

Розрахунок водопровідної мережі з використанням програмного забезпечення різного типу

Ігор Мар'єнко, студент¹ (ORCID: 0009-0009-1246-4754), Ігор Прокопенко, асистент¹ (ORCID: 0009-0009-0129-3283), Тетяна Курбанова, асистент¹ (ORCID: 0009-0006-4265-2666), Тетяна Хомуцька, д.т.н., с.н.с. ¹ (ORCID: 0000-0003-0153-4920).

¹ Київський національний університет будівництва і архітектури, проспект Повітряних Сил, 31, Київ, Україна, 03037

АНОТАЦІЯ

Наведено результати досліджень роботи системи водопостачання з ув'язувальним розрахунком кільцевої водопровідної мережі в програмі «Excel». Досліджено можливості імітаційного моделювання сумісної роботи споруд з використанням програми «EPANET» та програмного комплексу «РІКОМ», що значно спрощують і пришвидшують процеси гідравлічного розрахунку мереж водопостачання за різних розрахункових режимів. Аналіз отриманих результатів розрахунку щодо витрат, напорів, швидкостей та часу транспортування води ділянками мережі дає змогу приймати обґрунтовані проектні рішення.

Ключові слова: система водопостачання, водопровідна мережа, гідравлічний розрахунок, водонапірна башта, програмне забезпечення.

1. ВСТУП

Під час проектування систем водопостачання перед фахівцями галузі постають завдання забезпечення споживачів населених пунктів потрібними витратами води нормативної якості під необхідним вільним напором з урахуванням як вимог надійності подачі води до усіх місць її відбору за різних розрахункових режимів, так і вимог економічності системи з точки зору затрат на її будівництво й експлуатацію [1, 2].

Для вирішення поставлених завдань важливо не тільки правильно виконати трасування магістральних ліній, але й призначити економічно доцільні діаметри труб кожної ділянки водопровідної мережі, що забезпечить мінімальну будівельну й експлуатаційну вартість системи. Врахування ж вимог надійності подачі води споживачам здійснюють, перевіряючи роботу споруд у режимах пожежогасіння або можливої аварії на одній з основних магістралей, аналізуючи отримані результати досліджень та коригуючи діаметри окремих ліній у разі потреби. Крім того, для забезпечення надійності водопостачання передбачають кільцювання водопровідних мереж, що дозволяє у разі аварії на ділянці, перерозподіляти потоки води до споживачів іншими взаємозамінними ділянками.

Таким чином, проектуючи систему водопостачання, необхідно здійснювати імітаційне моделювання сумісної роботи гідравлічно взаємодіючих споруд, які входять до її складу. Дослідження роботи багатокільцевих водопровідних мереж вимагає доволі трудомістких операцій щодо виконання гідравлічного розрахунку трубопроводної системи з використанням ітераційного методу ув'язування кілець й поступового наближення до прийняттого результату з допустимими неув'язками. Значно полегшити такі обчислення дозволяє різного типу програмне забезпечення.

2. МЕТА РОБОТИ

Метою роботи є дослідження можливості розрахунку кільцевих водопровідних мереж з використанням програмного забезпечення різного типу.

3. РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Для досліджень використовували схему баштової водопровідної мережі, магістральні лінії якої утворюють 4 кільця та налічують 12 ділянок, довжини та діаметри яких показано на рис. 1. Мережа містить 9 вузлових точок, водонапірна башта підключена до вузла 7, а водоводи, що прокладені у дві нитки, подають воду від насосної станції до вузла 4. Розрахунковими режимами таких систем є години: максимального водоспоживання, пожежогасіння під час максимального водорозбору з мережі та максимального транзиту води у бак водонапірної башти.

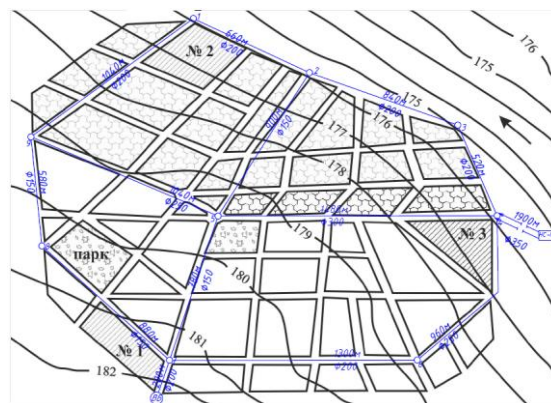


Рисунок 1. Схема баштової водопровідної мережі

Діаметри кожної з ділянок водопровідної мережі обирають на основі даних попереднього поточкорозподілу для робочих режимів експлуатації й перевіряючи пропускну здатність труб для режиму пожежогасіння.

Виконання гідравлічних розрахунків водопровідної мережі вручну вимагає багато часу, і зусиль, особливо у разі великої кількості кілець та розрахункових режимів, які необхідно дослідити. Значно простити цю задачу дозволяє робота в програмі «Excel». Завдяки створенню відповідного алгоритму обчислень й виконання певних математичних операцій можна отримати результати, де практично до нуля зведені неув'язки як у кожному окремому кільці, так і в контурі мережі. Так, гідравлічний розрахунок, було виконано

для досліджуваної водопровідної системи в режимі максимального водоспоживання. За 13 наблизень було отримано результати з нульовими неув'язками. Заданий алгоритм обчислень використовується і під час досліджень роботи мережі в інших розрахункових режимах, а саме, під час пожежогасіння в режимі максимального водоспоживання та мінімального водоспоживання.

Однак слід зазначити, що створений розрахунковий алгоритм можна використовувати лише для конкретної схеми водопостачання з відповідними вузловими точками та ділянками мережі. У разі будь-яких змін у цих параметрах чи кількості кілець, для того, щоб отримати достовірні результати розрахунків потрібно буде задавати новий алгоритм обчислень, що також вимагатиме певних зусиль.

Для можливості гідралічного розрахунку будь-яких водопровідних мереж незалежно від кількості кілець, вузлів і ділянок розроблено чимало спеціалізованих програм. Однією з них є програма «EPANET», що розроблена Агентством охорони навколишнього середовища США. Вона безкоштовна для навчальних цілей, досить проста і ефективна у використанні, дозволяє виконувати розширене моделювання гідралічного потоку та якості води, що транспортується мережами водопостачання, які складаються з труб, вузлів, насосів, клапанів, засувок та резервуарів. Програма дає змогу відстежувати витрату води по кожній трубі, напір у кожному вузлі, висоту води в резервуарах, концентрацію знезаражуючих хімічних речовин по всій протяжності мережі упродовж періоду моделювання [3].

Інтерфейс користувача програми «EPANET» (рис. 2) надає візуальний мережевий редактор, який спрощує процес побудови моделей трубопроводних мереж та редагування їх властивостей та даних. Різні інструменти для створення звітів і візуалізації даних використовуються для допомоги в інтерпретації результатів аналізу мережі, включаючи кольорові мережні карти, таблиці даних, енергоспоживання, калібрування, годинні графіки, а також профілі та контурні діаграми [3].

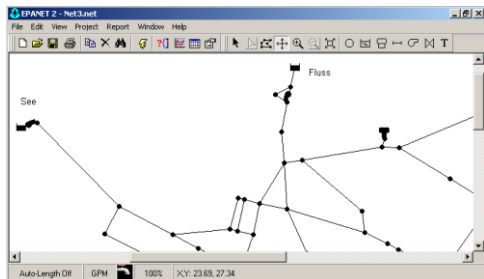


Рисунок 2. Інтерфейс програми «EPANET» [4]

Точне гідралічне моделювання водопровідної системи з урахуванням усіх характеристик є умовою забезпечення споживачів якісною питною водою. У програму входить сучасний пристрій для гідралічного аналізу, що включає наступні можливості: здійснює аналіз мережі будь-якого розміру; без обмежень розраховує втрату напору при терті з використанням формул Hazen-Williams, Darcy-Weisbach або Cезі-Меннінга; включає розрахунок малих втрат напору у відводах, з'єднаннях тощо; моделює застосування насосів з постійною або регульованою швидкістю; розраховує споживання насосами електроенергії та витрати; моделює різні типи засувок, включаючи запірні, зворотні клапани, клапани вирівнювання тиску; дозволяє розрахувати будь-яку форму резервуарів; враховує різні категорії споживання на вузлах з різними тимчасовими моделями; моделює залежні від напору потоки, що випускаються емітерами (розбризкувачами), може виконувати системний аналіз, як на базі зміни рівня води в резервуарі або тимчасового контролю, так і на базі умов регулювання, що спеціально задаються [3].

Подібні можливості стають доступними і в разі використання програмного комплексу «РІКОМ», створеного вітчизняними розробниками. Розрахунки, проведені за його допомогою, дають змогу наглядно проілюструвати роботу водопровідної мережі за різних експлуатаційних режимів завдяки певному розфарбуванню трубопроводних ліній за напором, швидкістю руху води ділянками й тривалістю її перебування в системі, що впливає на якісні показники (рис. 3).

Аналіз результатів досліджень дозволяє приймати обґрунтовані проектні рішення для забезпечення ефективної роботи систем водопостачання й економії ресурсів.

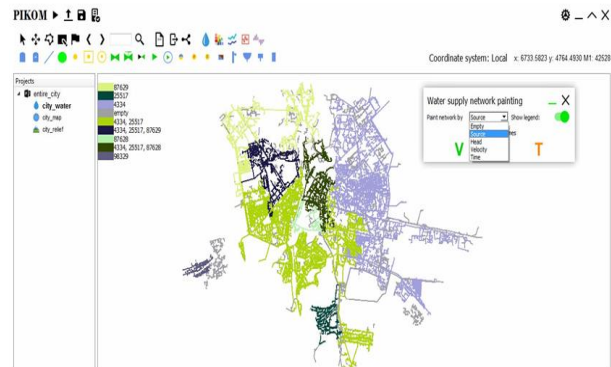


Рисунок 3. Інтерфейс програми «РІКОМ» з наглядною роботою водопровідної мережі, що живиться від різного типу джерел [5].

4. ВИСНОВОК

Гідралічні розрахунки кільцевих водопровідних мереж при дослідженні роботи системи водопостачання за різних експлуатаційних режимів виконувати значно швидше і простіше, залучаючи різного типу програмне забезпечення. Воно дозволяє аналізувати розрахункові показники та обирати економічно обґрунтовані склад і характеристики споруд, що забезпечать ефективну й надійну роботу системи при економії матеріальних та енергетичних ресурсів.

Список використаних джерел:

- [1] Хоружий П. Д., Хомутецька Т. П., Хоружий В. П. Ресурсозберігаючі технології водопостачання. К: Аграрна наука, 2008. 534 с.
- [2] Хомутецька Т. П. Енергоощадне водопостачання. К: Аграрна наука, 2016. 304 с.
- [3] U.S. Environmental Protection Agency. EPANET: вебсайт. URL: <https://www.epa.gov/water-research/epanet>
- [4] Epanet.de. Hydraulic network analysis: вебсайт. URL: <http://epanet.de>
- [5] ТОВ «НАУКОВЕ ПІДПРИЄМСТВО РІКОМ»: вебсайт. URL: <https://www.rikom.ua>