , $K_{z.p}$ і $P_{o.p}$ – розрахункові величини імовірності водорозбору, коефіцієнта готовності (чи безвідмовної роботи) і рівня забезпеченості.

Проведений аналіз для діючих СПРВ міст України (Івано-Франківськ, Ужгород, Чернівці, Трускавець, Коломия, Калуш та інших, всього понад 15 СПРВ) свідчить, що їх надійність нижча від розрахованої на основі діючих нормативів. Особливо це стосується систем водопостачання I-ї категорії забезпеченості споживачів водою при аналізі допустимого зниження подачі води понад 30 %. На основі

оцінки впливу потоків аварійності та технічного стану СПРВ на надійність і відповідність їх конструктивних схем заданим рівням забезпеченості споживачів водою визначено числові значення коефіцієнтів готовності та рівнів забезпеченості (таблиця).

На основі проведених досліджень отримано аналітичну функцію інтегрального розподілу витрат води, що встановлює адекватну залежність імовірності водорозбору P від коефіцієнтів його нерівномірності K із врахуванням найбільш характерних місцевих факторів у режимах подачі і розбору води

$$P = \frac{e^{\alpha \cdot (K-a)} + c}{e^{\alpha \cdot (K-a)} + e^{b/K}}, \quad (4)$$

де α , a , b і c – параметри, що залежать від дисперсії σ^2 функції щільності розподілу витрат води, виду її інтегральної кривої та її зміщення (асиметрії) і визначаються шляхом апроксимації статистичних даних.

Рекомендовані як нормативні величини часу зниження подачі води T_{zn} , коефіцієнтів готовності $K_{z.p}$ і рівнів забезпеченості $P_{o.p}$

Категорія	Зниження подачі води				Рівні забезпеченості	
	до 30%		на 30-100%		$P_{o.p}$ для витрат води	
	$T_{zn(30)}$, діб	$K_{z.p}$	$T_{zn(30..100)}$, год	$K_{z.p}$	добових	погодинних
1	3	0,90	6	0,99	0,01	0,005
2	10	0,75	12	0,98	0,03	0,01
3	15	0,60	24	0,97	0,04	0,015

Перевірки показали, що навіть при значних відхиленнях від нормального закону розподілу витрат води, структура рекомендованої аналітичної формули (4) цілком придатна для подальшого статистичного аналізу водорозбору та витрат поданої води. При цьому графіки з розподілом витрат води, наближеним до нормального (рис.1), характерні для умов повного забезпечення споживачів водою. Зміщення графіків характерно для випадків явних порушень у роботі системи водопостачання або користування комунальним водопроводом. Так, при зміщенні графіків вправо зафіксовано зниження вільних напорів у споживачів і, як наслідок, недоподачі їм води, а при зміщенні вліво – нераціональне водоспоживання в будівлі. Двопіковий графік може відображати зміну погодинних витрат води, вимірюваних для кожної години доби, або витрат при великих потоках води. Менший пік належить до нічних годин (витоків води), а більший – до денних (з переважаючим раціональним водоспоживанням).

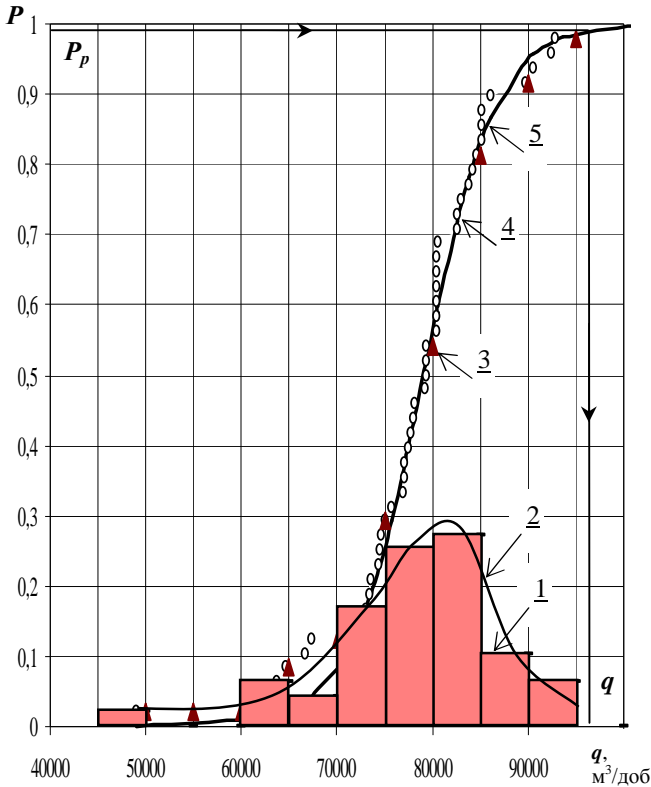


Рис. 1 – Розподіл добових витрат води (м. Івано-Франківськ, 07.08.04 р.):
 1 – експериментальна залежність функції щільності розподілу; 2 – те ж, теоретична;
 3 – експериментальні значення інтегральної залежності функції розподілу, отриманої
 інтегруванням залежності 1; 4 – те ж, послідовним інтегруванням ймовірностей появи
 кожного із значень; 5 – теоретична інтегральна залежність функції розподілу.

Якщо розподіл витрат води наближений до нормального, що найчастіше має місце на практиці, то допустимо застосування спрощеного варіанту формули (4) з $a = 1, b = c = 0$. При цьому максимальні коефіцієнти нерівномірності водоспоживання слід визначати за формулою

$$K_p = 1 + 1/\alpha \cdot \ln((1 - P_o)/P_o), \quad (4)$$

де P_o – задана величина розрахункової забезпеченості водорозбору.

В результаті досліджень встановлено, що розрахункові значення максимальних коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання для сучасних СПРВ населених пунктів України відповідають рівням забезпеченості 0,001-0,01. Тому для практичних розрахунків рекомендовано числові значення рівнів забезпеченості добових і погодинних витрат води (таблиця), що дають змогу науково обґрунтовано визначати розрахункові величини їх коефіцієнтів нерівномірності відповідно до місцевих умов водокористування, параметрів об'єкта та категорії системи водопостачання.

Проведений на основі отриманих математичних моделей аналіз дозволив визначити основні положення економічної доцільності влаштування СПРВ за найбільш поширеними їх схемами. Зокрема встановлено, що при влаштуванні схем водоводів і водопровідних мереж у СПРВ завжди доцільно влаштовувати основну частину водопровідних ліній з мінімально допустимими діаметрами, а найбільш важливі магістралі – із збільшеними економічно обґрунтованими мінімальною довжини. Найбільш економічним є той варіант, в якому співвідношення між діаметрами водопровідних ліній, що прокладені в одному напрямку, якнайбільше відрізняються від одиничного значення. Це дає підставу для влаштування СПРВ нового типу – з районуванням водопровідних мереж (рис.2). При визначенні схем живлення СПРВ першочергово треба враховувати нормативні вимоги і технічні обмеження, а оптимізаційні розрахунки мають місце тільки при технічній рівнозначності можливих варіантів подачі води. Вони орієнтовані на визначення варіанту із мінімальною величиною дисконтованих на початок будівництва витрат або найменшим строком окупності залежно від найбільш впливових факторів та місцевих умов (плани мереж, розташування водоспоживачів, рельєф тощо).

Районовані СПРВ [5, 6] дозволяють підтримувати вільні напори в районах мережі максимально наближеними до необхідних. В результаті досягається мінімізація надлишкових вільних напорів і, як наслідок, зниження втрат води через витоки, зниження аварійності мережі та зменшення витрат електроенергії на підйом води. Гнучкість управління роботою СПРВ при перемінних режимах водоспоживання досягається за рахунок простих схем в районах мережі. Такі схеми є моноструктурними – проста мережа невеликої довжини з одною або двома точками живлення (зонна насосна станція або вузол регулювання, який може включати водонапірну башту, станцію підкачки чи дреселювання).

Зазвичай головну насосну станцію, водоводи і прирівняні до них

основні магістральні лінії відносять до першої категорії за ступенем забезпеченості подачі води, а зонні насосні станції, мережі районів і вузли регулювання – до другої або третьої. Це дозволяє спростити схеми районних мереж, знизити їх вартість та експлуатаційні витрати. При подачі води за графіком, що часто має місце на практиці, таке влаштування СПРВ підвищує гнучкість управління їх роботою і знижує втрати води.

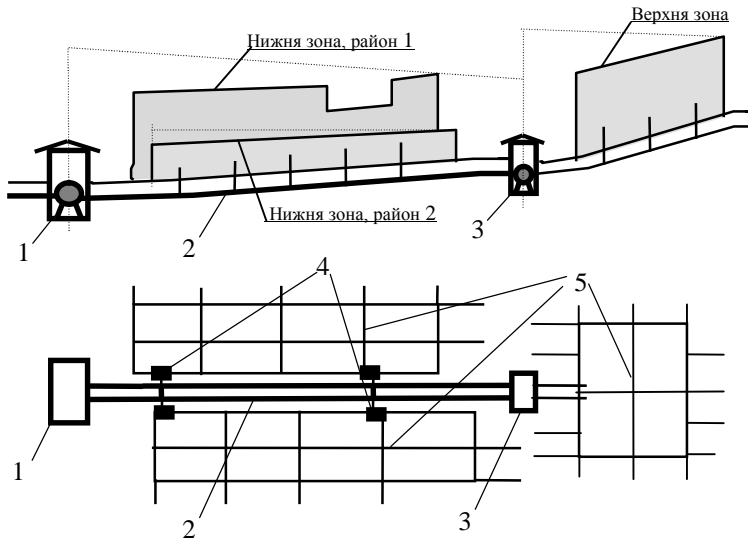


Рис. 2 – Приклад районуваної СПРВ:

1 – головна насосна станція; 2 – основні магістральні лінії; 3 – зонна насосна станція; 4 – вузли регулювання; 5 – зони і райони водопровідної мережі.

Доцільність застосування результатів проведених досліджень, підтверджується даними аналізу функціонування діючих СПРВ (понад 30 міст) із змінами їх схем районуванням [5-7]. Такі СПРВ є ресурсоощадними, мають вищі рівні надійності та водозабезпечення споживачів.

1.Ткачук О.А. Теоретичні дослідження з вдосконалення техніко-економічних розрахунків водоводів і водопровідних мереж // Вісник Укр. держ. ун-ту водного господарства та природокористування. Вып.2 (26). – Рівне: УДУВГП, 2004. – С.301-307.

2.Ткачук О.А. Вплив змін основних параметрів на економічно вигідні діаметри водоводів і водопровідних мереж // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб.. Вып.60. – К.: Техніка, 2004. – С.129-138.

3.Ткачук О.А. Обгрунтування доцільності влаштування підкачувальних водопровідних насосних станцій // Вісник Нац. ун-ту водного господарства та природо-

користування. Вип.2 (34). Ч.1. – Рівне: НУВГП, 2006. – С.172-178.

4.Ткачук О.А. Зміни робочих характеристик насосних агрегатів систем подачі і розподілу води // Гідромеліорація та гідротехнічне будівництво: Зб. наук. праць. Вип.30. – Рівне: НУВГП, 2005. – С.233-240.

5. Система подачі и распределения воды: А.с. 1691487 СССР, МКИ Е 03 В 7/04 / Хоружий П.Д., Ткачук А.А., Косинов В.П., Бандура А.К. №4691809/33; Заявл. 12.05.89; Опубл. 15.11.91. Бюл. №42.

6.Ткачук О. А. Районовані системи подачі і розподілу води // Вісник Укр. держ. академії водного господарства. Вип.1. Ч.2. – Рівне: УДАВГ, 1998. – С.232-235.

7.Ткачук М. А., Ткачук О. А. Впровадження енергозберігаючих технологій подачі води на Івано-Франківському водопроводі // Зб. доп. Міжнародного конгресу „ЕТЕВК-2003”. – Ялта, 2003. – С.187-190.

Отримано 02.10.2006

УДК 628.33

В.И.СОКОЛЬНИК, канд. техн. наук, В.Д.НЕДОРСОЛ, канд. хим. наук,
С.Л.ЧИГАНОВ, В.Б.МАНУЙЛОВА

Запорожская государственная инженерная академия

АНАЛИЗ ВЛИЯНИЯ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ПРИТОКА СТОЧНЫХ ВОД НА ЭФФЕКТИВНОСТЬ РАБОТЫ СООРУЖЕНИЙ МЕХАНИЧЕСКОЙ ОЧИСТКИ ЦОС-2 г.ЗАПОРОЖЬЯ

Анализируется работа сооружений механической очистки городских сточных вод при резком снижении притока, приводятся рекомендации по регулированию технологического процесса.

Эффективность работы очистных сооружений была исследована на примере центральных очистных сооружений канализации правобережной части г.Запорожья – ЦОС-2. Они введены в эксплуатацию в 1976-1978 гг. и имеют в своем составе такие сооружения механической очистки:

- решетки (3 рабочие, 2 резервные) 1200×2000 мм с прозорами 16 мм;
- две горизонтальные песколовки с размерами L×B×H_p=18×6×1,0 (м) каждая (одна из песколовки не оборудована механическими скребками, т.е. нерабочая);
- два первичных радиальных отстойника D=40 м с гидравлической глубиной 4 м и глубиной отстаивания 3,65 м.

В последние годы наблюдается крайняя неравномерность притока сточных вод на городские очистные сооружения с тенденцией к его уменьшению в целом по годам, по сезонам и по часам суток по сравнению с проектным. Проектная мощность составляет 110 000 м³/сут. Фактически, по сведениям эксплуатирующей службы, на очистные сооружения поступало в среднем за 2004 г. 80400 м³/сут. (3350 м³/ч)