

ЗОНУВАННЯ ВОДОПРОВІДНИХ МЕРЕЖ

Спичак П.О.

Науковий керівник – канд. техн. наук, доц. Матвієнко О.І.
Харківський національний університет радіоелектроніки, каф. ПМ

м. Харків, Україна

тел. +38(095) 056-16-94, email polina.spychak@nure.ua

This work is devoted to the optimization of the structure of the water supply network by means of zoning. The task of optimal zoning of water supply networks consists of two sub-tasks: selection of isolated zones of nodes with excess pressure exceeding the specified value in the water supply network; calculation of the parameters of the pressure regulators installed at the entrances to the selected zones. A method based on the width search method is proposed for zone selection. To calculate the parameters of pressure regulators using the Newton and Nelder-Mead method, the deterministic equivalent of the stochastic model of the quasi-stationary modes of operation of the water supply network was solved.

Якщо водопровідна мережа містить ділянки водопроводу із значною різницею геодезичних відміток або різноповерхову забудову районів міст, то виникає значна різниця між вільними напорами води, яких потребують різні користувачі. Збільшення надлишкових напорів у вузлах водопровідної мережі призводить до збільшення витоків води та збільшення витрат електроенергії насосними агрегатами. Щоб уникнути цього, при проектуванні таких мереж може застосовуватися зонування.

Реалізація зонування відбувається за допомогою підключення в систему водопостачання додаткових насосних станцій, які працюють на виділені зони, або шляхом проведення додаткових магістральних трубопроводів, або встановлення резервуарів чистої води. Ці заходи потребують значних матеріальних витрат. Більш бюджетний підхід до зонування водопровідних мереж пов'язаний з використанням регуляторів тиску великих діаметрів, що мають дистанційне керування. Застосування регуляторів тиску дозволяє істотно знизити витрати на зонування водопровідних мереж, знизити надлишковий напір у вузлах водопровідних мереж, і, відповідно, втрати води у вигляді витоків, а також знизити витрати електроенергії на насосних станціях [1, 2].

В цій роботі пропонується застосування методу зонування водопровідних мереж на основі стохастичної моделі квазістаціонарних режимів в системі подачі та розподілу води. Змістовна постановка задачі зонування водопровідної мережі: ті вузли водопровідної мережі, в яких надлишкові напори значно перевищують задане порогове значення, треба згрупувати у пов'язані ділянки (зони) і передбачити встановлення регуляторів тиску на входах в зони, а також оцінити параметри кожного регулятора.

Математичну постановку задачі зонування водопровідної мережі представимо у виді:

$$M \sum_{\omega} \sum_{i=1}^{v-1} (h_i^c(\omega) - h_i^+)^2 \rightarrow \min_{G_i \in G}, \quad (1)$$

де G_i – підграф (i -а зона) графу G водопровідної мережі; $h_i^c(\omega)$ – вільний напір в i -му вузлі; h_i^+ – мінімальний допустимий напір в i -му вузлі; v – кількість вершин графу. Область допустимих розв’язків Ω представляє собою систему рівнянь стохастичної моделі квазістаціонарних режимів роботи водопровідних мереж [3].

Побудова детермінованого еквіваленту задачі (1) відбувається шляхом заміни випадкових величин їх математичними сподіваннями. Метод розв’язання задачі оптимального зонування водопровідної мережі: розв’язання детермінованого еквіваленту задачі (1) відбувається за кілька кроків:

1. Виділення зон. Усі вузли виділених зон повинні складати зв’язану компоненту та математичне сподівання надлишкових напорів у кожному з вузлів повинне перевищувати задане значення.

2. Визначення параметрів регуляторів тиску для кожної зони. Кожен регулятор тиску характеризується наступним набором параметрів: діапазонами зміни напору на вході та виході регулятора, діапазонами зміни витрат через регулятор. Для визначення параметрів регуляторів тиску для кожної виділеної зони виділяється підграф водопровідної мережі і розв’язується задача оптимального розподілу навантаження між регуляторами тиску, встановленими на входах в зону, тобто задача (1). Детермінований еквівалент цієї задачі розв’язується з використанням методів Ньютон та Нелдера-Міда.

Обчислювальний експеримент для водопровідної мережі заданої структури показав, що в результаті встановлення регуляторів тиску на входах у виділені зони можливо знизити математичне сподівання сумарного надлишкового напору у мережі на величину, більшу 20%.

Список використаних джерел:

1. Ткачук, О. (2008). *Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів*. НУВГП.
2. Perelman, L.S., Allen, M., Preis, A., Iqbal, M., & Whittle, A. J. (2015). Automated Sub-Zoning of Water Distribution Systems. *Environmental Modelling & Software*, 65, 1–14. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.envsoft.2014.11.025>.
3. Тевяшев, А.Д., & Матвиенко, О.И. (2014). Стохастическая модель и метод зонирования водопроводных сетей. *Восточно-Европейский журнал передовых технологий*, 1 (67), 17–24.