

## ВИКОРИСТАННЯ МОРФОМЕТРИЧНОГО ПІДХОДУ ДЛЯ МОНІТОРИНГУ НЕРІВНОМІРНОСТІ ВОДОПОДАЧІ В СИСТЕМІ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

Давиденко Н. В.

*Луцький національний технічний університет*

*Запропоновано принципи удосконалення аналізу нерівномірності добових графіків водоподачі в системах водопостачання шляхом використання морфометричних параметрів для їх опису.*

**Постановка проблеми.** Забезпечення надійності та ефективності функціонування централізованих систем комунального водопостачання (СКВ) є головною вимогою, що висувається до міських інженерних систем. Актуальним напрямком є підвищення ефективності роботи міських систем водопостачання на основі розвитку інформаційних систем моніторингу та управління водопостачанням міст, які є важливою складовою частиною загальної системи енергоменеджменту водопостачальних підприємств.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Серед важливих завдань є оперативне управління підсистемами водопостачання за фактом підтримки ефективних і оптимальних режимів, що дозволяють забезпечити економію електроенергії та води, а також задачі розпізнавання позаштатних і аварійних ситуацій. Проте, для систем міського водопостачання, де домінуючу роль відіграє господарсько-питне водоспоживання, поняття "нормальної" подачі встановити не просто. На характер водоспоживання впливає низка факторів - сезони, температура зовнішнього повітря, державні та релігійні свята тощо [1]. Один із можливих підходів до формування графіка водоподачі для багаторежимної оптимізації режиму роботи об'єктів СКВ є попереднє створення бази даних добової витрати води з мережі в межах системи моніторингу режимів системи водопостачання. На основі створеної бази даних можливе здійснення аналізу добового графіка водоподачі, тобто дослідження його основних параметрів для пошуку спільних рис [2]. Опис добового графіка водоподачі за допомогою показників нерівномірності добових графіків та використання методів кластерного аналізу [3] дозволило підтвердити вплив сезонності на характер водоспоживання, проте причини появи так званих "нерегулярних днів" залишились не встановленими. Тобто, завдання розробки підходів та методів, які б дозволяли враховувати випадковий характер водоспоживання, виявити вплив на нерівномірність водоспоживання соціальних, кліматичних та сезонних чинників не втрачають своєї актуальності і потребують обов'язкового вирішення для забезпечення можливості планування оптимальних режимів водоподачі та витрат електроенергії в СКВ.

**Мета статті.** удосконалення процедури аналізу нерівномірності графіка водоподачі протягом доби з метою виявлення характерних особливостей добового водопостачання для подальшого підвищення результативності моніторингу енергоефективності режимів роботи системи комунального водопостачання.

**Основні матеріали дослідження.** Впровадження системи моніторингу забезпечує можливість створен-

ня великих баз даних, що містять інформацію про об'єми добового водоспоживання, електроспоживання, режими роботи об'єктів системи комунального водопостачання, їх технічні та технологічні параметри, показники енергоефективності, а також використання методів інтелектуального аналізу даних для вивчення постійно зростаючих обсягів інформації та виявлення прихованих закономірностей, що визначають формування технологічних режимів СКВ.

Аналіз графіків добової витрати води дозволяє стверджувати: добовий цикл містить виражені періоди основної водоподачі (денний час) та фонові водоподачі (нічний час), причому відмінність у формі графіків проявляється, зазвичай, у денні години доби.

Природа добового графіка водоподачі дозволяє представити його у вигляді кругової часової діаграми радарного типу (ДРТ). Фігура графіка утворює замкнений багатокутник - фігуру, обмежену замкнутою ламаною без самоперетинів, що задана своїми вершинами з координатами  $(x_i, y_i)$  в порядку обходу. Відстань від центру координат  $(x_0, y_0)$  до вершини багатокутника відповідає значенню об'єму води, поданої вмережу в даний момент часу.

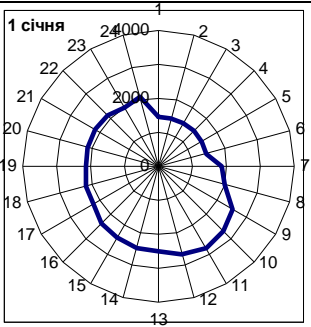
Використання морфометричного опису дозволяє отримати різнобічну детальну оцінку графіків водоподачі та його нерівномірності [4]. Виділяють дві групи морфометричних параметрів: базові ( $X, Y$  координати; периметр; площа; координати центра ваги; округлість; компактність; видовження; випуклість) та похідні (радіус вписаного та описаного кіл; довжина, ширина; головна вісь видовження; додаткова вісь видовження; периметр випуклості; площа випуклості; компактність випуклості; кут осей видовження).

Зміщення координат центра ваги  $x_u, y_u$  відносно центру координат  $x_0, y_0$  зростає з ростом нерівномірності ДРТ, тобто реагує на будь-які піки чи провали графіка. Округлість характеризує добову нерівномірність через відношення між значеннями найбільшої та найменшої водоподачі протягом доби. Компактність дозволяє врахувати проміжні значення графіка, здійснюючи їх лінійну апроксимацію, та детально охарактеризувати загальну добову нерівномірність як відношення всіх піків та провалів ДРТ – більш стрімкі перепади значень зумовлюють ріст величини профілю графіка. Видовження дозволяє оцінити співвідношення між об'ємами водоподачі у нічний період та пікового водоспоживання. Випуклість є інтегральною характеристикою, що враховує множину максимальних значень графіка визначену випуклою фігурою та зумовлену нерівномірністю водоподачі. Значення випуклості відображає характеристику нерівномірності,

що має певну аналогію з коефіцієнтом максимуму та коефіцієнт заповнення графіка, але охоплює множину максимумів графіка водоподачі, тому більш точно описує характер нерівномірності. Морфопараметри округлість, компактність, видовження та випуклість використовують для аналізу нерівномірності графіка [4]. Якщо вони прямують до нуля, то нерівномірність добового графіка є значною. З наближенням їх значень до одиниці графік є рівномірним.

На основі даних КП "Луцькводоканал" про об'єми води, поданої в мережу, було проведено аналіз добових графіків водоподачі. Фрагмент результатів розрахунку морфометричних параметрів графіка водоподачі наведено в табл. 1.

Таблиця 1 – Морфометричні параметри добового графіка витрат води з мережі для 1 січня

ДРТ	
	
Периметр	786,19
Площа	40 673
$R_{\min}$	91,42
$R_{\max}$	137,48
$X_{\text{ц}}$	114
$Y_{\text{ц}}$	111
Округлість	0,66
Компактність	0,83
Видовження	0,77
Головна вісь видовження	260,41
Додаткова вісь видовження	199,8
Кут видовження	127
Випуклість	0,97
Периметр випуклості	741,6
Площа випуклості	41 346
Компактність випуклості	0,94

На основі проведеного аналізу добових графіків витрати води з мережі слідує: у вихідні дні має місце більш рівномірна витрата води, ніж у робочі. Вагомий вплив на характер графіка має соціальний чинник, зокрема, великі релігійні свята (Різдвяні свята, Паска, Трійця), а також Новий рік. Протягом цих днів графік водоподачі має найменш нерівномірний характер у порівнянні з іншими днями. Графіки, що відповідають святковим та дням утворюють окремий кластер.

**Висновки.** Опис нерівномірності добових графіків водоподачі за допомогою морфометричних параметрів сприяє детальному дослідженню форми графіка, що створює передумови для виявлення спільних рис у водоподачі залежно від сезону, місяця, типу дня тижня. Організація системи моніторингу енергоспо-

живання на постійній основі сприятиме накопиченню бази даних про погодинну витрату води протягом доби, що дозволить виконати уточнення показників добових графіків водоподачі та визначення меж зміни коефіцієнтів нерівномірності. Накопичення даної інформації забезпечить можливість побудови типових графіків водоподачі для характерних днів та планування режимів ефективного енергоспоживання.

#### Список використаних джерел

1. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса / Е. В. Шушкевич // Водоснабжение и санитарная техника. - 2011. - № 1. – С. 24-30.
2. Розен В. П. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання / В. П. Розен, Н. В. Давиденко // Энергетика: економіка, технології, екологія. - 2015. - № 3. –С. 85-92
3. Давиденко Н. В. Принципи урахування добової нерівномірності водоспоживання в задачах моніторингу ефективності енерговикористання в системах комунального водопостачання / Н. В. Давиденко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Випуск 165 "Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України". – Харків: ХНТУСГ. - 2015.- С.28-30.
4. Коменда Т. І. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання: монографія / Т. І. Коменда, Н. В. Коменда. – Луцьк, Луцький НТУ, 2012. – 112 с.

#### Анотація

### ИСПОЛЬЗОВАНИЕ MORFOMETRICHESKOGO PODHODA DLYA MONITORINGA NERAVNOMERNOSTI VODOPODACHI V SISTEME KOMMUNALNOGO VODOSNABZHENIYA

Давыденко Н. В.

*Предложены принципы совершенствования анализа неравномерности суточных графиков водоподачи в системах водоснабжения путем использования морфометрических параметров для их описания.*

#### Abstract

### USING MORPHOMETRIC APPROACH FOR MONITORING OF NON-UNIFORMITY OF WATER SUPPLY IN THE MUNICIPAL WATER SUPPLY SYSTEM

N. Davydenko

*The principles of improving the analysis of non-uniformity of daily water supply graphs in water supply systems using the morphometric parameters to describe them have been proposed.*