

Давиденко Н. В., асистент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

ВИЯВЛЕННЯ ВПЛИВУ ЧИННИКІВ ЗОВНІШНЬОГО СЕРЕДОВИЩА НА ХАРАКТЕР ВИТРАТИ ВОДИ З МЕРЕЖІ ВОДОПОСТАЧАННЯ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛІЗУ

Запропоновано принципи виявлення та формалізації впливу сезонних і соціальних чинників на витрату води з мережі водопостачання як характеристики водоспоживання. Виконано пошук подібності у добових графіках витрати води за допомогою кластерного аналізу. Сформовано набори класифікаційних ознак, які містять класичні та морфометричні показники нерівномірності добового графіка витрати води. Побудовані кластери містять сімейства подібних графіків та відображають вплив сезонів року і зміни ритму життя населення в робочий та вихідний дні. Отримані результати є основою для планування енергоефективного режиму водоподачі залежно від сезону року і дня тижня.

Ключові слова: система комунального водопостачання, графік витрати води, моніторинг, ієрархічний кластерний аналіз.

Вступ. Проблема підвищення енергоефективності систем комунального водопостачання (СКВ) є одним із пріоритетних напрямків науково-прикладних досліджень, вирішення якої в сучасних умовах функціонування СКВ та з урахуванням вимог щодо енергоефективності потребує урахування зміни умов функціонування її складових, зумовлених впливом чинників зовнішнього середовища.

Аналіз останніх досліджень. Серед підсистем, що приймають участь у формуванні енергоефективності СКВ, найбільш значимою є підсистема насосних станцій (НС). Ефективність роботи насосного обладнання суттєво залежить від режимів водоспоживання [1]. Основним принципом організації ефективного режиму водопостачання має бути такий: водоподача повинна максимально відповідати водоспоживанню, тобто потребі споживачів у воді. Але водоспоживання – випадковий процес. На характер водоспоживання впливає низка факторів – сезони, температура зовнішнього повітря, державні та релігійні свята тощо [2], тобто кліматичні та соціальні чинники, які потрібно враховувати під час планування водоподачі, що зумовлює

певні складності. Тому актуальним завданням є розробка підходів, які б дозволяли врахувати мінливий характер водоспоживання, виявити вплив зовнішніх чинників [3] та на його основі здійснювати оптимальне планування водоподачі та витрат електроенергії НС.

Постановка завдання. Метою роботи є розробка принципів виявлення та формалізації впливу сезонів року і зміни ритму життя населення в робочий та вихідний (святковий) дні на характер витрати води з мережі водопостачання як характеристики водоспоживання, шляхом пошуку подібності добових графіків витрати витрати води (ГВВ) та виявити приховані закономірності.

Виклад основного матеріалу. Головною вимогою, що висувається до міських інженерних систем, є забезпечення надійності та ефективності функціонування централізованих СКВ. Сучасним напрямком підвищення ефективності та економічності роботи міських СКВ є розвиток інформаційних систем моніторингу об'єктів водопостачання [4]. Це забезпечує можливість створення баз даних, що містять інформацію про параметри технологічного режиму, електроспоживання та зовнішні чинники. Також з'являється можливість використання методів інтелектуального аналізу даних для вивчення отриманої інформації та виявлення прихованих закономірностей [3].

Один із підходів до формування графіка водоподачі для багаторежимної оптимізації режиму роботи НС є створення бази даних добової витрати води з мережі водопостачання в межах системи моніторингу режимів СКВ. На її основі можливе здійснення аналізу особливостей фактичного режиму водоспоживання шляхом виявлення прихованих закономірностей у добових ГВВ, які відображають процес водоспоживання в часі і є основним режимним показником процесу водопостачання [1]. Задача може бути розв'язана шляхом дослідження основних параметрів ГВВ та формування класів подібних ГВВ, з використанням теорії розпізнавання образів, згідно якої вимірюваному процесу ставиться у відповідність мінімальний набір ознак. Об'єкти – добові ГВВ. Ознаки – параметри ГВВ [1]. Кластер – група подібних ГВВ. Нехай задано множину n об'єктів:

$$X^{(n)} = \{X_1, X_2, \dots, X_n\}, \quad (1)$$

яку будемо вважати вибіркою з деякою генеральної сукупності.

Кожен об'єкт X_i з даної множини $X^{(n)}$ задано у вигляді m -вимірного вектора значень властивостей-ознак:

$$X_i = (x_{i1}, x_{i2}, \dots, x_{im}), \quad i = 1, 2, \dots, n, \quad m \geq 1, \quad (2)$$

де x_{ij} – значення j -ої ознаки i -го об'єкта.

Вважаємо, що всі t характеристик є значимими для опису

об'єкту X_i ; а *a priori* припускаємо: кожен з t показників має однакову вагу. Необхідно розділити множину $X^{(n)}$ на k класів ($k < n$), що складаються з елементів з подібними властивостями [5]

$$X^{(n)} = \bigcup_{i=1}^k \omega_f, \quad \omega_f \cap \omega_s = \emptyset, \quad f, s \in \{1, 2, \dots, k\}, \quad (3)$$

щоб кожен з об'єктів X_i належав лише одному кластеру. Причому об'єкти, які належать до одного кластера, були б подібними, а об'єкти, які належать до різних кластерів, – відмінними між собою, а саме розбиття задовольняло певні критерії оптимальності. Кластери повинні бути диференційованими відповідно до сезонів року і відображати специфіку водоспоживання в робочий та вихідний і дні.

Зважаючи на відсутність інформації щодо можливих класів на початковому етапі доцільним є використання процедур автоматичної класифікації, зокрема кластерного аналізу (КА), який дозволяє розглядати великий об'єм даних і будувати обґрунтовані класифікації, виявляючи внутрішні зв'язки між одиницями спостереженої сукупності, виявити раніше невідомі закономірності і представити їх у зручній формі. КА не потребує апріорних припущень про набір даних, не накладає обмежень на вид об'єктів класифікації. Класифікація будувється у багатовимірному ознаковому просторі шляхом багатокрокового об'єднання об'єктів в кластери з урахуванням принципу найбільшої подібності в групах і найбільшої різниці між групами [6].

Вихідною інформацією є параметри добового ГВВ, які утворюють матрицю спостережень, кожен рядок якої містить значення t ознак одного з n об'єктів:

$$X_{[n,m]} = \left\| x_{ij} \right\|_n^m, \quad (4)$$

де x_{ij} – значення j -ї ознаки ($j = 1, \dots, t$) для i -го об'єкта ($i = 1, \dots, n$);

Оскільки одночасне врахування великої кількості різних класифікаційних ознак, якими описується ГВВ [1], ускладнює інтерпретацію отриманих результатів, то виявлення прихованих закономірностей у добових ГВВ виконано у два етапи: 1 етап – виявлення впливу сезонності; 2 етап – виявлення впливу соціальних чинників. Аналіз річного графіка добової витрати води з мережі вказує на коливання об'ємів подачі води залежно від сезону. Тому для опису ГВВ з метою виявлення впливу сезонності доцільним є його характеристика за об'ємами водоподачі, а також класичних показників нерівномірності витрати води з мережі [1]: x_1 – об'єм добової витрати води з мережі; x_2 – максимальне значення добової витрати води; x_3 – мінімальне значення добової витрати води; x_4 – сумарна подача протя-

гом денних годин доби; x_5 – мінімальне значення витрати води протягом денних годин доби; x_6 – середньодобове значення витрати води з мережі; x_7 – середнє значення витрати води протягом денних годин; x_8 – дисперсія; x_9 – дисперсія за день. Добові ГВВ характеризуються значною нерівномірністю та відмінністю для різних днів тижня. Тому для виявлення подібності у добових графіках важливим є врахування саме їх форми та доцільне використання морфометричних показників [1]: x_1 – периметр ДРТ; x_2 – площа ДРТ; x_3 – R_{\min} ; x_4 – R_{\max} ; x_5 – округлість; x_6 – компактність; x_7 – видовження; x_8 – головна вісь видовження; x_9 – додаткова вісь видовження; x_{10} – кут видовження; x_{11} – випуклість; x_{12} – периметр випуклості; x_{13} – площа випуклості; x_{14} – компактність випуклості; x_{15} – зміщення координат центра ваги.

Оскільки показники, які характеризують ГВВ, відображають різні властивості об'єктів, змінюються у різних діапазонах і є неспівставними, то необхідною є стандартизація початкових даних [7], заснована на нормалізації змінних до одиничної дисперсії і нульового середнього. В результаті формується матриця стандартизованих даних, де кожен об'єкт класифікації інтерпретується як точка P_i в стандартизованому t -вимірному векторному просторі, координатами якої є безрозмірні величини z_{ij} ($i = 1, \dots, n, j = 1, \dots, t$), $z_{ij} \in (0,1)$ [7]:

$$Z_{[n,m]} = \left\| z_{ij} \right\|_n^m. \quad (5)$$

Важливою умовою достовірності результатів є «ортогональність» даних, тобто між показниками не повинно бути високих значень кореляції. Формально простір ознак є t -вимірним. Але в зв'язку з кореляцією між ознаками він повинен бути перетвореним в простір меншої розмірності, який містить лише інформативні ознаки. Для цього необхідно виконати дослідження вихідних факторів на тісноту зв'язку та позбавитись мультиколінерності. Властивості простору класифікаційних ознак з достатньою точністю описуються [8] матрицею коефіцієнтів кореляцій (матрицею парних кореляцій r_{ij})

$$R_{[m]} = \left\| r_{ij} \right\|_m^m. \quad (6)$$

На основі вихідних даних про об'єми витрати води з мережі водопостачання, було побудовано добові ГВВ, розраховано їх параметри та сформовано матрицю спостережень, до якої застосовано процедуру стандартизації, та виконано розрахунок коефіцієнтів кореляції між ознаками. Розрахунки проводились з використанням пакету прикладних програм статистичної обробки інформації Statistica 6.0. (StatSoft, Inc., 2001). Попередньо оцінено типовість та однорідність

даних для кожної з класифікаційних ознак. Вихідні дані вважають однорідними, якщо варіація факторної ознаки V_{xi} не перевищує 33% [9]. Результати розрахунку (табл. 1) підтвердили однорідність вихідних даних.

Таблиця 1

Варіація факторних ознак															
Виявлення впливу сезонності															
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉						
V_x	7,9	10,8	27,4	8,5	14,8	7,9	8,5	12,4	30,1						
Виявлення впливу соціальних чинників															
	X ₁	X ₂	X ₃	X ₄	X ₅	X ₆	X ₇	X ₈	X ₉	X ₁₀	X ₁₁	X ₁₂	X ₁₃	X ₁₄	X ₁₅
V_x	6,5	14,8	19,3	6,6	20,2	9,7	20,1	6,2	19,3	19,2	4,1	6,5	14,2	3,9	4,06

Відбір інформативних класифікаційних ознак виконувався шляхом послідовного виключення з вихідної сукупності взаємозалежних ознак. Для якісної оцінки тісноти зв'язку між ознаками використано шкалу Чеддока [7]. Коефіцієнт кореляції обчислюється на основі вибірових даних, тому для встановлення дійсного зв'язку між ознаками та виявлення мультиколінеарності виконано перевірку значущості коефіцієнтів кореляції за допомогою таблиць Фішера-Лейтса [10]. Якщо обчислений коефіцієнт кореляції більший критичного значення ($r_{ij} > r_{кр(\alpha, v)}$, де $r_{кр(\alpha, v)}$ – табличне значення статистики для заданого рівня значимості α і v ступенів вільності: $v=n-2$; $r_{кр(\alpha, v)}=0,295$), то з вірогідністю $p=1-\alpha$ можна стверджувати, що вибіровий парний коефіцієнт кореляції є значимим. Інакше, дійсні значення коефіцієнтів кореляції істотно не відрізняються від нуля. Рівень значимості α , під яким розуміють імовірність відкидання правильної гіпотези, прийнято рівним 0,05. Під час використання кореляційного аналізу для визначення інформативних ознак можливою є поява помилкової кореляції. Тому для остаточного формування наборів інформативних ознак необхідним є логічний аналіз взаємозв'язків, на основі якого прийнято остаточне рішення про формування набору інформативних класифікаційних ознак (табл. 2). Результати розрахунків свідчать: відібрані класифікаційні ознаки достатньо слабо корелюють між собою.

Коефіцієнти кореляції інформативних ознак

Виявлення впливу сезонності						Виявлення впливу соціальних чинників							
r_{ij}	x_1	x_2	x_3	x_5	x_9	r_{ij}	x_2	x_5	x_6	x_7	x_{10}	x_{11}	x_{15}
x_1	1,00	0,26	0,12	0,45	0,14	x_2	1,00	0,2	0,29	0,29	-0,02	0,37	0,14
x_2	0,26	1,00	-0,00	0,15	0,50	x_5	0,20	1,00	0,22	0,35	-0,10	0,22	0,02
x_3	0,12	-0,00	1,00	-0,04	0,07	x_6	0,29	0,22	1,00	0,08	0,10	0,50	0,15
x_5	0,45	0,15	-0,04	1,00	-0,50	x_7	0,29	0,35	0,08	1,00	-0,28	0,00	-0,03
x_9	0,14	0,50	0,07	-0,50	1,00	x_{10}	-0,02	-0,10	0,10	-0,28	1,00	0,11	-0,04
						x_{11}	0,37	0,22	0,50	0,00	0,11	1,00	0,08
						x_{15}	0,14	0,02	0,12	-0,03	-0,04	0,08	1,00

Для виконання КА вибрано ієрархічний агломеративний метод, який дозволяє будувати дерево класифікації n об'єктів шляхом ієрархічного об'єднання їх у кластери дедалі більш високої схожості на основі заданого критерію [6]. Результатом процедури є побудова дендрограми, яка відображає структуру зв'язків між об'єктами. Вибір кількості кластерів базується на аналізі дендрограми та результатах попередніх досліджень, теоретичних міркуваннях або інтуїції.

Важливим моментом у КА, від якого залежить варіант групування, є вибір критерію оптимальності (міри близькості) та стратегії об'єднання (визначення відстані між кластерами). Зазвичай, в якості критерію оптимальності використовують: відстань Махаланобіса, евклідова відстань, зважена евклідова відстань, хеммінгова відстань [6]. Найбільш поширеними алгоритмами класифікації (стратегіями об'єднання) є: відстань «найближчого сусіда» (одиничний зв'язок), відстань «дальнього сусіда» (повний зв'язок), незважене та зважене попарне середнє (середній зв'язок), незважений та зважений центроїдний методи, метод Варда [6]. Різні методи мають різні підходи до створення кластерів, тому результати застосування їх до одних і тих же даних різнитимуться. Для остаточного вибору методу необхідне змістовне тлумачення отриманих результатів. На основі проведеного аналізу різних метрик і стратегій та виходячи із змістовності інтерпретації результатів, як міру схожості вибрано евклідову відстань, а як стратегію об'єднання кластерів – повного зв'язку.

Із застосуванням модулю «Cluster Analysis» пакету ПП Statistica 6.0 проведено ієрархічну агломеративну процедуру класифікації. Результатом класифікаційної процедури є вертикальна дендрограма (рис. 1), візуальний аналіз якої дозволяє визначити кількість кластерів, на які можна розбити дані, та здійснити їх інтерпретацію.

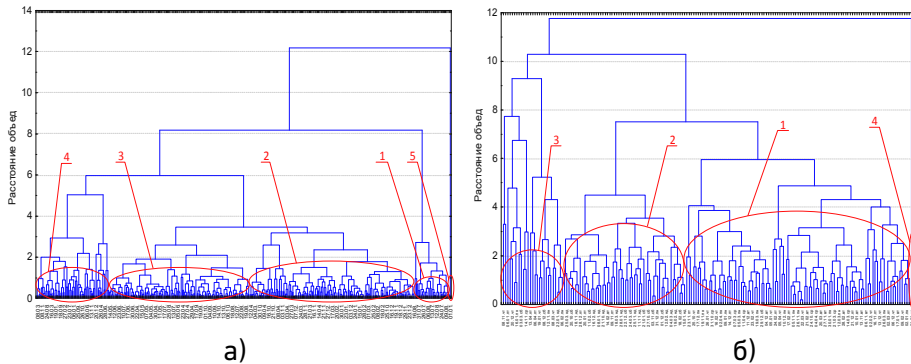


Рис. 1. Дендограма добових ГВВ для виявлення впливу:
а) сезонності; б) соціальних чинників (для сезону «зима»)

Для виявлення впливу сезонності (рис. 1, а) кількість кластерів можна прийняти рівним п'ять: 1 – «літо» – ГВВ, що відповідають періоду профілактичних робіт у системі гарячого водо- та теплопостачання; 2 – «зима» – ГВВ, більшість яких співпадає з періодом опалювального сезону; 3 – «весна-літо-осінь» – ГВВ, що відповідають весняно-літньо-осінньому періоду; 4 – «нерегулярні дні» – ГВВ різних місяців та сезонів; 5 – ГВВ, що відповідає 01 січня. Для демонстрації результатів для другого етапу було вибрано діапазон значень добових ГВВ 2 класу, які відповідають сезону «зима». Аналіз отриманої в результаті розбиття дендограми (рис. 2, б) дозволяє стверджувати про наявність впливу на характер витрати води з мережі соціального фактору, зумовленого зміною ритму життя населення у вихідні та святкові дні. Кількість кластерів для виявлення впливу соціальних чинників можна прийняти рівним чотири: 1 – «робочі дні» – ГВВ, що відповідають робочим дням; 2 – «вихідні дні» – ГВВ, що відповідають вихідним та святковим дням; 3 – «нерегулярні дні» – ГВВ днів різного типу; 4 – ГВВ, що відповідає 01 січня. Як на першому етапі класифікації, так і на другому ГВВ, що відповідає першому січня виділено окремим класом, що лише підтверджує вплив соціальних чинників на характер ГВВ.

Графік покрокової зміни міжкластерної відстані (рис. 2) представляє собою плоску лінію такого збільшення від першого кроку до декількох передостанніх кроків з різким вертикальним підйомом цього графіка на останніх кроках кластеризації. Функція відстані має властивість монотонності: при кожному злитті відстань між кластерами збільшується та немає перетинів на дендрограмі.

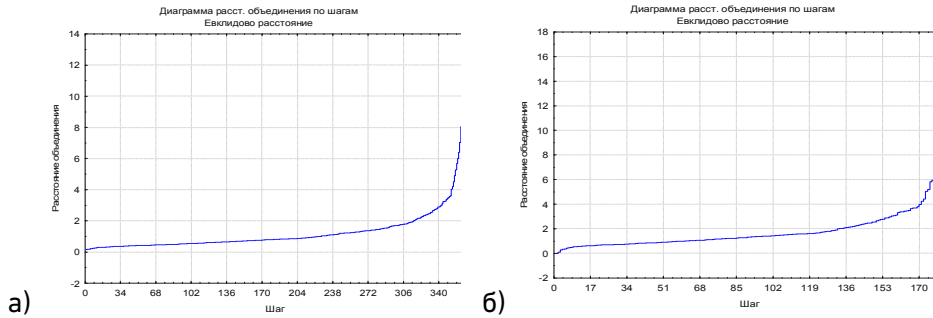


Рис. 2. Графік покрокової зміни міжкластерної відстані для виявлення впливу: а) сезонності; б) соціальних чинників

Таким чином, використання КА дозволило виявити приховані закономірності та виділити групи однотипних ГВВ за рівнем впливу зовнішніх чинників, зокрема, сезону та типу дня. Урахування виявлених закономірностей є основою для планування ефективних режимів водоподачі з урахуванням зміни фактичних умов функціонування об'єктів водопостачання.

Висновок. Аналіз параметрів добових ГВВ з урахуванням пори року та періодів добового циклу створює передумови для пошуку прихованих закономірностей, які відобразатимуть вплив чинників зовнішнього середовища (сезонних та соціальних) на специфіку витрати води з мережі, а отже режим водоподачі. Використання КА забезпечило виявлення подібності добових ГВВ залежно від сезону та дня тижня. Його результати дозволяють стверджувати: має місце тенденція об'єднання в один кластер добових ГВВ, характерних для певної пори року, що підтверджує вплив сезонності на характер витрати води з мережі, а також добових ГВВ, характерних для робочого та вихідного дня, що підтверджує вплив соціальних чинників. Організація системи моніторингу на постійній основі сприятиме уточненню показників добових ГВВ та їх класифікації.

1. Розен В. П., Давиденко Н. В. Формування множини характеристик фактичного режиму водоспоживання в системах комунального водопостачання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2015. № 3 (41). С. 85–92. 2. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. № 1. С. 24–30. 3. Давиденко Н. В. Формалізація урахування чинників впливу на ефективність режиму електроспоживання в системі комунального водопостачання. *Вісн. ХНТУСГ ім. П. Василенка. Технічні науки. Проблеми енергозабезпечення та енергозбереження в АПК України*. 2016. Вип. 175. С. 69–70. 4. Романчук С. М. Мониторинг и анализ данных в процессе управления водоснабжением города Донецка. *Системний аналіз у науках про природу та суспільство*. 2011. Вип. 1. С. 133–143. 5. Загоруйко Н. Г., Елкина В. Н., Лбов Г. С.

Методы обнаружения эмпирических закономерностей. Новосибирск : Наука СО, 1985. 225 с. **6.** Ким Дж., Мьюллер Ч. У., Клекка У. Р. Факторный, дискриминантный и кластерный анализ. Москва : Финансы и статистика, 1989. 215 с. **7.** Сошникова Л. А., Тамашевич В. Н., Уебе Т., Шеффер М. Многомерный статистический анализ в экономике. Москва : ЮНИТИ-ДАНА, 1999. 598 с. **8.** Тихонов Э. Е. Методы прогнозирования в условиях рынка. Невинномысск, 2006. 260 с. **9.** Статистика : підручник / за ред. А. В. Головач, А. М. Єріна, О. В. Козирев та ін. Київ : Вища шк., 1993. 623 с. **10.** Мхитарян В. С., Архипова М. Ю., Сиротин В. П. Эконометрика. Москва : Изд. центр ЕАОИ, 2008. 144 с.

REFERENCES:

1. Rozen V. P., Davydenko N. V. Formuvannia mnozhyny kharakterystyk faktychnoho rezhymu vodospozhyvannia v systemakh komunalnoho vodopostachannia. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2015. № 3 (41). S. 85–92. **2.** Shushkevich E. V. Effektivnoe upravlenie sistemoi podachi i raspredeleniia vody Moskovskoho mehapolisa. *Vodosnabzhenie i sanitarnaia tekhnika*. 2011. № 1. S. 24–30. **3.** Davydenko N. V. Formalizatsiia urakhuvannia chynnykiv vplyvu na efektyvnist rezhymu elektrospozhyvannia v systemi komunalnoho vodopostachannia. *Visn. KhNTUSH im. P. Vasylenka. Tekhnichni nauky. Problemy enerhozabezpechennia ta enerhozberezhennia v APK Ukrainy*. 2016. Vyp. 175. C. 69–70. **4.** Romanchuk S. M. Monitorinh i analiz dannykh v protsesse upravleniia vodosnabzheniem horoda Donetska. *Sistemnyi analiz u naukakh pro pryrodu ta suspilstvo*. 2011. Vyp. 1. S. 133–143. **5.** Zahoruiko N. H., Elkyna V. N., Lbov H. S. Metody obnaruzheniia empiricheskikh zakonornostei. Novosibirsk : Nauka SO, 1985. 225 s. **6.** Kim Dzh., Miuller Ch. U., Klekka U. R. Faktornyi, diskriminantnyi i klasternyi analiz. Moskva : Finansy i statistika, 1989. 215 s. **7.** Soshnikova L. A., Tamashevich V. N., Uebe T., Sheffer M. Mnohomernyi statisticheskii analiz v ekonomike. Moskva : YuNITI-DANA, 1999. 598 s. **8.** Tikhonov E. E. Metody prohnozirovaniia v usloviiakh rynku. Nevinnomyssk, 2006. 260 s. **9.** Statistika : pidruchnyk / za red. A. V. Holovach, A. M. Yerina, O. V. Kozyriev ta in. Kyiv : Vyshcha shk., 1993. 623 s. **10.** Mkhitarian V. S., Arkhipova M. Yu., Sirotin V. P. Ekonometrika. Moskva : Izd. tsentr EAOI, 2008. 144 s.

Рецензент: д.т.н., професор Древецький В. В. (НУВГП)

Davydenko N. V., Assistant (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne)

IDENTIFICATION OF THE EXTERNAL ENVIRONMENTAL FACTORS INFLUENCE ON CHARACTER OF WATER CONSUMPTION BY CLUSTER ANALYSIS METHOD

The principles of identifying and formalizing the influence of seasonal and social factors on water consumption from the water supply network as a characteristic of water consumption have been proposed in the article. The search for similarities in the daily water consumption schedules is performed using hierarchical cluster analysis. Two sets of classification characteristics have been formed to identify the influence of seasonal and social factors, which contain classical and morphometric indicators of unevenness daily water consumption schedule. The constructed clusters contain sets of similar schedules and reflect the influence on the water consumption character of the seasons of the year and changes in the life rhythm of the population at work and the weekends. The obtained results are the basis for planning the energy efficient mode of water supply depending on the season of the year and the day of the week.

***Keywords:* public water supply system, water consumption schedule, monitoring, hierarchical cluster analysis.**

Давыденко Н. В., ассистент (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

ОПРЕДЕЛЕНИЕ ВЛИЯНИЯ ФАКТОРОВ ВНЕШНЕЙ СРЕДЫ НА ХАРАКТЕР РАСХОДА ВОДЫ ИЗ СЕТИ ВОДОСНАБЖЕНИЯ МЕТОДОМ КЛАСТЕРНОГО АНАЛИЗА

Предложены принципы выявления и формализации влияния сезонных и социальных факторов на расход воды из сети водоснабжения как характеристики водопотребления. Выполнен поиск сходства в суточных графиках расхода воды с помощью кластерного анализа. Сформированы наборы классификационных признаков, которые содержат классические и морфометрические показатели неравномерности суточного графика расхода воды. Построенные кластеры содержат семейства подобных графиков и отражают влияние сезонов года и изменения ритма жизни населения в рабочие и выходные дни. Полученные результаты являются основой для планирования энергоэффективного режима водоподачи в зависимости от сезона года и дня недели.

***Ключевые слова:* система коммунального водоснабжения, график расхода воды, мониторинг, иерархический кластерный анализ.**
