

ВИБІР ЕНЕРГООЩАДНИХ ТЕХНОЛОГІЙ ПОДАЧІ ВОДИ У ВОДОПРОВІДНІ МЕРЕЖІ

Віктор Нор¹, Тетяна Хомутецька²

¹Інститут водних проблем і меліорації НААН
37, вул. Васильківська, м. Київ, Україна, 03022
rostem29@gmail.com , orcid.org/0000-0001-7577-8800

²Київський національний університет будівництва і архітектури
31, Повітрофлотський пр., м. Київ, Україна, 03037

канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, itsk@bigmir.net , orcid.org/0000-0003-0153-4920

DOI: 10.32347/2524-0021.2018.30.48-56

Анотація. Зменшення енергоспоживання є однією з найважливіших народногосподарських проблем в Україні, а оскільки водопровідно-каналізаційна галузь відноситься до найбільш енергоємних, то вирішення проблем, пов'язаних із забезпеченням енергоощадного водопостачання є дуже своєчасними і вкрай необхідними. Велика спрацьованість водопровідних мереж в населених пунктах є причиною значних втрат і вторинного забруднення води, а зміна норм і режимів водоспоживання та характеристик споруд гідравлічної взаємодії при експлуатації призводять до створення надлишкових тисків в системі водопостачання та зростання її аварійності, незабезпечення споживачів потрібними витратами і напорами води та збільшення матеріальних і моральних збитків. Робота насосів в діючих системах водопостачання в багатьох випадках перебуває поза межами їх рекомендованого застосування, тобто з низькими ККД і високим енергоспоживанням, а тому питомі витрати електроенергії на подачу води в Україні мають значно вищі показники ніж в інших європейських державах. Поліпшити ситуацію можна завдяки проектування нових або реконструкції діючих споруд водопровідної системи з використанням раціональних схем, енергозберігаючих технологій і сучасного ефективного обладнання, матеріалів і засобів на всьому шляху транспортування води від водного джерела до споживача, а також визначення економічно доцільних режимів роботи споруд з найменшим енергоспоживанням. У даній статті наведено результати теоретичних досліджень та рекомендації з вибору раціональних технологічних схем подачі води у водопровідні мережі і визначення доцільних режимів роботи водопровідних споруд для мінімізації питомих витрат електроенергії насосними станціями.

Ключові слова: насосна станція; водопровідна мережа; питомі витрати електроенергії; регулювання роботи насоса.

ВСТУП

Водопровідна мережа відноситься до основних споруд системи водопостачання. Вона призначена для розподілу води між окремими водоспоживачами і повинна мати при достатній пропускній здатності та надійності роботи найменші витрати на будівництво та експлуатацію як самої мережі, так і пов'язаних з нею насосних станцій, водопроводів і резервуарів [1-5].

Як відомо [1], системи водопровідно-каналізаційного господарства є одними з найбільших споживачів електроенергії в Україні, яка витрачається переважно на насосних станціях, що живлять водопровідні мережі, які працюють у великому діапазоні змін режимів водоспоживання як протягом доби, так і тижня та року.

Вирішенню проблеми зменшення енергоспоживання в системі водопостачання при забезпеченні розрахункових показників подачі і напору води у спо-

живачів значна увага приділена в роботах [4-8]. Щоб знизити витрати електроенергії необхідно забезпечити експлуатацію насосів в межах їх рекомендованого застосування, для чого проводять розрахунки сумісної роботи взаємодіючих споруд з метою оптимізації системи [9-13]. Важливо при проектуванні нових або реконструкції діючих водопроводів використовувати раціональні схеми, енергозберігаючі технології і сучасне ефективне обладнання, матеріали і засоби на всьому шляху транспортування води від водного джерела до споживача, а також визначати економічно доцільні енергоощадні режими роботи споруд [14-18]. Такі підходи дозволяють не тільки зменшити енерговитрати, але й усунути надлишкові тиски в мережі, які призводять до зростання її аварійності та збільшення матеріальних і моральних збитків [5, 6, 19, 20].

Оскільки відцентрові насоси мають властивість саморегулювання, тобто збільшувати подачу води в мережу при зниженні напорів і навпаки, то відбір води з водопровідної мережі має великий вплив на параметри працюючих насосів (подачу, напір та питому витрату електроенергії). Діапазон коливань витрати води з мережі протягом доби (відношення максимальної витрати до мінімальної) для малих об'єктів водопостачання знаходиться в межах 2-3 [3].

Метою даної роботи було дослідити різні методи подачі води у водопровідні мережі і встановити раціональні технологічні схеми, розробити рекомендації з вибору доцільних режимів і параметрів експлуатації насосних станцій для забезпечення енергоощадної роботи системи водопостачання.

Методи дослідження – математичне моделювання процесів сумісної роботи споруд при подачі води в системах водопостачання за різними схемами, використання чисельних і аналітичних методів визначення параметрів, що забезпечують енергоощадну експлуатацію водопровідних споруд.

РЕЗУЛЬТАТИ ТА ПОЯСНЕННЯ

Насоси, що живлять мережу, підбирають для забезпечення розрахункових витрат води в годину максимального водоспоживання і необхідних напорів у критичних (диктуючих) точках мережі:

$$Q_H = Q_{\max}, \text{ м}^3/\text{год}; \quad (1)$$

$$H_H = H_{p.\max}, \text{ м}, \quad (2)$$

де $H_{p.\max}$ – максимальний (розрахунковий) напір насоса в годину максимального споживання з мережі води Q_{\max} , (рис. 1), що визначається за формулою

$$H_{p.\max} = H_{\Gamma} + \sum h_{\max}, \text{ м}, \quad (3)$$

H_{Γ} – геометрична висота водопідйому для насоса, що визначається як різниця п'єзометричної відмітки потрібного напору у диктуючій точці і рівня води в підземному резервуарі чистої води (РЧВ); $\sum h_{\max}$ – сума втрат напору від насосної станції до диктуючої точки при подачі насосом витрати Q_{\max} .

Витрати води в мережі за добу змінюються від Q_{\min} до Q_{\max} , а розрахункові напори насоса, обчислені за формулою (3), повинні бути в інтервалі від $H_{p.\min}$ до $H_{p.\max}$ (рис.1). Проте фактичні напори насоса визначаються як ординати точок А і В. У період мінімального водоспоживання з мережі Q_{\min} фактичний напір насоса перевищує його розрахункове значення на величину ΔH , що призводить до перевитрати електроенергії, яка визначається за формулою

$$\Delta N = Q_{\min} \Delta H / 102\eta_a, \text{ кВт}, \quad (4)$$

де η_a – коефіцієнт корисної дії насосного агрегату (насос і електродвигун).

Надлишковий напір у водопровідній мережі ΔH , крім того, збільшує втрати води з неї через витоки з водопровідних труб та кранів. За даними [3], зменшення напору в мережі на 10 м зменшує витрати води з неї на 5...8%.

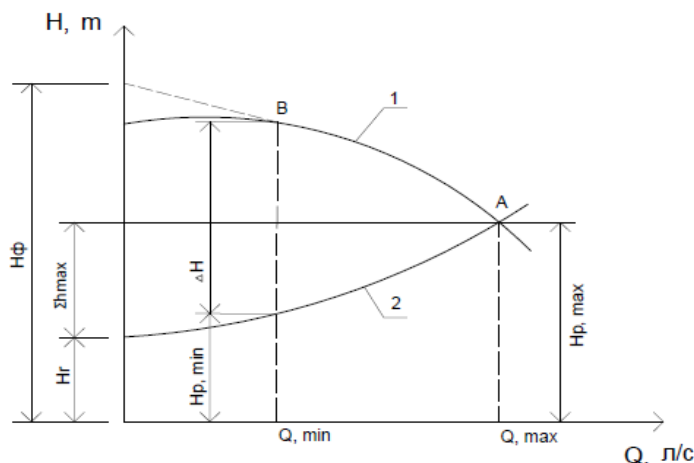


Рис.1. Графік сумісної роботи насоса і водопровідної мережі: 1 – характеристика $Q-H$ відцентрового насоса; 2 – розрахункова характеристика водопровідної мережі

Fig.1. Schedule of joint operation of the pump and the water supply network: 1 – characteristic of $Q-H$ centrifugal pump; 2 – characteristic of the water supply network

Для зниження надлишкових тисків у водопровідній мережі ΔH , а також економії водних та енергетичних ресурсів можна застосовувати такі методи:

- дроселювання засувкою на напірному патрубку відцентрового насоса;
- зонування водопровідних мереж;
- частотне регулювання обертів електроприводу насосів.

Дроселювання засувкою є найбільш простим, але малоефективним методом регулювання подачі води. При його використанні за допомогою засувки змінюються втрати напору $\sum h$ у водопровідній системі, тобто надлишкового напору ΔH не буде, але загальні витрати електроенергії не зменшуються. Проте відсутність надлишкового напору у мережі ($\Delta H = 0$) забезпечить зменшення непродуктивних витрат води з неї.

Зонування водопровідних мереж. Зоновані водопроводи – це такі системи, в яких єдина централізована система водопостачання поділяється на кілька висотних зон [1]. Їх застосовують для того, щоб зменшити надлишковий напір ΔH , а також перевитрати електроенергії.

Згідно нормативів зонування систем централізованого житлового водопоста-

чання населеного пункту слід передбачати для районів з напором у мережі більше ніж 45м.

З формули (3) видно, що величина $H_{p,max}$ залежить від таких основних факторів:

- рельєфу місцевості та величини вільних напорів, тобто зазначається H_r ;
- величини втрат напору в межах водопровідної мережі $\sum h_{max}$.

Зонування водопровідної мережі може здійснюватись:

- за технічними умовами, якщо максимальний напір у трубах перевищує припустиме значення $H_{прип} = 45\text{м}$;
- з економічних міркувань – для зменшення питомих витрат електроенергії при подачі води споживачам.

У зонованому водопроводі кожна зона має свою самостійну мережу й окремі джерела живлення, а подача води в зоні здійснюється послідовно (рис.2) або паралельно (рис. 3) [1].

Послідовна подача води в зоні застосовується для об'єктів водопостачання з територією, витягнутою за напрямом, перпендикулярним горизонталям або при невеликих нахилах місцевості.

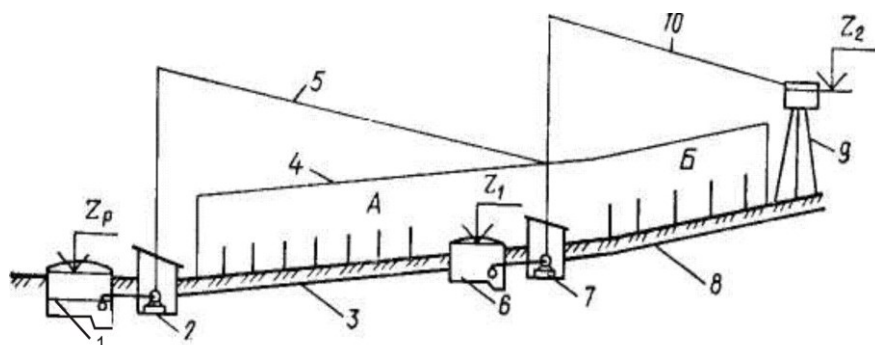


Рис. 2. Зонований водопровід із послідовним подаванням води в зони: А – нижня зона; Б – верхня зона; 1 – резервуари нижньої зони; 2 – насосна станція нижньої зони; 3 – водопровідна мережа нижньої зони; 4 – лінія потрібних вільних напорів у мережі; 5 – лінія п'єзометричного напору в нижній зоні; 6 – резервуар верхньої зони; 7 – насосна станція верхньої зони; 8 – водопровідна мережа верхньої зони; 9 – контррезервуар верхньої зони; 10 – лінія п'єзометричного напору у верхній зоні в період максимального транзиту води в контррезервуар

Fig. 2. Zoned water supply with serial water supply to zones: A – lower zone; B – upper zone; 1 – reservoirs of the lower zone; 2 – pumping station of the lower zone; 3 – the water supply network of the lower zone; 4 – a line of necessary free pressures in the network; 5 – line of piezometric pressure in the lower zone; 6 – reservoir of the upper zone; 7 – pumping station of the upper zone; 8 – the water supply network of the upper zone; 9 – counter-reservoir of the upper zone; 10 – line of piezometric pressure in the upper zone during the period of maximum transit of water to the counter-reservoir

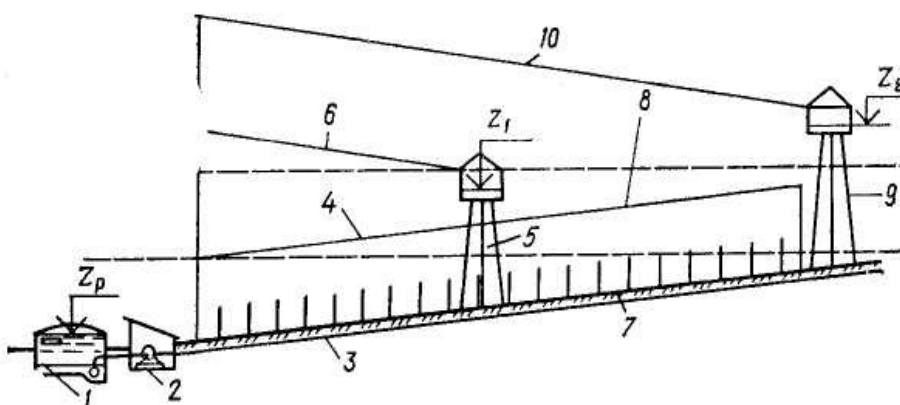


Рис. 3. Зонований водопровід із паралельним подаванням води в зони: 1 – резервуар; 2 – насосна станція II-го підйому; 3 – водопровідна мережа нижньої зони; 4 – лінія потрібних вільних напорів у нижній зоні; 5 – контррезервуар нижньої зони; 6 – лінія п'єзометричного напору в нижній зоні; 7 – водопровідна мережа верхньої зони; 8 – лінія потрібних вільних напорів у верхній зоні; 9 – контррезервуар верхньої зони; 10 – лінія п'єзометричного напору у верхній зоні в період максимального транзиту води в контррезервуар

Fig. 3. Zoned water supply with parallel water supply to zones: 1 – reservoir; 2 – pumping station of the second lift; 3 – the water supply network of the lower zone; 4 – line of necessary free pressures in the lower zone; 5 – counter-reservoir of the lower zone; 6 – line of piezometric pressure in the lower zone; 7 – the water supply network of the upper zone; 8 – a line of necessary free pressures in the upper zone; 9 – counter-reservoir of the upper zone; 10 – line of piezometric pressure in the upper zone during the period of maximum transit of water to the counter-reservoir

За цією схемою обладнують стільки насосних станцій, скільки намічено зон, послідовно з'єднаних між собою. При цьому насосна станція кожної зони подає воду в кількості, яка дорівнює сумарному водоспоживанню в усіх вищеразміщених зонах, але під напором, необхідним для своєї зони.

Паралельне подавання води в зони застосовують для об'єктів водопостачання з територією, витягнутою вздовж горизонталей, при великих похилах місцевості, якщо підвищена частина місцевості розташована недалеко від насосної станції. За цієї схеми влаштовується одна насосна станція, в якій встановлюється стільки окремих груп насосів, скільки намічено зон на мережі. Кожна група насосів живить тільки свою зону самостійними водоводами. За такого зонування кожна зона працює відокремлено від інших і не має транзитних витрат води для інших зон.

Якщо водопровідну мережу розбити на n рівномірних зон, то загальна витрата енергії становитиме:

- при послідовному зонуванні

$$E_1 = \frac{\gamma H}{n} \left(\frac{Q}{n} + \frac{2Q}{n} + \dots + \frac{nQ}{n} \right) = \frac{\gamma Q H}{n^2} (1 + 2 + \dots + n) = \frac{\gamma Q H}{2n} (n + 1); \quad (6)$$

- при паралельному зонуванні

$$E_2 = \frac{\gamma Q}{n} \left(\frac{H}{n} + \frac{2H}{n} + \dots + \frac{nH}{n} \right) = \frac{\gamma Q H}{n^2} (1 + 2 + \dots + n) = \frac{\gamma Q H}{2n} (n + 1), \quad (7)$$

тобто у зонованому водопроводі

$$E_1 = E_2 = \frac{n+1}{2n} E \quad (8)$$

або економія електроенергії становить

$$\Delta E = \frac{100(n-1)}{2n} \% = \left(50 - \frac{50}{n} \right) \% . \quad (9)$$

Із збільшенням кількості зон зростатиме економія енергії (рис 4). Нижня межа (при $n = \infty$) становитиме $\Delta E_{\text{гр}} = 50\%$.

Система паралельного зонування також дає можливість знизити тиск у межах мережі кожної зони до допустимих напорів. Великий тиск буде лише у водоводах верхньої зони. Чим менша довжина водоводів, тим вигідніше паралельне зонування порівняно з послідовним.

Зоновані водопроводи потребують меншої витрати електроенергії на підймання води внаслідок наближення напору насосів до необхідного вільного напору у мережі.

Для незонованої системи водопостачання кількість енергії, яка витрачається на подавання води, визначається за формулою

$$E = \gamma Q H, \quad (5)$$

де Q – витрата води, л/с; H – напір насосів, м.

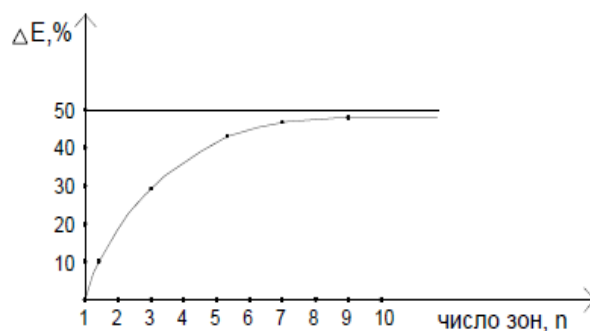


Рис.4. Залежність економії енергії від кількості зон на водопровідній мережі
Fig. 4. Dependence of energy saving on the number of zones on the water supply network

Але із збільшенням кількості зон зростатиме будівельна вартість водопровідних споруд: при послідовному зонуванні збільшується кількість і вартість насосних станцій і їх обслуговування, а при паралельному зонуванні збільшується вартість водоводів і насосної станції.

Частотне регулювання насосів, що здійснюється шляхом управління їх роботою по тиску в контрольних точках водопровідної мережі, дозволяє отримати найкращі результати з точки зору енергозбереження. Цей метод рекомендується і в нормах проектування. У диктуючих точках мережі встановлюються датчики для передачі сигналів про величину тиску в пункт управління.

Частота обертання регульованого насоса визначається за формулою

$$n_{\text{пер}} = n_{\text{к}} \sqrt{\frac{H_{\phi} - \Delta H}{H_{\phi}}}, \text{ хв}^{-1}, \quad (10)$$

де σ – вартість 1 кВт·год спожитої електроенергії, грн/кВт·год; Q_i – подача води у водопровідну мережу регульованим насосом в даний момент часу, л/с; T_p – тривалість роботи регульованого насоса протягом року, год/рік; K_i – коефіцієнт зменшення частоти обертання робочого колеса насоса в даний момент часу:

$$K_i = n_{\text{пер},i} / n_{\text{к}} = \sqrt{\frac{H_{\phi} - \Delta H_i}{H_{\phi}}}, \quad (15)$$

ΔH_i – надлишок напору в диктуючій точці у даний момент часу, м; A , B та α – параметри аналітичної характеристики $Q-N$ відцентрового насоса, що апроксимується рівнянням степеневі функції [6]:

$$N = A + BQ^{\alpha}. \quad (16)$$

Слід відмітити, що положення диктуючої точки на мережі може змінюватись протягом доби залежно від розмірів во-

де $n_{\text{к}}$ – частота обертання робочого насоса за каталогом (нерегульованого), хв⁻¹; ΔH – надлишок напору в диктуючій точці, м; H_{ϕ} – параметр аналітичної характеристики $Q-H$ нерегульованого насоса, що визначає зв'язок напору і витрати насоса в зоні його рекомендованого застосування (рис 1):

$$H_{\text{н}} = H_{\phi} - S_{\phi} Q_{\text{н}}^2, \text{ м}, \quad (11)$$

звідки

$$H_{\phi} = H_1 + S_{\phi} Q_1^2 = H_2 + S_{\phi} Q_2^2; \quad (12)$$

$$S_{\phi} = \frac{H_1 - H_2}{Q_2^2 - Q_1^2}, \quad (13)$$

де H_1 та H_2 – напори насоса при подачі ним витрати води відповідно Q_1 та Q_2 .

Річна економія коштів за зменшення витрати електроенергії при частотному регулюванні насосів протягом року визначається за формулою

$$\Delta C_{\text{ел.}} = \sigma \left[A(1 - K_i^3) + Q_i^{\alpha} (1 - BK_i^{3-\alpha}) \sum_1^{T_p} t_i \right], \text{ грн./рік} \quad (14)$$

доспоживання і подачі води від насосної станції.

Частотне регулювання роботи насосів, що живлять водопровідну мережу, має досить велику вартість. Орієнтовна вартість перетворювачів частоти для насосів потужністю від 160 до 450 кВт становить 84-95 доларів США за 1 кВт потужності [2]. Як стверджують виробники, відносно великі витрати на придбання насосів з електронним управлінням досить швидко окупаються внаслідок значного зменшення коштів за спожиту електроенергію, що підтверджується даними досліджень [6].

ВИСНОВКИ

Насосні станції, що живлять водопровідні мережі, працюють у великому діапазоні змін водоспоживання, що призводить до виникнення надлишкових напорів в окремих ділянках мережі і, як на-

слідок, перевитрати електроенергії та непродуктивні витрати та витоки води.

Для економії водних і енергетичних ресурсів в системах водопостачання пропонується застосовувати зонування водопровідних мереж або частотне регулювання роботи насосів, що живлять мережу. Доцільність застосування того чи іншого методу слід вибирати на основі техніко-економічних розрахунків із використанням запропонованих математичних залежностей.

ЛІТЕРАТУРА

1. Хоружий П.Д., Хомуцька Т.П., Хоружий В.П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К.: *Аграрна наука*, 2008. 534 с.
2. Грабовский П.А. Карпов И.П. Снижение себестоимости водопроводной воды // *Проблеми водопостачання, водовідведення та гідравліки*: наук-техн. зб. Вип.27. К.: КНУБА, 2016. С.99-104.
3. Кожин И.В. Наладка и интенсификация работы городских систем подачи и распределения воды. М: *Стройиздат*, 1978. 112 с.
4. Лезнов Б.С. Экономия электроэнергии в насосных установках. М: *Энергоатомиздат*, 1991. 144 с.
5. Ткачук О.А. Основні шляхи скорочення енерговитрат в системах подачі і розподілу води // *Вісник НУВГП*: Зб. наук. праць, Вип. 3 (31). Рівне: НУВГП, 2005. С. 323-328.
6. Хомуцька Т.П. Енергоощадне водопостачання. К.: *Аграрна наука*, 2016. 304 с.
7. Петросов В.А. Устойчивость водоснабжения. Х.: *Фактор*, 2007. 360 с.
8. Новохатній В.Г. Конструювання насосних станцій з урахуванням умов надійності // *Науковий вісник будівництва*. Вип. 62. Харків: ХДТУБА, ХОТВ АБУ, 2011. С. 216-220.
9. Bunn S. Optimal pump scheduling for East Bay Municipal Utility District. Oakland, CA, using the Aquadapt package, CCWI, Exeter, UK, 2005.
10. Dandy G.C., Simpson A.R. & Murphy L.J. An improved genetic algorithm for pipe network optimization. *Water Resour.* 1996. Res., 32 (2): P. 449-458. doi:10.1029/95WR02917

11. Eiger G. & Shamir U. & Ben-Tal A. Optimal design of water distribution networks. *Water Resour.* 1994. Res. 30 (9): P. 2637-2646.
12. Fantozzi M., Lambert A. Including the effects of pressure management in calculations of economic leakage level: *Proceedings of IWA Special Conference «Water Loss 2007»*. – Bucharest, 2007. September.
13. Fujiwara O. & Khang D.B. A two phase decomposition method for optimal design of looped water distribution networks. *Water Resour.* 1990. Res. 26(4): P. 539-549.
14. Kessler A. & Shamir U. Analysis of the linear programming gradient method for optimal design of water supply networks. *Water Resour.* 1989. Res. 25 (7): P. 1469-1480.
15. Lambert A. What do we know about pressure: leakage relationships in distribution systems? *IWA Conference Proceedings on System Approach to Leakage Control and Water Distribution Systems Management*. – Brno, 2001.
16. Mackle G., Savic D., Walters G. Application of genetic algorithms to pump scheduling for water supply: *GALESIA '95*. London, 1995.
17. May J. Pressure dependent leakage. *World Water and Environmental Engineering*. 1994. № 10. P. 256–263.
18. Puusta R., Kapelanb Z., Savicb D. A., Koppel T. A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water Journal*. 2010. V. 7. Is. 1. P. 25–45.
19. Pearson D. et al. Searching for № 2: How does pressure reduction reduce burst frequency: *Proceedings of IWA Special Conference «Leakage 2005»*. – Halifax, 2005. September.
20. Thornton J., Lambert A. Progress in practical prediction of pressure/leakage, pressure/burst frequency and pressure/consumption relationships: *Proceedings of IWA Special Conference «Leakage 2005»*. – Halifax, 2005. September.

REFERENCES

1. Khoruzhiy P.D., Khomutetska T.P., Khoruzhiy V.P. (2008). Resource-saving technologies of water supply. *Kyiv: Agrarian Science*, 534. [in Ukrainian].
2. Grabovsky P.A., Karpov I.P. (2016). Reduced cost of tap water. *Problemy vodopostachannia, vodovidvedennia i hidravliki*. 27. 99-104. [in Russian].
3. Kozhinov I.V. (1978). Adjustment and intensification of the operation of urban water

- supply and distribution systems. *Moscow: Stroyizdat*, 112. [in Russian].
4. **Leszov B.S. (1991)**. Saving electricity in pumping units. *Moscow: Energoatomizdat*, 144. [in Russian].
 5. **Tkachuk O.A. (2005)**. The main ways of reducing energy consumption in water supply and distribution systems. *Visnyk NUVHP*. 3(31), 323-328. [in Ukrainian].
 6. **Khomutetska T.P. (2016)**. Energy-efficient water supply. *Kyiv: Agrarian Science*, 304. [in Ukrainian].
 7. **Petrosov V.A. (2007)**. Water supply sustainability. *Kharkiv: Factor*, 360. [in Russian].
 8. **Novokhatniy V.G. (2011)**. Construction of pumping stations, taking into account the conditions of reliability. *Naukovyy visnyk budivnytstva*. 62. 216-220. [in Ukrainian].
 9. **Bunn S. (2005)**. Optimal pump scheduling for East Bay Municipal Utility District. Oakland, CA, using the Aquadapt package, CCWI, Exeter, UK.
 10. **Dandy G.C., Simpson A.R. & Murphy L.J. (1996)**. An improved genetic algorithm for pipe network optimization. *Water Resour. Res.*, 32(2): 449-458. doi:10.1029/95wr02917
 11. **Eiger G. & Shamir U. & Ben-Tal A. (1994)**. Optimal design of water distribution networks, *Water Resour. Res.* 30(9): 2637-2646. doi:10.1029/94WR00623
 12. **Fantozzi M., Lambert A. (2007)**. Including the effects of pressure management in calculations of economic leakage level: *Proceedings of IWA Special Conference «Water Loss 2007»*. Bucharest, September.
 13. **Fujiwara O. & Khang D.B. (1990)**. A two phase decomposition method for optimal design of looped water distribution networks. *Water Resour. Res.* 26(4): 539-549. doi:10.1029/WR026i004p00539
 14. **Kessler A. & Shamir U. (1989)**. Analysis of the linear programming gradient method for optimal design of water supply networks. *Water Resour. Res.* 25(7): 1469-1480. doi:10.1029/WR025i007p01469
 15. **Lambert A. (2001)**. What do we know about pressure: leakage relationships in distribution systems? *IWA Conference Proceedings on System Approach Leakage Control and Water Distribution Systems to Management*, Brno.
 16. **Mackle G., Savic D., Walters G. (1995)**. Application of genetic algorithms to pump scheduling for water supply: *GALESIA '95*, London. doi:10.1049/cp:19951082
 17. **May J. (1994)**. Pressure dependent leakage. *World Water and Environmental Engineering*. 10. 256-263.
 18. **Puusta R., Kapelanb Z., Savich D. A., Koppel T. (2010)**. A review of methods for leakage management in pipe networks. *Urban Water Journal*. 7(1), 25-45. doi:10.1080/15730621003610878
 19. **Pearson D. (2005)**. et al. Searching for №2: How does pressure reduction reduce burst frequency: *Proceedings of IWA Special Conference «Leakage 2005»*. Halifax, September.
 20. **Thornton J., Lambert A. (2005)**. Progress in practical prediction of pressure/leakage, pressure/burst frequency and pressure/consumption relationships: *Proceedings of IWA Special Conference «Leakage 2005»*. – Halifax, September.

Choosing energy-saving water supply technologies in the water supply network

Viktor Nor, Tetiana Khomutetska

Abstract. Reducing energy consumption is one of the most important national economic problems in Ukraine. Since the water supply and sewage industry is one of the most energy-intensive, solving problems related to ensuring energy-saving of water supply is extremely necessary. The big deterioration of the plumbing networks in the settlements is causing heavy losses and secondary pollution of the water. The change of norms and regimes of water consumption and the characteristics of the structures of hydraulic interaction during operation leads to excessive pressures in the water supply system and the growth of its accident rate, not providing consumers with the necessary pressure of water and increase in material and moral damages. The operation of pumps in water supply systems is often beyond the limits of their recommended use. So, it has low efficiency and high energy consumption. That's why electricity consumption for water supply in Ukraine is significantly higher than in other European countries. It is possible to improve the situation by projecting new or reconstructing the existing structures of the water supply system using rational schemes, energy saving technologies and modern efficient equipment and materials throughout all the way of transporting water from the water source to the consumer, as well as determining economically feasible modes of operation of the structures with the least energy consumption. The article contains results theoretical research, and advice on choosing rational technological schemes water delivery in water supply networks and optimal modes of operation water supply facilities for minimizing unit costs of electricity by pumping stations.

Key words: pumping station; water supply network; specific energy consumption; regulation of pump operation.

Стаття надійшла до редакції 6.12.2018