

УДК628.1:192(095)

**ПРОБЛЕМИ ВРАХУВАННЯ НЕРІВНОМІРНОСТІ ВОДОСПОЖИВАННЯ ПРИ  
ЗАБЕЗПЕЧЕННІ НАДІЙНОСТІ СИСТЕМ ВОДОПОСТАЧАННЯ НАСЕЛЕНИХ  
ПУНКТІВ**

**С. О. Вербовська**

студентка 6 курсу, група ВВ-61м, навчально-науковий інститут водного господарства та  
природооблаштування

Науковий керівник – к.т.н., доцент В. П. Косінов

*Національний університет водного господарства та природокористування,  
м. Рівне, Україна*

**У статті розглянуто проблемні аспекти врахування нерівномірності водоспоживання в населеному пункті при забезпеченні надійності систем водопостачання.**

**Ключові слова:** водоспоживання, нерівномірність витрачання води, надійність, системи водопостачання населених місць, система подачі і розподілу води, коефіцієнт готовності системи водопостачання.

**В статье рассмотрены проблемные аспекты учета неравномерности водопотребления в населенном пункте при обеспечении надежности систем водоснабжения населенных пунктов.**

**Ключевые слова:** водопотребление, неравномерность водопотребления, надежность, системы водоснабжения населенных мест, система подачи и распределения воды, коэффициент готовности системы водоснабжения.

**In the article the problem aspects of account of unevenness of water consumption in a settlement at providing of reliability of the water systems are considered.**

**Keywords:** water consumption, unevenness of expense of water, reliability, water-supply systems in a settlement, water of the inhabited places systems, readiness coefficient of the water system.

**Вступ.** Фактор подобової та годинної нерівномірності водоспоживання є найвпливовішим серед інших при забезпеченні достатнього рівня експлуатаційної надійності сучасних систем водопостачання населених місць. Така нерівномірність суттєво впливає на миттєву готовність системи виконувати функцію водозабезпечення всіх споживачів населеного пункту із заданим рівнем коефіцієнта готовності  $K_r$ .

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Дослідження за даним напрямком у галузі надійності і ефективності функціонування споруд СПРВ як складової системи водопостачання були присвячені наукові праці АКГ ім. К. Д. Памфілова, школи М. М. Абрамова, М. П. Белозерова, Ю. О. Ільїна, П. Д. Хоружого, В. Г. Новохатнього, А. Я. Найманова, Е. М. Гальперіна, О. А. Ткачука, О. С. Новицької, В. О. Орлова та В. П. Косінова, а також інших, у яких, крім інших впливових чинників забезпечення надійного водозабезпечення міських споживачів водою, розглядаються ще і причини, тенденції нерівномірного водоспоживання у містах.

**Метою статті** є дослідження проблемних питань урахування фактору нерівномірності водоспоживання в населеному пункті та його зв'язку з основним показником надійності, а

саме коефіцієнтом готовності системи водопостачання  $K_z$ , а також напрямків подальшого вдосконалення методики визначення і прогнозування мінливості коефіцієнтів добової і погодинної нерівномірності водоспоживання  $K_{доб}$  і  $K_{год}$ . Так, В практиці проектування сучасних систем подачі і розподілу води (СПРВ) міст та інших населених пунктів нерівномірність споживання води різними категоріями споживачів обумовлюється коефіцієнтами нерівномірності (добової та годинної). Однак, різні категорії водоспоживачів формують ці коефіцієнти по різному, тому що на процес водоспоживання впливає велике число факторів, які притаманні саме певним категоріям водоспоживання, а також нерідко обумовлені ще й місцевими факторами. На сьогодні в практиці проектування використовується метод детермінованого визначення коефіцієнтів нерівномірності, які наводять у нормативних літературних джерелах [1].

Як показує досвід обстеження діючих СПРВ міст України, сучасним населеним пунктам України притаманний характерний поділ споживачів на комунально-господарський сектор (населення, комунально-побутові об'єкти і громадські установи), промисловий сектор. То основною категорією споживачів є населення, що проживає в житлових будинках із різним ступенем санітарного благоустрою помешкань [1]. Загалом, для цілої житлової зони (з однаковим ступенем благоустрою) даним нормативом рекомендовано визначати розрахункові добові витрати води залежно від коефіцієнта добової нерівномірності  $K_{доб}$  (максимального і мінімального)

$$Q_{доб.max} = K_{доб.max} \cdot Q_{доб.m} \quad (1)$$

$$Q_{доб.min} = K_{доб.min} \cdot Q_{доб.m} \quad (2)$$

де  $K_{доб.max}$ ,  $K_{доб.min}$  – коефіцієнти відповідно максимальної і мінімальної добової нерівномірності водоспоживання;  $Q_{доб.m}$  – розрахункова (середня за рік) добова витрата води, м<sup>3</sup>/доб.

Відповідно до чинних нормативів [1] коефіцієнти добової нерівномірності водоспоживання населення та працівників промислових підприємств складають  $K_{доб.max} = 1,1 \dots 1,3$  та  $K_{доб.min} = 0,7 \dots 0,9$ , залежно від ступенів благоустрою помешкань. Тобто, вони в такому випадку є однозначно визначеними.

Такий же детермінований підхід застосований і при визначенні коефіцієнтів годинної нерівномірності водоспоживання у житлових зонах додатково керуються ще іншими міркуваннями, у тому числі місцевого характеру. Так, наприклад для цих житлових зон рекомендуються типові графіки розподілу добових витрат по годинах, які приймають залежно від максимальних коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання  $K_{год.max}$ , що визначають із виразу [1, п. 2.2]

$$K_{год.max} = \alpha_{max} \cdot \beta_{max} \quad (3)$$

і, аналогічно, для мінімальних коефіцієнтів  $K_{год.min}$

$$K_{год.min} = \alpha_{min} \cdot \beta_{min} \quad (4)$$

де  $\alpha_{max}$  і  $\alpha_{min}$  – коефіцієнти, що враховують ступінь санітарного благоустрою житла та інші місцеві умови;  $\beta_{max}$  і  $\beta_{min}$  – коефіцієнти, що враховують кількість жителів  $N$  в населеному пункті, в окремій зоні СПРВ або в тій її частині, що обслуговується даними (які розраховуються) спорудами, водоводами і мережами СПРВ і приймається за [1, табл. 2].

Однак, такий підхід у визначенні коефіцієнтів добової і погодинної нерівномірності водоспоживання для більшості випадків не відповідає фактичній картині водорозбору, тому що величини розрахункових добових ( $Q_{доб.max}$ ,  $Q_{доб.min}$ ) і годинних витрат ( $Q_{год.max}$ ), на які фахівці з проектування систем водопостачання призначають розрахункову продуктивність, на практиці є дуже мало повторюваними ( $P \rightarrow 0$ ). Це призводить до того, що при

проектуванні систем водопостачання населених пунктів вдаються до забезпечення надлишкової, але необґрунтованої економічно надлишковості, яка в реальних умовах їхньої експлуатації може не забезпечуватись відповідними водорозборами із водопровідної мережі.

Тому пропонується числові значення коефіцієнтів  $\beta_{\max}$  і  $\beta_{\min}$  апроксимувати аналітичними функціями, які залежать від кількості жителів  $N$ , що обслуговує СПРВ, тобто піддавати прогнозуванню (з достатньою імовірністю). Таки прогнозний підхід можна застосувати не тільки у визначенні коефіцієнтів добової і погодинної нерівномірності  $K_{\text{доб.}p}$  і  $K_{\text{год.}p}$ , але і для визначення рівня забезпеченості як добової, так і годинної витрат води ( $Q_{\text{доб.}p}$  і  $Q_{\text{год.}p}$ ) із попередньо установленим рівнем їхнього забезпечення (повторення)  $P$ . В свою чергу рівень забезпеченості  $P$  повинен відповідати необхідному рівню надійності СПРВ, що регламентується коефіцієнтом готовності  $K_g$ .

Алгоритм визначення розрахункових добових і годинних витрат, коефіцієнтів нерівномірності водоспоживання був запропонований в наукових працях О.А.Ткачука [3] та В.О.Орлова, В.П.Косінова [2]. У цих наукових працях прослідковується явна залежність коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання як від кількості жителів  $N$ , так і від добових витрат води  $Q_{\text{доб.}}$ .

Запропонований алгоритм передбачає наступну послідовність робіт. Розрахувавши добові витрати води  $Q_{\text{доб.}}$  і коефіцієнти погодинної нерівномірності водоспоживанням  $K_{\text{год.}}$ , що їм відповідають, встановлюють аналітично залежності від  $Q_{\text{доб.}}$   $K_{\text{год.}} = f(Q_{\text{доб.}})$ .

Так були отримані питомі витрати і коефіцієнти максимальної та мінімальної нерівномірності добового та параметри  $\alpha_{\max}$  і  $\alpha_{\min}$ , визначені для кількості жителів  $N$  від 1000 до 100000 жителів, які наведено у табл. 1 для житлових зон з різним ступенем санітарного благоустрою житла [1].

Таблиця 1

Розрахункові параметри для визначення добових витрат води і коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання

Ступінь благоустрою житла (за ДБН В.2.5:2013[1])	$q$ , л/(доб. люд.)		$K_{\text{доб.}}$		$\alpha$	
	мін.	макс.	мін.	макс.	мін.	макс.
1	125	160	0,70	1,27	0,40	1,37
2	160	230	0,73	1,21	0,43	1,31
3	230	350	0,79	1,10	0,49	1.20

Як відмічено вище, основним розрахунковим показником надійності СПРВ є коефіцієнт готовності (безвідмовної роботи)  $K_g$ . Він враховує технічний стан окремих елементів всієї системи подачі й розподілу води і впливає на формування розподілу витрат води. З іншої сторони на нього впливають ще й природні фактори.

Розглядаючи їх як незалежні потоки випадкових величин бачимо, що імовірність водорозбору  $P$  не може перевищувати технічну надійність системи, яка визначається коефіцієнтом готовності  $K_g$ .

На підставі рекомендованих нормативних величин допустимого часу зниження подачі води  $T_{\text{зн}}$  та розрахункових величин коефіцієнтів готовності  $K_{\text{гп}}$  значення рівнів забезпеченості  $P_0$  погодинних витрат води визначатимуться за формулою [4, формула 5.29]

$$P_0 = 1 - P_{p.c.} \cong 1 - \sqrt{K_{z.p.}}, \quad (5)$$

Таблиця 2

Рекомендовані значення рівнів забезпеченості  $P_0$  витрат води

Категорія СПРВ	Для добових витрат		Для погодинних витрат	
	Час зниження подачі $T_{zn}$ , діб	$P_0 = \frac{T_{zn}}{365}$	Коефіцієнт готовності, $K_{z.p.}$	$P_0 = 1 - \sqrt{K_{z.p.}}$
1	3	0,01	0,99	0,005
2	10	0,03	0,98	0,01
3	15	0,04	0,97	0,015

Рекомендовані значення рівнів забезпеченості  $P_0$  добових і погодинних витрат води дозволяють науково обгрунтовано визначати розрахункові величини їх коефіцієнтів нерівномірності відповідно до місцевих умов водокористування на об'єкті та заданого рівня забезпеченості. Для цього необхідно на основі статистичних даних фактичного водорозбору визначити коефіцієнт варіації  $C_v$  [3, формула 2.36], відповідне йому значення параметра  $a$  [3, формула 5.15] та при рекомендованих  $P_0$  [3, табл. 5.8] визначити розрахункову величину коефіцієнта нерівномірності  $K_p$  за трансформованою із виразу [3, формула 5.13] формулою

$$K_p = 1 + \frac{1}{\alpha} \cdot \ln\left(\frac{1 - P_0}{P_0}\right), \quad (6)$$

Результати досліджень були апробовані і впроваджені для аналізу надійності систем водопостачання м. Красилів Хмельницької області в процесі підготовки магістерської роботи.

#### Висновки:

1) Запропонована прогнозна методика дозволяє визначити величину коефіцієнта погодинної нерівномірності водоспоживання  $K_{zод.мах}$  залежно від максимальної добової витрати  $Q_{доб.мах}$  та рівня забезпеченості подачі води  $P_0$  відповідно до категорії системи водопостачання чи інших вимог [1].

2) Із проведеного вище аналізу та отриманих даних витікає, що фактичні розрахункові значення коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання  $K_{zод.мах}$  для сучасних СПРВ населених пунктів України відповідають рівням забезпеченості  $P_0 = 0,001 \dots 0,01$ .

3) Проведений аналіз нерівномірності водоспоживання вказує на наявну залежність коефіцієнтів погодинної нерівномірності водоспоживання в населених пунктах від величин добових витрат води (продуктивності СПРВ).

#### Список використаних джерел

1. ДБН В.2.5 -74:2013 Водопостачання. Зовнішні мережі та споруди. Основні положення проектування. Затв. 08.04.2013 Наказ №133 Мінрегіонбуд України, 2013. – 280 с.
2. Косінов В. П., Орлов В. О. Надійність систем водопостачання та водовідведення. Навч. посібник. – Рівне : Червінко А.В., 2013. – 228 с.
3. Ткачук О. А. Удосконалення систем подачі та розподілення води населених пунктів. – Рівне : НУВГП, 2008. – 301 с.