

5. Nikitin E. «Energeticheskiy menedzhment – effektivnyy instrument energoresursosberezheniya» // «Energoberezhenie» №6 (128), 2010 – S. 4–6.
6. Stepanenko V. «Zaporozhe cherez 15 let» // «Energoberezhenie» №5 (127) – S. 9–11.
7. Tkachenko A.M., Musatova M.V. Ekonomichni aspekti vikoristannya infrachervongo opalennya na promislovomu pidpriemstvi // Visnik ekonomichnoyi nauki Ukraini, 2011/№1, S.151-153.
8. Dubovskiy S.V. Suchasniy stan, tehniko-ekonomichni peredumovi ta perspektivi rozvitku nizkotemperaturnogo zabezpechennya na osnovi teplovih nasosiv // Vidnovlyvalna energetika. – 2007. – № 4. – S. 6 – 32.
9. Korinchevska T.V., Snezhkin Yu.F Tehniko-ekonomichni pokazniki elektronagrivalnih teplovih akumulyatoriv // Naukovi pratsi, vipusk 45, T.3– S. 27–32.
10. Chi mozhna zamistiti gaz elektrikoyu [Elektronnyy resurs] / [http://gazeta.dt.ua/energy\\_market/chi-mozhna-zamistiti-gaz-elektrikoyu-.html](http://gazeta.dt.ua/energy_market/chi-mozhna-zamistiti-gaz-elektrikoyu-.html)
11. Yak elektrichne opalennya virishit «gazovi» problemi u Zhitomirskiy oblasti [Elektronnyy resurs] / [http://www.zhitomir.info/news\\_67959.html](http://www.zhitomir.info/news_67959.html)
12. S.F. Kovalov, M.S. Ovcharenko, A.A. Papchenko. Dosvid vikoristannya sistem opalennya na osnovi teplo generuyuchih agregativ // Vostochno-Evropeyskiy zhurnal peredovih tehnologiy ( 59 ) 2012. – S.58. – 60.

УДК 620.9: 658.29

Г.Б. ПАРАСКА д-р техн. наук, профессор, О.А. МИКОЛЮК канд. экон. наук, доцент  
Хмельницький національний університет

### ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ЭЛЕКТРИЧЕСКИХ СИСТЕМ ОТОПЛЕНИЯ

*В статье рассматриваются современные проблемы развития энергетической системы Украины. Осуществлен анализ топливно-энергетического баланса развитых стран. Проанализирована динамика отечественных тарифов на природный газ и электроэнергию. Определены факторы масштабного применения и приоритетность внедрения энергоэффективных мероприятий по ведению хозяйственной деятельности и потребления топливно-энергетических ресурсов в целом. Проанализированы проблемы теплоснабжения и предложено использование энергоэффективных систем отопления на основе потребления электрической энергии.*

**Ключевые слова:** энергоснабжение, энергосбережение, электроэнергия, тепловая энергия, тариф.

Надійшла 02.06.2015

Received 02.06.2015

УДК 504.064.36:658.26

РОЗЕН В.П.<sup>1</sup>, докт. техн. наук, проф. ДАВИДЕНКО Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Національний технічний університет України «Київський політехнічний інститут», Україна

<sup>2</sup> Луцький національний технічний університет, Україна

### ФОРМУВАННЯ МНОЖИНИ ХАРАКТЕРИСТИК ФАКТИЧНОГО РЕЖИМУ ВОДОСПОЖИВАННЯ В СИСТЕМАХ КОМУНАЛЬНОГО ВОДОПОСТАЧАННЯ

*Обговорюються питання аналізу фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання як початкового етапу планування енергоефективного режиму водоподачі. Метою дослідження є формування принципів комплексного аналізу добового водоспоживання та урахування впливу сезонних і кліматичних чинників. Для опису графіка добового водоспоживання сформовано сукупність характеристик, яка містить класичні та морфометричні показники. Для виявлення впливу кліматичних чинників запропоновано враховувати параметри, що характеризують погодні умови. Для виявлення сезонних особливостей дослідження добових графіків водоспоживання запропоновано здійснювати з урахуванням пори року та періодів добового циклу. Описані принципи комплексного аналізу графіка добового водоспоживання на основі бази даних добового водоспоживання, попередньо створеної в межах системи моніторингу режимів системи водопостачання, сприятимуть виявленню прихованих спільних рис у водоспоживанні.*

**Ключові слова:** добовий графік водоспоживання, показники нерівномірності, морфопараметри.

**Вступ.** В останні роки для великих промислових об'єктів вкрай актуальним є завдання мінімізації витрат електроенергії в процесі виробництва. До числа підприємств, для яких економія електроенергії є одним з найбільш важливих факторів виживання та розвитку, належать водопостачальні підприємства міст. У сучасних міських системах водопостачання витрати на подачу води (пов'язані з підтриманням робочого стану трубопроводів і оплати електроенергії) є головною складовою сумарних експлуатаційних витрат. У структурі собівартості чистої води, відпущеної споживачам, від 30 до 70 відсотків, залежно від регіону і величини населеного пункту, припадає на вартість електроенергії, що витрачається на перекачування води насосними станціями [1].

Питання підвищення енергоефективності функціонування систем комунального водопостачання (СКВ) на сьогодні є одним із пріоритетних напрямків розвитку науково-прикладних досліджень з енергоресурсозбереження в житлово-комунальному господарстві (ЖКГ). Одним з критеріїв оптимізації діяльності підприємства є зменшення витрати електроенергії в процесі виробництва. В якості основного шляху економії енергоресурсів в системах водопостачання пропонується зниження непродуктивних витрат і втрат води, шляхом заміни та модернізації застарілого обладнання, вдосконалення обліку, контролю, регулювання робочих параметрів роботи елементів системи водопостачання. Проте, задача підвищення енергоефективності систем водопостачання не може стосуватися вдосконалення лише конструкцій та режимів роботи окремих його елементів - вона повинна вирішуватись комплексно, з урахуванням усіх особливостей функціонування складових даної системи. Проблема підвищення ефективності СКВ базується на вирішенні таких задач [2]: розробка енергозберігаючих систем та алгоритмів управління, засобів підвищення енергетичної та технологічної керованості об'єктів системи, систем ідентифікації нестійких або аварійних режимів роботи, сервісних автоматизованих засобів підвищення керованості кавітаційними процесами та зниження динамічних навантажень тощо.

Сучасна система комунального водопостачання, що має складну, територіально розосереджену структуру, в процесі експлуатації піддається впливу багатьох факторів. Один з головних чинників, що визначають режим роботи водопровідних споруд, - це водоспоживання міста, яке є змінною величиною [3]. Оскільки процеси водоспоживання в мережі мають випадковий характер, то часто виникають такі ситуації, за яких режими роботи насосних станцій не є оптимальними.

Важливим фактором енергозбереження є своєчасна реконструкція об'єктів водопостачання на тлі змінених умов водоспоживання, а також прогнозування змін, які можуть виникнути в найближчому майбутньому [4]. Актуальним напрямком в реконструкції об'єктів підприємств комунального водопостачання є підвищення ефективності та економічності роботи міських систем водопостачання на основі розвитку інформаційних систем моніторингу та управління водопостачання міст, які є важливою складовою частиною загальної системи енергоменеджменту водопостачальних підприємств і дозволяють вивести роботу підприємств на якісно новий технологічний рівень [4]. Існує значна кількість технічних рішень, що базуються на застосуванні інформаційно-керуючих систем, логічних частотно-керованих приводів і систем моніторингу в області водопостачання та водовідведення. Оптимізація роботи насосного та водопровідного обладнання неможлива без створення сучасної інформаційно-аналітичної системи моніторингу та управління процесами водопостачання міста. Новітні методи та технології управління енергоефективністю СКВ передбачають: впровадження альтернативних методів регулювання технологічних параметрів насосних станцій, 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]. Незважаючи на велику кількість робіт у сфері підвищення ефективності функціонування систем комунального водопостачання, науковому аналізу фактичного режиму водоспоживання в міських водопроводах та планування водоподачі із застосуванням методів математичної статистики, а також розробці показників для опису нерівномірності графіка водоспоживання та параметрів частоти повторюваності і тривалості пікових витрат води (добових, годинних) приділяється недостатньо уваги. Разом з тим такі дослідження представляють інтерес для уточнення режимів водоподачі та оперативного управління режимами насосних станцій з метою підвищення енергоефективності систем водопостачання.

**Мета та завдання.** Формування принципів комплексного аналізу та опису характерних особливостей фактичного добового водоспоживання з урахуванням його нерівномірності протягом доби та впливу сезонних і кліматичних чинників для удосконалення процесу моніторингу енергоефективності режимів роботи системи комунального водопостачання.

**Матеріали та результати дослідження.** Забезпечення надійності та ефективності функціонування централізованих систем комунального водопостачання є головною вимогою, що висувається до міських інженерних систем, особливо в умовах переходу до ринкової економіки і реформи ЖКГ. Найбільш

важливими є завдання оперативного управління підсистемами водопостачання за фактом підтримки ефективних і оптимальних режимів, що дозволяють забезпечити економію електроенергії та води, а також задачі розпізнавання позаштатних режимів і аварійних ситуацій. Важливим елементом управління водопостачанням є встановлення оптимальних експлуатаційних режимів по кожному об'єкту системи комунального водопостачання. Цільовою функцією оптимізації технологічних режимів насосної станції є мінімізація її енергетичних витрат при забезпеченні безперебійної подачі води споживачу і за умови дотримання заданого напору в контрольних точках водопровідної мережі відповідно до реального режиму водоспоживання [5].

Витрату води з мережі визначають за сумарними ступінчастими графіками водоспоживання. Такі графіки мають декілька багатогодинних рівнів (режимів), навколо яких відбувається незначне коливання годинних витрат води. Для ефективного регулювання режимів роботи на кожній станції розробляється організаційне та технологічне забезпечення - режимні карти і типові графіки, які регламентують умови різних способів регулювання залежно від реальних режимів водоспоживання [5]. Один із способів отримання графіка характерних режимів полягає у сортуванні графіка водоспоживання з наступним його усередненням на кількох характерних інтервалах. Оптимальним значенням подачі води насосною станцією на заданому відрізку є усереднене на цьому відрізку водоспоживання. Отриманий графік з меншою кількістю ступенів є основою для багаторежимної оптимізації систем подачі та розподілу води, а процес оптимізації зводиться до вибору моментів часу переключення, де графік водоспоживання усереднюється на деякому періоді [6]. Підготовка детального погодинного плану подачі води визначає в кінцевому результаті оптимальні гідравлічні параметри роботи системи: тиску на колекторах насосних станцій другого і третього підйому, тиск в розподільній мережі, рівні в резервуарах питної води [3]. Тобто, режим подачі води в місто (і, відповідно, режими роботи насосних станцій 2-го підйому, на які припадає лівова частка обсягів перекачування) безпосередньо визначається поточною потребою у величині водорозбору. Від точності прогнозу добового і погодинного водоспоживання залежатиме ефективність режиму роботи насосних станцій і регулюючих вузлів, гідравлічні параметри розподільчої мережі міста [3]. Прогнози водоспоживання можуть бути використані як для виявлення днів і годин максимального (мінімального) водоспоживання, так і для вироблення енергозберігаючої технології оперативного управління режимами насосних станцій. Отже, наявним є безпосередній зв'язок завдання планування витрат електроенергії із завданням добового і годинного прогнозування міського водоспоживання [1]. Визначення ефективної витрати електроенергії, необхідної для функціонування системи 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, програми телепередач, тощо [3]. Коефіцієнти нерівномірності водоспоживання визначаються шляхом осереднення, виходячи з досвіду роботи різних міських водопроводів. Цей досвід узагальнюється і створюються нормативні коефіцієнти нерівномірності водоспоживання. В реальних умовах водоспоживання населених пунктів по сезонах і місяцях відхиляється від середнього. Протягом доби споживання води також нерівномірне. У нічний час споживання води менше, ніж в денний; у передсвяткові та передвихідні дні витрата більша, ніж у інші дні тижня. Отже, існує нерівномірність добового і годинного водоспоживання. Споживання води населенням протягом року також нерівномірне. Це пов'язано зі зміною укладу життя населення; сезонним відключенням опалення, гарячого водопостачання, а також зміною температури зовнішнього повітря. Дослідження [3] також підтверджують вплив аномальних температур зовнішнього повітря на подачу води в місто.

Сезонні коливання, зазвичай, не перевищують 15 ... 20% [3]. У той же час добові коливання значні, так як більше 70% води споживається в день. Якщо навіть припустити, що обсяг річного водоспоживання міста встановлений досить точно (відповідно до фактичних потреб жителів), то зміни витрати води в межах року і особливо в межах доби складно передбачити достатньо точно.

Тому, актуальним завданням є розробка підходів та методів, які б дозволяли враховувати випадковий характер водоспоживання, виявити вплив на нерівномірність водоспоживання соціальних, кліматичних та сезонних чинників та на його основі здійснювати оптимальне планування водоподачі та витрат електроенергії водопровідними станціями як складової системи моніторингу ефективності енерговикористання в системі комунального водоспоживання.

Впровадження системи моніторингу забезпечує можливість створення великих баз даних, що містять інформацію про режими роботи об'єктів системи комунального водопостачання, використання методів інтелектуального аналізу даних для вивчення постійно зростаючих обсягів інформації та виявлення прихованих закономірностей, що визначають формування технологічних режимів елементів системи

водопостачання. Залежності з невеликою кількістю вхідних і вихідних змінних отримують шляхом обробки великих обсягів даних моніторингу режимів роботи систем водопостачання [4].

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 типових графіків водоспоживання. Останні мають стати основою для 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 добового графіка водоспоживання слід враховувати основні параметри: середнє водоспоживання, максимальне (мінімальне) водоспоживання протягом доби, час, який відповідає максимальному (мінімальному) водоспоживанню; а також додаткові параметри: дисперсія та середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення та коефіцієнт нерівномірності графіка водоспоживання, які вважаються класичними показниками нерівномірності добових графіків

Середнє значення добового водоспоживання:

$$Q_c = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n q_i, \quad (1)$$

де  $n$  – кількість точок фіксації значень водоспоживання;  $q_i$  – значення водоспоживання в момент фіксації часу  $i \in [1, n]$ .

Дисперсія ГВС та середньоквадратичне відхилення:

$$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (q_i - Q_c)^2; \quad (2)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2}. \quad (3)$$

Коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення, коефіцієнт нерівномірності ГВС:

$$K_\phi = \frac{Q_{ck}}{Q_c}; \quad K_M = \frac{Q_{max}}{Q_c}; \quad K_\phi = \frac{Q_c}{Q_{max}}; \quad K_H = \frac{Q_{min}}{Q_{max}}, \quad (4)$$

де  $Q_{max}$  - максимальне значення добового водоспоживання;  $Q_{min}$  - мінімальне значення добового водоспоживання;  $Q_{ck}$  - середньоквадратичне значення водоспоживання:

$$Q_{ck} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n q_i^2}{n}}. \quad (5)$$

Добовий ГВС повністю відображає процес водоспоживання в часі і всі інші показники є похідними від нього. Природа графіка водоспоживання дозволяє представити його у вигляді кругової часової діаграми – 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, що споживається в даний момент часу. Морфометрія є інструментом аналізу фігур різної форми. Використання морфометричного опису дозволяє отримати різнобічну детальну оцінку ГВС та його нерівномірності [7]. 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).

Опишемо морфопараметри, використання яких є доцільним для аналізу нерівномірності графіка водоспоживання [7].

Периметр ДРТ (Perimetr):

$$P = \sum_{i=1}^{24} d_i = \sqrt{(x_{24} - x_1)^2 + (y_{24} - y_1)^2} + \sum_{i=1}^{23} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}. \quad (6)$$

де  $x_i, y_i$  - координати вершини багатокутника, що відповідає водоспоживанню в  $i$ -ту годину доби.

Площа ДРТ (Area):

$$S = \frac{1}{2} \left| \sum_{i=1}^{23} (x_i + x_{i+1})(y_i - y_{i+1}) \right|. \quad (7)$$

Координати центра ваги ДРТ (Weight Center):

$$\begin{cases} x_y = \frac{\sum_{i=2}^{24} \left( \frac{x_i - x_{i-1}}{2 \cdot (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)} \right)}{1,5 \cdot \sum_{i=1}^{24} (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)}; \\ y_y = \frac{\sum_{i=2}^{24} \left( \frac{y_i - y_{i-1}}{2 \cdot (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)} \right)}{1,5 \cdot \sum_{i=1}^{24} (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)}. \end{cases} \quad (8)$$

Зміщення центра ваги ДРТ  $x_y, y_y$  відносно центра координат  $x_0, y_0$ :

$$d = \sqrt{(x_0 - x_y)^2 + (y_0 - y_y)^2}. \quad (9)$$

Округлість (Circularity):

$$M_1 = \frac{R_{\min}}{R_{\max}}, \quad (10)$$

де  $R_{\min}$  – радіус вписаного кола ДРТ;  $R_{\max}$  – радіус описаного кола ДРТ. Центри кіл співпадають з центром ваги ДРТ.

Компактність (стисненість, нерозрихленість) (Compactness):

$$M_2 = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2}. \quad (11)$$

Видовження (Elongation):

$$M_3 = \frac{L_2}{L_1}. \quad (12)$$

де  $L_1$  - довжина головної осі видовження діаграми - найдовшої осі, що проходить через центр ваги ДРТ;  $L_2$  - довжина додаткової осі видовження діаграми - перпендикуляра до головної осі.

Випуклість (Convexity):

$$M_4 = \frac{S_e}{S}. \quad (13)$$

де  $S_e$  - площа випуклого корпусу, описаного навколо ДРТ.

Зміщення координат центра ваги  $x_c, y_c$  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 добову 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 графіка водоспоживання, тому більш точно описує характер нерівномірності. Морфопараметри округлість, компактність, видовження та випуклість використовують для аналізу нерівномірності ГВС [7]. Якщо вони прямують до нуля, то нерівномірність добового графіка водоспоживання є значною. З наближенням їх значень до одиниці графік є рівномірним.

Для виявлення 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 та тривалість опадів протягом доби.

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 всіх його параметрів необхідно здійснювати також окремо для нічного та денного періоду доби.

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, сезонності та періодів добового циклу. При цьому об'єкти середовища моделюються за допомогою класів – моделей з об'єднаними характеристиками, властивостями і правилами існування. Архітектуру комплексної оцінки добового графіка водоспоживання наведено на рис. 1.

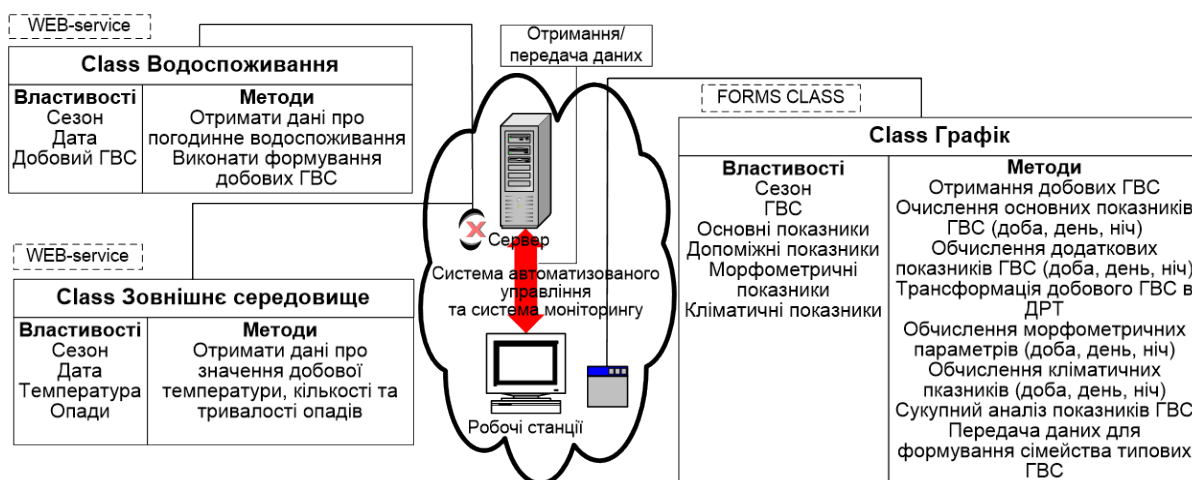


Рисунок 1 Архітектура комплексного аналізу показників добового графіка водоспоживання

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 відображатимуть специфіку водоспоживання в передвхідний, вихідний, передсвятковий, святковий та робочий дні, а кліматичні показники дозволятимуть врахувати вплив зовнішнього середовища.

**Висновки.** Характеристика особливостей фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання повинна базуватись на виявленні прихованих закономірностей та спільних рис у графіках добового водоспоживання, які повністю відображають процес водоспоживання в часі і є основним режимним показником процесу водопостачання. Опис графіка водоспоживання доцільно здійснювати з урахуванням сукупності показників, які відображають нерівномірність процесу водоспоживання протягом доби і містять класичні та морфометричні параметри нерівномірності графіка. Внесення до розгляду характеристик, що описують зовнішнє середовище, а також врахування пори року та періоду доби сприятиме виявленню впливу на характер водоспоживання, сезонних, кліматичних та соціальних чинників. Сукупний аналіз характеристик добового використання води в системах комунального водопостачання з урахуванням нерівномірності графіка водоспоживання, кліматичних показників, сезону та періодів добового циклу дозволяє отримати важливу інформацію щодо особливостей водоспоживання, яка є основою для планування ефективних режимів водоподачі та забезпечення енергоефективної роботи всієї системи та її структурних елементів.

#### Список літератури

1. Ексаев А.Р. Долгосрочное планирование расхода электроэнергии на основе прогноза водопотребления города [Електронний ресурс] / А.Р. Ексаев, В.М. Задачин // ЖКХ. – 2005. - Режим доступу: <http://www.citycom.ru/publications/aug-2005.php>
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. 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.
5. Романчук С. М. Алгоритмы управления технологическими режимами водоснабжения городов [Текст] // Вісник Донецького національного університету. Сер. А: Природничі науки. – 2014. – № 1. С. 103-110.
6. Карамбиров С.Н. Многорежимная оптимизация систем подачи и распределения воды [Електронний ресурс] / С.Н. Карамбиров // Проблемы научного обеспечения развития эколого-экономического потенциала России (сборник научных трудов Всероссийской научно-технической конференции 15-19 марта 2004 г.). – Москва, 2004. - С.70-73. - Режим доступу: <http://ieek.timacad.ru/science/ht/10/2004/sb-04.htm>
7. Коменда Т.І. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання: монографія [Текст] / Т.І. Коменда, Н.В. Коменда. – Луцьк, Луцький НТУ, 2012. – 112 с.

ROZEN V.P.,<sup>1</sup> DAVYDENKO N.V.<sup>2</sup>

<sup>1</sup> National Technical University of Ukraine "Kyiv Polytechnical Institute"

<sup>2</sup> Lutsk National Technical University

#### FORMING PLURAL OF CHARACTERISTICS OF THE REAL REGIME OF WATER CONSUMPTION IN MUNICIPAL WATER SUPPLY SYSTEMS

*The issues of analysis of factual water consumption regime in municipal water supply systems as the initial stage planning of energy-effective mode of water supply are discussed in the article. The aim of the investigation is forming principles of complex analysis of diurnal water consumption and the consideration of impact of seasonal and climatic factors. Herewith, previous creation of diurnal water consumption database is assumed within the monitoring system of operation modes of municipal water supply system. A major indicator of regime is selected diurnal water consumption graph.*

*The totality of characteristics, which contains the basic parameters of diurnal water consumption, as well as classical and morphometric indicators of irregularity graph, is formed to describe the graph of diurnal water consumption. To identify the influence of climatic factors was proposed to consider parameters characterizing weather conditions. To identify the seasonal features was suggested to make the investigation of diurnal graphs of water consumption with the consideration of seasons and periods of diurnal cycle.*

*Described principles of complex analysis of graph of diurnal water consumption will promote detection hidden common features in the water consumption. This will allow to perform construction the family of typical graphs water consumption.*

**Keywords:** diurnal water consumption graph, indicators of irregularity, morfoparametrics.

1. Yeksaiev A.R. Long-term planning of power expense based on forecast water consumption of the city / Zhytlovo-Komunalne Khospodarstvo, 2005.
2. Romanenko S.S. Innovative approaches in the tasks of increasing the efficiency of hydrotransport complexes / Problemy energoresursozberezhennia v elektrotehnichnyh systemakh. Nauka, osvita i practyca, 2011, no 1/2011 (1), pp. 108-109.
3. Shushkevich Ye. V. Effective management of water delivery and water distribution system Moscow megacity / Vodospabzhenie i sanitarnaia tekhnika, 2011, no 1, pp. 24-30.
4. Romanchuk S.M. Monitoring and data analysis in the process of Donetsk water supply management / Systemnyi analiz u naukakh pro pryrodu ta suspilstvo, 2011, Vypusk 1, pp. 133-143.
5. Romanchuk S.M. Control algorithms of urban water supply mode / Visnyk Donetskooho natsionalnoho universytetu. Ser. A: Pryrodnychi nauky, 2014, no. 1. pp. 103-110.
6. Karambirov S.N. Multi-regime optimization of water delivery and water distribution systems / Problemy nauchnogo obespecheniya razvitiya ekologo-ekonomicheskogo potentsiala Rosii. – Mosckow, 2004, pp. 70-73.
7. Komenda T.I. (2012) Morphometric methods and models evaluating and decreasing irregularity loads of power supply systems: monograph, Lutckyi NTU, Lutck, Ukraina.

УДК 504.064.36:658.26

РОЗЕН В.П.<sup>1</sup>, докт.техн.наук, проф., ДАВЫДЕНКО Н.В.<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Национальный технический университет Украины «Киевский политехнический институт»

<sup>2</sup>Луцкий национальный технический университет

### ФОРМИРОВАНИЕ МНОЖЕСТВА ХАРАКТЕРИСТИК ФАКТИЧЕСКОГО РЕЖИМА ВОДОПОТРЕБЛЕНИЯ В СИСТЕМАХ КОММУНАЛЬНОГО ВОДОСНАБЖЕНИЯ

*Обсуждаются вопросы анализа фактического режима водопотребления в системах коммунального водоснабжения как начального этапа планирования энергоэффективного режима водоподачи. Целью исследования является формирование принципов комплексного анализа суточного водопотребления и учета влияния сезонных и климатических факторов. Для описания графика суточного водопотребления сформировано множество характеристик, которое содержит классические и морфометрические показатели. Для выявления влияния климатических факторов предложено учитывать параметры, характеризующие погодные условия. Для выявления сезонных особенностей исследование суточных графиков водопотребления предложено осуществлять с учетом времени года и периодов суточного цикла. Описанные принципы комплексного анализа графика суточного водопотребления на основе базы данных суточного водопотребления, предварительно созданной в рамках системы мониторинга режимов водоснабжения, способствуют выявлению скрытых общих особенностей в водопотреблении.*

**Ключевые слова:** суточный график водопотребления, показатели неравномерности, морфопараметры.

Надійшла 01.06.2015

Received 01.06.2015

УДК 621.1.016.7(075.8) К—64 536.7(075.8)

КОНСТАНТИНОВ С. М. канд. техн. наук, професор

Національний технічний університет «Київський політехнічний інститут»

### МЕХАНІЗМ ОТРИМАННЯ РОБОТИ В ТЕРМОДИНАМІЧНІЙ СИСТЕМІ

*Однією з важливих задач технічної термодинаміки є визначення характеру перетворення енергії всередині робочого тіла під час виконання ним роботи. Це важко зробити, коли невідома структура енергії робочого тіла, немає чітко визначеного фізичного змісту ентропії, невідомо джерело ентропії і його потужність. Щоб дати відповіді на ці і низку інших запитань, необхідно знайти структуру енергії робочого тіла, провести аналіз змін, які мають місце у цій структурі за різних умов проходження термодинамічних процесів.*

**Ключові слова:** робоче тіло, вільна енергія, перетворення, зв'язана енергія та робота.