

2. Клосс-Трембачкевич Г. Споживання води у Польщі зменшилося / Г. Клосс-Трембачкевич, Е. Осух-Пайдзінська, М. Роман // Ринок інсталяцій. – 2003. – №4-7. – С. 24-25.

3. Сліпченко В.О. Як вирішити проблему розрахунків за воду? / В.О. Сліпченко // Міське господарство України. – 2009. – №4 (186). – С. 38-39.

4. Шутенко Л.Н. Анализ фактического потребления горячей и холодной воды в жилищном фонде г. Харькова / Л.Н. Шутенко, С.С. Душкин, М.С. Золотов, Е.Б. Сорокина, В.А. Мельман // Коммунальное хозяйство городов: Науч.-техн. сб. – Вып. 53. – К.: Техніка, 2003. – С. 73-78.

5. Царинник О.Ю. Аналіз результатів вимірювання водоспоживання в м. Новоград-Волинському / О.Ю. Царинник // Електронний журнал енергосервісної компанії “Екологічні системи”. – 2004. – №10. – Режим доступу: [http://esco-ecosys.narod.ru/2004\\_10/art43.htm](http://esco-ecosys.narod.ru/2004_10/art43.htm).

6. Определение расчётных гидрологических характеристик СНиП 2.01.14-83 / Госстрой СССР. – М.: Стройиздат, 1985. – 47 с.

*Отримано 16.11.2012*

УДК 628.144.2

О.Г.ДОБРОВОЛЬСЬКА

*Запорізька державна інженерна академія*

## **ПРО МОЖЛИВІСТЬ ВИЗНАЧЕННЯ ФАКТИЧНОГО ПОТОКОРОЗПОДІЛУ У ВОДОПРОВІДНІЙ МЕРЕЖІ**

Розглядаються питання оптимізації управління потокорозподілом у водопровідних мережах. З цією метою пропонується використовувати розроблену програму, що дозволяє визначати витрати води на ділянках мережі на основі значень тиску, що замірюються в її окремих вузлах.

Рассматриваются вопросы оптимизации управления потокораспределением в водопроводных сетях. С этой целью предлагается использовать разработанную программу, которая позволяет определять расходы воды на участках сети на основе значений давления, измеренного в отдельных ее узлах.

The article deals with the optimization of flow control in water networks. For this purpose it is proposed to use the developed program, which allows to determine the costs of water on parts of the network based on the values of pressure measured in individual nodes.

*Ключові слова:* оперативне управління, розрахункова схема, контрольні вузли, перепади тисків, виправлювальні витрати, дійсний потокорозподіл.

*Оперативне управління* водопровідною мережею повинно забезпечувати виконання її функціонального призначення – забезпечення такого режиму роботи системи, при якому споживачі забезпечені необхідною кількістю води під необхідним тиском. Діючі норми [1] не передбачають моделювання гідравлічних режимів, які відповідають можливим станам системи водопостачання. Відсутність таких схем утруднює проведення розрахунків для вибору оптимального розподілу води, визначення кількості й місць розташування контрольних вузлів.

Аналіз розроблених методів управління системами водопостачання показав, що їх складно використати для оперативного управління [2-6], тому що вони в основному направлені на оптимізацію існуючих систем водопостачання, а також систем, які проектуються. Існуючі системи моделювання процесів руху води (наприклад, система WaterCAD компанії Hasted Method, програма *ERACLITO*, програмний комплекс ZuluHydro ООО Політерм (м.Санкт-Петербург, Росія), геоінформаційна система обробки аварійних ситуацій на мережах (м.Запоріжжя) та інші) вирішують питання поточкорозподілу шляхом виконання гідравлічних розрахунків, але при цьому визначаються можливі витрати на ділянках мережі на момент її проектування без врахування тисків у контрольних вузлах на момент їх вимірювання, не вирішуються питання про необхідну кількість та розташування контрольних вузлів на мережі. Головні параметри функціонування мережі – тиск у вузлах та витрати на її ділянках складно контролювати. Технічних складнощів процес вимірювання тиску не викликає. Проблема полягає в тому, що тиск замірюється в характерних точках, кількість яких не безкінечна, а місця їх розташування з часом потребують уточнення [7,8].

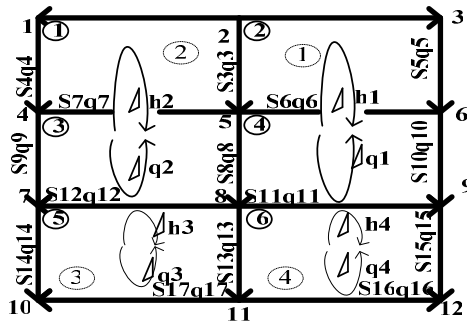
Для підвищення ефективності оперативного керування розподілом потоків в кільцевій мережі необхідно знати в реальному часі витрати води в кожній магістралі. Отримати всю картину розподілу потоків за рахунок її інструментального вимірювання неможливо. Цей розподіл формується з одного боку відборами окремих споживачів, а з іншого – гідравлікою роботи кільцевої мережі. Враховуючи, що визначати витрати всіх окремих споживачів неможливо в силу їх стохастичності, то доцільно уточнювати поточкорозподіл в магістралях мережі, в яких стохастична складова в значній мірі нівелюється.

Головним недоліком існуючих способів вимірювання витрат води є їх обмежена функціональна можливість, тобто визначення витрат здійснюється лише на ділянках, обладнаних допоміжними улаштуваннями для реалізації способу вимірювання, при цьому витрати води на необладнаних ділянках не визначаються. Але встановити вимірювальні прилади на всіх ділянках складної трубопровідної мережі неможливо і недоцільно. Для диспетчера оптимальним вирішенням цієї проблеми стала б можливість прогнозування поточкорозподілу в мережі за відомим перепадом тиску в її окремих контрольних вузлах.

Для вирішення згаданої вище задачі недостатньо традиційних методів гідравлічного розрахунку кільцевої мережі. Тому необхідно запропонувати новий спосіб, який дозволяв би визначити дійсний поточкорозподіл на ділянках водопровідної мережі з урахуванням показників тиску в її контрольних вузлах.

Будь-яка диспетчерська служба в своєму розпорядженні має схему системи подачі і розподілу води з характеристиками трубопроводів, споживачів та загальної подачі води в мережу. В процесі експлуатації мереж гідравлічний опір трубопроводів зростає, ці змінення неможливо врахувати відповідно дійсності при гідравлічних розрахунках. Але при застосуванні способу одночасного визначення витрат води на всіх магістральних ділянках мережі за перепадом тиску в її контрольних вузлах [9] уточнення розрахункової схеми не потрібне.

Спосіб здійснюється наступним чином. Для кільцевої мережі, спрощений варіант якої з 6 кілець ① – ⑥ показано на рисунку, вихідними даною для якої є інформація про кількість вузлів (1-12), значення витрат  $q_1 - q_{17}$  та опорів  $s_1 - s_{17}$  на її ділянках, отриманих під час її попереднього розрахунку, значення тисків, заміряних у контрольних вузлах 2, 8, 10, 12, які утворюють 4 контури вимірювання тисків ① – ④, визначаються перепади тисків  $\Delta P_n$  між вузлом підключення водоводів 2 та контрольними вузлами 8, 10, 12:  $\Delta P_{2-8}, \Delta P_{2-10}, \Delta P_{2-12}$ .



Ув'язувальні контури напрямів вимірювання

Ці перепади тиску відрізняються від тих, що відповідають попередньому розрахунку мережі та утворюють нев'язки у кільцях  $\Delta h_1 - \Delta h_4$ , які шляхом математичної обробки виражаються у виправлювальних витратах  $\Delta q_1 - \Delta q_4$ . При внесенні витрат  $\Delta q_1 - \Delta q_4$  у розрахункові витрати ділянок на шляхах вимірювання тисків ліквідується різниця між розрахунковим та вимірним їх перепадом, що дозволяє отримати фактичні витрати на ділянках на момент вимірювання тисків.

Для ліквідації відхилень між розрахунковими втратами напорів на ділянках кожного із шляхів вимірювання тисків та відповідними різницями тисків між показниками датчиків на кінцях шляху, який розгляда-

ється, для ув'язки мережі у відповідні кільця вносяться виправлення, які описуються рівнянням:

$$\Delta h_i^{k\epsilon} - 2\sum (sq)_i^{k\epsilon} \pm \sum (sq)_{\partial.л.}^{k\epsilon} \Delta q_{сум.к}^{k\epsilon} = 0, \quad (1)$$

де  $k\epsilon$  – індекс кілець вимірювання при їх ув'язці;  $\sum (sq)_i^{k\epsilon}$  – сумарні добутки  $(sq)_i^{k\epsilon}$  для  $i$ -го кільця ув'язки контура вимірювання;  $\sum (sq)_{\partial.л.}^{k\epsilon}$  – сумарні добутки ділильних ліній;  $\Delta q_{сум.к}^{k\epsilon}$  – виправлювальні витрати суміжних з тим кільцем, яке розглядається.

Особливістю розв'язування цієї задачі являється те, що воно аналогічне ув'язці кільцевої мережі після того, як в неї вносяться виправлення, які враховують неспівпадання розрахункового перепаду тисків з виміряним. Аналіз особливостей ув'язки водопровідної мережі з врахуванням результатів вимірювання тисків в окремих вузлах показує, що загальна виправлювальна витрата описується рівнянням:

$$\Delta q_{(i-y)n}^{k\epsilon} = \frac{s_{i-y}}{\sum (s_0 l)_n} \Delta P_n, \quad (2)$$

де  $\Delta q_{(i-y)n}^{k\epsilon}$  – ув'язувальна витрата для ділянки  $n$ -ої магістралі з початковим вузлом  $i$  та кінцевим вузлом  $y$ , яка повинна ліквідувати різницю між розрахунковими та виміряними втратами напору;  $s_{i-y}$  – повний опір ділянки  $i-y$ ;  $S_0$  – питомий опір трубопроводу, який залежить від матеріалу трубопроводу;  $\sum (s_0 l)_n$  – сума повних опорів на ділянках  $n$ -ої магістралі від початкового вузла до вузла вимірювання тиску;  $\Delta P_n$  – різниця показників датчиків вимірювання тисків у початковому вузлі та в кінцевому вузлі  $n$ -ої магістралі.

Враховуючи, що при керуванні існуючою водопровідною мережею її структура, геометричні розміри, діаметри труб, їх матеріал (а отже і  $s_0$ ) відомі, невідомими будуть тільки витрати на ділянках. Тоді загальна кількість невідомих в кільцевій мережі з  $p$  – ділянками також буде  $r$ , тобто в ній витрати визначаються однозначно.

У всі шляхи, що розглядаються, вносяться виправлювальні витрати, які б ліквідували різниці в сумарних розрахункових та вимірювальних витратах.

Задача розв'язується методом ітерації до виникнення умов:

$$\sum h_k = 0, \quad (3)$$

$$|\Delta P_{розр} - \Delta P_{вим}| \leq \epsilon, \quad (4)$$

де  $h_k$  – сума втрат на пору у кільці мережі, м;  $\Delta P_{розр}$  – розрахунковий перепад тиску між контрольними вузлами, м;  $\Delta P_{вим}$  – вимірний перепад тиску між контрольними вузлами, м;  $\varepsilon$  – припустима нев'язка мережі,  $\varepsilon \leq 0.01$ .

Запропонований спосіб визначення витрат води з урахуванням перепадів тиску в контрольних вузлах та реалізуючий його програмний продукт дозволяє визначити одночасно витрати на магістральних ділянках мережі за перепадами тисків  $P_1 P_2 P_3 P_n$ , використовуючи датчики статичного тиску, які встановлені в контрольних вузлах, але без встановлення додаткових улаштувань на ділянках мережі.

1. Строительные нормы и правила. Водоснабжение. Наружные сети и сооружения. СНиП 2.04.02-84. – М.: Стройиздат, 1985.

2. Анпілогов П.І. Управління водопровідними мережами міста у реальному часі // Проблеми водопостачання, водовідведення та гідраліки. Науково-технічний збірник. – Вип. 10. – К.: КНУБА, 2007. – 120 с.

3. Интегрированная диалоговая система рациональной эксплуатации и развития СПРВ / Под редакцией А.Г. Евдокимова, Н.И. Самойленко. – Донецк: РИП Лебедь, 1994. – 192 с.

4. Информационно-графические компьютерные технологии управления инженерными сетями предприятий, городов и регионов / Под редакцией Н.И. Самойленко. – Златоуст. Челябинский дом печати, 1996. – 232 с.

5. Маслак В.М. Розробка діалогової системи раціональної подачі і розподілу води: Дис... канд. техн. наук: 05.13.03. – Х., 1997. – 150 с.

6. Интегрированные компьютерные технологии управления системами водоснабжения / Богомазов О. А., Иваненко Б.Н., Пфафенрот В.А., Самойленко Н.И. / Под общ. ред. Н.И. Самойленко. – Харьков: Основа, 1998. – 272 с.

7. Українець М.О., Добровольська О.Г. Учет различных факторов при определении размеров зон недостаточных напоров в водопроводных сетях // Коммунальное хозяйство городов. Научно-техн. сб. – Вип. 67. Серия: Технические науки. – К.: Техніка, 2006. – С. 181-183.

8. Українець М.О., Сокольник В.І., Добровольська О.Г. Особливості формування зон недостатніх напорів в системах подачі та розподілу води // Вісник НУВГП: 36. наук. праць. – Вип. 4(40). Частина 2, Рівне, 2007. – С. 582-588.

9. Спосіб визначення витрат рідинних або газових середовищ в ділянках мереж транспортування: Патент на корисну модель №73512, МПК G01F 1/34 (2006/01) // Добровольська О.Г., Українець М.О., Сокольник В.І. – Заявлено 19.03. 2012; Опубл. 25.09.2012, Бюл. № 18.

*Отримано 21.01.2013*

УДК 628.1

Я.А. ТУГАЙ, канд. техн. наук

*Київський національний університет будівництва та архітектури*

## **ВИКОРИСТАННЯ МЕТОДА ФІЛЬТРАЦІЙНИХ ОПОРІВ У РОЗРАХУНКАХ ПРОМЕНЕВИХ ВОДОЗАБОРІВ І ДРЕНАЖІВ**

Розглядаються умова і можливість використання метода фільтраційних опорів при розрахунках променевих водозаборів і дренажів. Обґрунтовується вплив фільтраційних