

Розен В.П., докт. техн. наук, проф.
Національний технічний університет України «КПІ», Україна
Давиденко Н.В.
Луцький національний технічний університет, Україна

ФОРМУВАННЯ СУКУПНОСТІ ХАРАКТЕРИСТИК НЕРІВНОМІРНОСТІ ВОДОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ РЕЖИМІВ РОБОТИ СИСТЕМ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Питання підвищення енергоефективності функціонування систем комунального водопостачання (СКВ) є одним із пріоритетних напрямків досліджень з енергозбереження в житлово-комунальному господарстві. Система комунального водопостачання (СКВ) – це складний комплекс споруд, що забезпечують безперебійну подачу води в місто. В процесі експлуатації система водопостачання піддається впливу багатьох факторів. Головним з них є водоспоживання міст, яке визначає режим роботи водопровідних споруд і є змінною величиною. Важливим фактором енергозбереження є своєчасна реконструкція об'єктів водопостачання на тлі змінених умов водоспоживання, а також прогнозування змін, які можуть виникнути в найближчому майбутньому. Актуальним напрямком в реконструкції об'єктів підприємств комунального водопостачання є підвищення ефективності роботи міських СКВ на основі розвитку інформаційних систем моніторингу та управління водопостачанням міст [1]. Існує значна кількість технічних рішень, що базуються на застосуванні інформаційно-керуючих систем, логічних частотокерованих приводів, систем моніторингу та управління процесами водопостачання міста. Новітні методи та технології управління енергоефективністю СКВ передбачають: впровадження альтернативних методів регулювання технологічних параметрів НС, розробку систем оптимального управління та гідродинамічного захисту в аварійних режимах функціонування, автоматизація процесів оперативного управління режимами водопостачання, а також використання сучасних математичних методів моделювання у задачах прогнозування енергоспоживання, добового і погодинного водоспоживання та планування обсягів подачі води [2].

Важливим елементом управління водопостачанням є встановлення оптимальних експлуатаційних режимів по об'єктах СКВ. Цільовою функцією оптимізації технологічних режимів насосної станції є мінімізація її енергетичних витрат при забезпеченні безперебійної подачі води споживачу та дотриманні заданого напору в контрольних точках водопровідної мережі відповідно до реального водоспоживання. Підготовка детального погодинного плану подачі води визначає оптимальні гідравлічні параметри роботи системи: тиск на колекторах насосних станцій другого і третього підйому, тиск в розподільній мережі, рівні в резервуарах питної води [3]. Режим подачі води в місто безпосередньо визначається поточною потребою у величині водорозбору. Від точності прогнозу добового і погодинного споживання води залежатиме ефективність режиму роботи насосних станцій і регулюючих вузлів, гідравлічні параметри розподільчої мережі міста [3]. Визначення ефективної витрати електроенергії в системі водопостачання міста, повинне бути виконане з урахуванням прогнозного значення водоспоживання міста, яке є основою для планування подачі води в мережу водопостачання та відіграє важливу роль в процесі управління ефективністю електроспоживання.

Для систем міського водопостачання, де домінуючу роль відіграє господарсько-питне водоспоживання, поняття «нормальної» подачі встановити не так просто. На характер водоспоживання впливає низка факторів - сезони, температура зовнішнього повітря, державні та релігійні свята тощо [3]. В реальних умовах водоспоживання населених пунктів по сезонах і місяцях відхиляється від середнього. Сезонні коливання не перевищують 15 ... 20%. У той же час добові коливання значні, так як більше 70% води споживається вдень [3].

Впровадження системи моніторингу забезпечує можливість створення великих баз даних, що містять інформацію про режими роботи об'єктів СКВ, використання методів інтелектуального аналізу даних для вивчення постійно зростаючих обсягів інформації та виявлення прихованих закономірностей, що визначають формування технологічних режимів СКВ. Залежності з невеликою кількістю вхідних і вихідних змінних отримують шляхом обробки великих обсягів даних моніторингу режимів роботи систем водопостачання [1].

Основним режимним показником процесу водопостачання є графік водоспоживання (ГВС). Один із можливих підходів до формування графіка характерних режимів для багаторежимної оптимізації режиму роботи об'єктів СКВ є попереднє створення бази даних добового водоспоживання в межах системи моніторингу режимів системи водопостачання. На основі створеної бази даних можливе здійснення аналізу добового ГВС, тобто дослідження основних параметрів графіка для пошуку спільних рис у водоспоживанні та побудови сімейства характерних графіків водоспоживання. Останні мають стати основою побудови сімейства графіків характерних режимів водоподачі. Сімейство типових ГВС повинне бути диференційованим відповідно до сезонів року і відображати специфіку водоспоживання в робочий, передвихідний, вихідний, передсвятковий та святковий дні. Системи автоматизованого управління та системи моніторингу дозволяють накопичити достатній об'єм адекватного статистичного матеріалу для виконання такого розбиття.

Для опису ГВС слід враховувати основні параметри: середнє водоспоживання; дисперсія та середньоквадратичне відхилення; значення максимального та мінімального об'ємів добового водоспоживання; час, який відповідає максимальному та мінімальному водоспоживанню; а також додаткові параметри: коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення та коефіцієнт нерівномірності графіка навантаження.

Добовий ГВС повністю відображає процес водоспоживання в часі і всі інші показники є похідними від нього. Природа ГЕН дозволяє представити його у вигляді кругової часової діаграми – діаграми радарного типу (ДРТ) - фігура графіка утворює замкнений багатокутник. Відстань від центру координат (x_0, y_0) до точки діаграми відповідає значенню об'єму води, що споживається в даний момент часу. Морфометрія є відомим інструментом аналізу фігур різної форми. Використання морфометричного опису дозволяє отримати різнобічну детальну оцінку ГВС та його нерівномірності [4]. Виділяють дві групи морфометричних параметрів: базові (X, Y координати; периметр; площа; координати центра ваги; округлість; компактність; видовження; випуклість) та похідні (радіус вписаного, описаного кіл; довжина, ширина; головна вісь видовження; додаткова вісь видовження; периметр випуклості; площа випуклості; компактність випуклості; кут осей видовження).

Зміщення координат центра ваги x_y, y_y відносно центру координат x_0, y_0 зростає з ростом нерівномірності ДРТ, тобто є характеристикою, що реагує на будь-які піки чи провали ГВС. Округлість характеризує добуву

нерівномірність ГВС через відношення між значеннями найбільшого та найменшого водоспоживання протягом. Компактність дозволяє врахувати проміжні значення ГВС, здійснюючи їх лінійну апроксимацію, та детально охарактеризувати загальну добову нерівномірність як відношення всіх піків та провалів ДРТ – більш стрімкі перепади значень призводять до росту величини профілю графіка. Видовження дозволяє оцінити співвідношення між об'ємами водоспоживання у нічний період та пікового водоспоживання. Випуклість є інтегральною характеристикою, що враховує не одне максимальне значення, а їх множину визначену випуклою фігурою та зумовлену нерівномірністю ГВС. Значення випуклості відображає характеристику нерівномірності, що має певну аналогію з коефіцієнтом максимуму та коефіцієнт заповнення графіка, але охоплює множину максимумів ГВС, тому більш точно описує характер нерівномірності. Морфопараметри округлості, компактності, видовження та випуклості використовують для аналізу нерівномірності ГВС [4]. Якщо вони прямують до нуля, то нерівномірність ГВС є значною. З наближенням їх значень до одиниці графік є рівномірним.

Для врахування сезонних особливостей водоспоживання дослідження добових ГВС необхідно здійснювати з урахування пори року: зима, літо та осінь-весна.

Дослідження [3] підтверджують вплив аномальних температур зовнішнього повітря на подачу води в місто. Для виявлення змін у добовому водоспоживанні, пов'язаних із зміною кліматичних умов (особливо для літнього періоду), доцільно враховувати параметри, що характеризують зовнішнє середовище, зокрема: максимальне (мінімальне) значення добової температури, середньодобову температуру повітря, а також кількість опадів.

Виявлення характерних особливостей добового споживання води з метою формування сімейства типових графіків водоспоживання доцільно здійснювати з використанням об'єктно-орієнтованої формалізації процедури комплексного аналізу ГВС з урахуванням основних, додаткових та морфометричних параметрів графіка, а також кліматичних факторів та сезонності. При цьому об'єкти середовища моделюються за допомогою класів – моделей з об'єднаними характеристиками, властивостями і правилами існування. Архітектуру комплексної оцінки ГВС наведено на рис. 1.

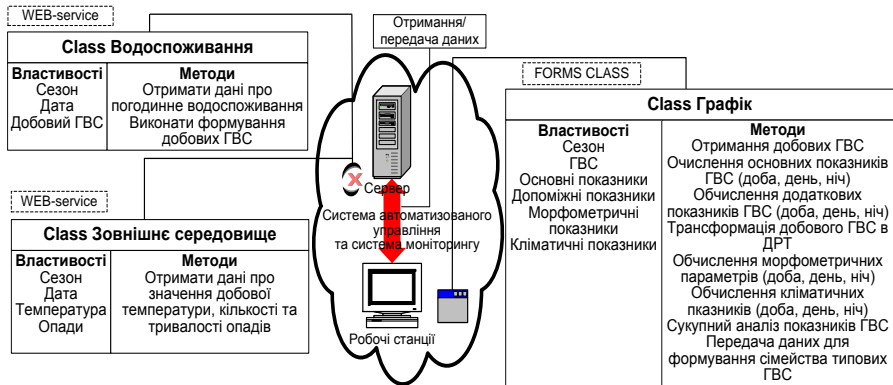


Рис. 1 Архітектура комплексного аналізу показників добового графіка водоспоживання

Аналіз графіків добового водоспоживання дозволяє стверджувати, що добовий цикл містить чітко виражені періоди основного водоспоживання (денний час доби), періоди фонового водоспоживання (нічний час) та перехідні періоди, причому відмінність у ГВС проявляється зазвичай у денні години доби. Тому для підвищення достовірності виявлення характерних особливостей добових ГВС аналіз його параметрів доцільно здійснювати також окремо для нічного та денного періоду доби.

Висновки. Комплексний аналіз параметрів добових ГВС з урахуванням пори року та періодів добового циклу створює передумови для виявлення прихованих спільних рис у водоспоживанні та формування сімейства типових графіків, які відобразатимуть специфіку водоспоживання в передвхідний, вихідний, передсвятковий, святковий та робочий дні, а кліматичні показники дозволяють врахувати вплив зовнішнього середовища.

Список використаних джерел

1. Романчук С.М. Мониторинг и анализ данных в процессе управления водоснабжением города Донецка [Текст] / С.М. Романчук // Системний аналіз у науках про природу та суспільство. - 2011. - Вип. 1. - С. 133-143.
2. Романенко С.С. Інноваційні підходи в задачах підвищення ефективності гідротранспортних комплексів [Текст] / С.С. Романенко, Т.В. Коренькова // Проблеми енергоресурсозбереження в електротехнічних системах. Наука, освіта і практика. – 2011. - № 1/2011 (1). – С. 108-109.
3. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса [Текст] / Е.В. Шушкевич // Водоснабжение и санитарная техника. - 2011. - № 1. – С. 24-30.
4. Коменда Т.І. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання: монографія [Текст] / Т.І. Коменда, Н.В.Коменда. – Луцьк, ЛНТУ, 2012. – 112 с.