

Давиденко Н. В., к.т.н., Давиденко В. А., к.т.н., доцент (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне),
Давиденко Л. В., к.т.н., доцент (Луцький національний технічний університет, м. Луцьк)

ФОРМАЛІЗОВАНИЙ ОПИС ТИПОВИХ УМОВ РОБОТИ НАСОСНОЇ СТАНЦІЇ ВОДОПОДАЧІ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ ПРОФІЛІВ ДОБОВИХ ГРАФІКІВ ВИТРАТИ ВОДИ

Запропоновано принципи формалізованого опису типових умов роботи насосної станції другого підйому. Обґрунтовано доцільність застосування аналізу профілів добових графіків витрати води з мережі водопостачання. Запропоновано спосіб опису добового графіка та його форми для формування бази даних для формування груп подібних графіків витрати води. У результаті аналізу подібних графіків визначено усереднене значення добової витрати води та побудовано типові профілі добового графіка витрати води для типових умов роботи насосної станції, а також визначено морфометричні параметри типових профілів.

Ключові слова: добовий графік витрати води; морфометричні параметри; типовий профіль; параметри типового профілю.

Вступ. Енергоефективне виробництво є важливим фактором для сталого виробництва. Ефективне використання ресурсів стало пріоритетом для всіх галузей [1]. Енергоефективність передбачає ефективне планування технологічних процесів, режимів роботи технологічних систем та їх установок, впровадження методів управління, яке дозволить знизити енергоспоживання.

Аналіз останніх досліджень. Багато досліджень присвячено вирішенню проблеми планування технологічних операцій та управління режимом роботи різних технологічних систем (ТС) та їх об'єктів за критерієм енергоефективності [2–5]. Сучасні технологічні об'єкти (ТО) є складними системами. Вони описуються великою кількістю вхідних та вихідних параметрів, що визначають режим роботи та його енергоефективність. Ефективність режиму роботи ТО залежить від низки внутрішніх та зовнішніх чинників. Технічні характеристики ТО визначають енергоефективність його вихідного стану та здатність

ефективно виконувати технологічні завдання. Технологічні параметри є вихідними параметрами для планування режиму роботи ТО та управління ним. Зовнішні чинники мають випадковий характер. Вони зумовлюють зміну значень технологічних параметрів і фактичних умов роботи ТО. Режим роботи ТО не може бути енергоефективним, якщо під час його планування не враховано фактичні потреби технологічного процесу, які змінюються залежно від вихідних умов. Задача урахування взаємозв'язків між усіма чинниками, що визначають режим роботи ТО, є складною задачею. Для вирішення задач управління складними технологічними системами доцільне використання технологій аналізу даних системи моніторингу технологічних процесів та режимів роботи ТО. Наприклад, в [4] такі технології використано для аналізу електричних профілів навантаження на рівні машин та їх робочих груп та визначення різних рівнів навантаження. Аналіз профілів чинників, що визначають режим роботи ТС, установки, агрегату є одним із підходів до ідентифікації фактичних умов роботи та їх зміни [2; 4; 5]. Цей підхід спрямований на вилучення інформації з наявних даних з метою поліпшення режимів роботи ТО та забезпечення ефективного енергоспоживання в різних сферах [3–5]. Проте, питання урахування впливу зовнішніх чинників на потреби технологічного процесу, його технологічні параметри та умови роботи ТО часто залишається поза увагою.

Основним режимним показником режиму роботи насосної станції (НС) другого підйому є графік водоподачі. Режим подачі води в мережу водопостачання визначається поточним водорозбором, тобто, водоспоживанням. Графік водоподачі повинен максимально відповідати графіку водоспоживання. Водоспоживання є одним із зовнішніх чинників, що визначає режим водоподачі та енергоефективність режиму роботи НС. Отже, забезпечення ефективної організації технологічного процесу водопостачання вимагає урахування змін водоспоживання. На характер водоспоживання впливає низка факторів – сезони, погодні явища, державні та релігійні свята тощо [6–8]. Споживання води нерівномірне протягом року та протягом доби. Таким чином, водоспоживання – випадковий процес, що формується під впливом кліматичних (зміни температури повітря, виникнення атмосферних явищ і опадів) та соціальних чинників (зміни укладу життєдіяльності населення залежно від типу дня (робочі, вихідні), часу доби). Водоспоживання можна охарактеризувати витратою води (ВВ) з мережі водопостачання. Тоді профіль водоспоживання – це

графік зміни ВВ в часі. Випадковий характер водоспоживання зумовлює відмінність добових графіків витрати води (ГВВ) для різних днів (рис. 1). Візуальний аналіз добових ГВВ дозволяє визначити дні, коли профіль водоспоживання має різковідмінний характер. Але він не дає змоги ідентифікувати інші типові зміни у водоспоживанні, які визначають типові умови роботи НС.

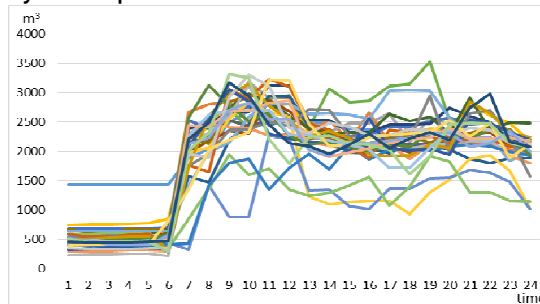


Рис. 1. Добові ГВВ за січень

Відсутність інформації про типові умови, в яких може працювати НС, ускладнює процедуру планування режиму роботи НС, його оптимізації за критерієм енергоефективності, а також пошук шляхів до його удосконалення. Ідентифікація та формалізований опис цих умов є першим етапом складної процедури ефективного планування режимів роботи НС та контролю їх енергоефективності [9].

Постановка завдання. Метою роботи є формування принципів формалізованого опису типових умов роботи НС другого підйому на основі аналізу даних про профілі добових ГВВ, отриманих з системи моніторингу режиму роботи об'єктів водопостачання.

Виклад основного матеріалу. Завдання ідентифікації типових умов роботи НС на основі інформації про профілі добової ВВ можна представити як завдання розпізнавання образів [9]. Однак дані повинні бути належним чином організовані та опрацьовані [1].

Створення бази даних (БД) добової ВВ в рамках моніторингу режимів роботи системи водопостачання є одним із підходів до оптимізації режиму роботи її об'єктів. Підвищення інформативності результатів моніторингу змін фактичної ВВ потребує формування інформаційного ознакового простору за допомогою комплексного опису добової ВВ та характеристики її нерівномірності. Отже, опис добового графіка ВВ та формування бази даних його параметрів є першим етапом ідентифікації змін умов роботи НС [8; 9].

Для опису добового ГВВ слід враховувати параметри, які відображають [8] (табл. 1) його середнє, максимальне, мінімальне значення протягом періоду спостереження, а також характеристику нерівномірності графіка: дисперсію та середньоквадратичне відхилення, коефіцієнт форми, коефіцієнт максимуму, коефіцієнт заповнення та коефіцієнт нерівномірності. Останні є класичними показниками нерівномірності графіків. Коефіцієнт заповнення та коефіцієнт максимуму показують наскільки значущими є максимальні значення, у порівнянні із середнім значенням. Коефіцієнт нерівномірності характеризує відношення між максимальним і мінімальними значеннями.

Профіль добового ГВВ можна представити у вигляді кругової часової діаграми – діаграми радарного типу (ДРТ). ДРТ утворює замкнений багатокутник, заданий вершинами з координатами [10]:

$$(x_i, y_i) = (q_i \cdot \sin \alpha_i, q_i \cdot \cos \alpha_i), \quad (1)$$

де α_i – кут, що відповідає i -й годині:

$$\alpha_i = \frac{2 \cdot \pi \cdot i}{n}, \quad (2)$$

де n – кількість точок ДРТ.

Відстань від центру координат (x_0, y_0) до вершини багатокутника відповідає значенню ВВ в даний момент часу.

Це дозволяє застосувати морфометричний підхід, який є інструментом аналізу фігур різної форми.

Форму ДРТ описують набором морфометричних параметрів [10; 11] (табл. 1): периметр; площа; координати центра ваги; округлість; компактність; видовження; випуклість радіус вписаного та описаного кіл; головна та додаткова вісь видовження; площа випуклості; кут осей видовження.

Центри кіл співпадають з центром ваги ДРТ. R_{max} – це відстань від центра ваги до максимального значення ВВ. Для спрощення розрахунків приймаємо, що R_{min} – це відстань від центра ваги до мінімального значення ВВ.

Довжина осей багатокутника – це відстань між точками [12]:

$$L = \sqrt{(x_a - x_b)^2 + (y_a - y_b)^2}. \quad (3)$$

Головна вісь проходить через точку ДРТ з координатами $(x_{тах}, y_{тах})$ та центр ваги (x_c, y_c) . Необхідно визначити точку ДРТ, яка є розв'язком рівняння

$$\frac{x - x_{\max}}{x_c - x_{\max}} = \frac{y - y_{\max}}{y_c - y_{\max}}. \quad (4)$$

Додаткова вісь проходить через центр ваги ДРТ та є перпендикуляром до головної осі. Отже, необхідно визначити точки ДРТ, що лежать на перпендикулярі до головної діагоналі і є розв'язком рівняння

$$x(x_c - x_{\max}) + y(y_c - y_{\max}) = 0. \quad (5)$$

Задача побудови випуклого корпусу ДРТ є задачею побудови мінімальної випуклої оболонки $ConvX$ множини точок X . Випукла оболонка на площині – це випуклий багатокутник, вершини якого є підмножиною вершин ДРТ. Для її побудови використовують стандартні алгоритми (наприклад, алгоритм Грехема, або алгоритм Джарвіса).

В табл. 1 використано такі позначення: n – кількість точок (моментів часу) фіксації значень ВВ; z_i – значення ВВ в момент часу t_i , $i \in [1, n]$; де Z_{\max} , Z_{\min} – його максимальне та мінімальне значення; R_{\min} – радіус вписаного кола ДРТ; R_{\max} – радіус описаного кола ДРТ; L_1 – довжина головної осі видовження ДРТ; L_2 – довжина додаткової осі видовження ДРТ; S_2 – площа випуклого корпусу, описаного навколо ДРТ.

Морфометричні параметри відповідають певним характеристикам профілю добового ГВВ. Площа ДРТ відповідає сумарному значенню ВВ протягом доби. Збільшення периметру відповідає збільшенню нерівномірності ГВВ. Округлість характеризує ступінь нерівномірності ГВВ [10; 11]. Компактність враховує відношення всіх піків та провалів ДРТ та характеризує загальну нерівномірність ГВВ. Видовження оцінює співвідношення між значеннями ВВ в періоди провалів та піків профіля. Випуклість враховує множину максимальних значень профіля добового ГВВ визначену випуклим корпусом. Випуклість має деяку аналогію з коефіцієнтом максимуму та коефіцієнтом заповнення, але охоплює множину максимумів ГВВ. Зміщення координат центра ваги (x_c, y_c) відносно центру координат (x_0, y_0) реагує на піки та провали профіля і зростає з ростом нерівномірності ДРТ. Кут видовження α між головною віссю ДРТ та віссю абсцис охарактеризує зміщення максимуму ГВВ в часі.

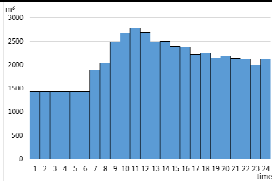
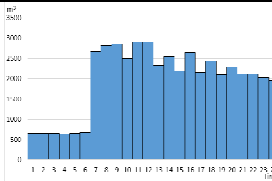
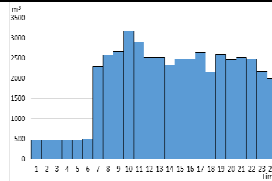
Таблиця 1

Параметри опису профіля ВЧРР виробничого об'єкта

Класичні показники		Морфометричні параметри ДРТ	
Сумарне значення	$Z_{\Sigma} = \sum_{i=1}^n z_i$	Площа	$S = \frac{1}{2} \sum_{i=1}^{n-1} (x_i + x_{i+1})(y_i - y_{i+1})$
Середнє значення	$\bar{Z} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n z_i$	Периметр	$P = \sqrt{(x_n - x_1)^2 + (y_n - y_1)^2} + \sum_{i=1}^{n-1} \sqrt{(x_{i+1} - x_i)^2 + (y_{i+1} - y_i)^2}$
Середнє квадратичне значення	$Z_{ms} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n z_i^2}{n}}$	Координати центру ваги	$x_c = \frac{\sum_{i=2}^{24} \left(\frac{x_i - x_{i-1}}{2 \cdot (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)} \right)}{1,5 \cdot \sum_{i=1}^{24} (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)}$ $y_c = \frac{\sum_{i=2}^{24} \left(\frac{y_i - y_{i-1}}{2 \cdot (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)} \right)}{1,5 \cdot \sum_{i=1}^{24} (x_i \cdot y_{i-1} - x_{i-1} \cdot y_i)}$
Дисперсія	$\sigma^2 = \frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (z_i - \bar{Z})^2$	Зміщення центра ваги	$d = \sqrt{(x_0 - x_c)^2 + (y_0 - y_c)^2}$
Середньоквадратичне відхилення:	$\sigma = \sqrt{\sigma^2}$	Округлість	$M_1 = \frac{R_{\min}}{R_{\max}}$
Коефіцієнт форми	$K_{forms} = \frac{Z_{ms}}{\bar{Z}}$	Компактність	$M_2 = \frac{4 \cdot \pi \cdot S}{P^2}$
Коефіцієнт максимуму	$K_{\max} = \frac{Z_{\max}}{\bar{Z}}$	Видовження	$M_3 = \frac{L_2}{L_1}$
Коефіцієнт заповнення	$K_{fill} = \frac{\bar{Z}}{Z_{\max}}$	Кут видовження	$\alpha_{L1} = \arctg \frac{y_c - y_{\max}}{x_c - x_{\max}}$
Коефіцієнт нерівномірності	$K_{irreg} = \frac{Z_{\min}}{Z_{\max}}$	Випуклість	$M_4 = \frac{S_2}{S}$

Фрагмент результатів розрахунку класичних показників профілів добових ГВВ наведено в табл. 2.

Класичні показники добового ГВС

Дата	1 січня 2012 р.	2 січня 2012 р.	3 січня 2012 р.
Графік			
Q_{min}	1436	380	462
Q_{max}	2786	2911	3176
Q_{Σ}	50076	45109	47740
\bar{Q}	2086,5	1879,5	1989,1
Q_{ms}	2130,9	2038,9	2185,9
σ^2	187565,1	624508,2	821421,8
σ	433,1	790,2	906,3
K_{forms}	1,02	1,08	1,1
K_{max}	1,33	1,55	1,6
K_{fill}	0,75	0,65	0,63
K_{irreg}	0,69	0,20	0,23

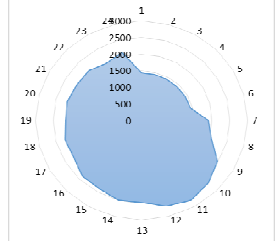
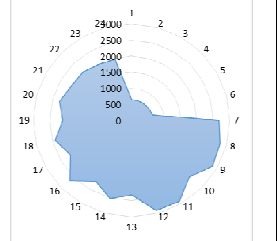
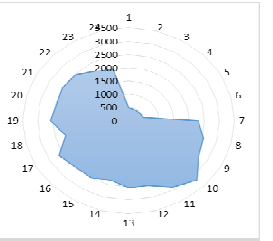
Аналіз результатів показав таке. Багато графіків мають однако-ві значення статистичних характеристик, але різну форму. Це підтверджує необхідність опису форми ГВС та розширення бази даних для аналізу профілів добового ГВВ.

Для ідентифікації відмінностей у формі добових ГВВ використано морфометричний підхід. Добові ГВВ були представлені у вигляді ДРТ. Форма ДРТ була описана морфометричними показниками. Фрагмент результатів опису форми добових ГВВ представлено в табл. 3.

Аналіз результатів опису добових ГВВ показав таке. Водоспоживання у вихідні дні є більш рівномірним ніж у робочі. Для ГВВ вихідних днів характерним є зміщення максимумів водоспоживання, порівняно з робочими днями. ГВВ днів, що відповідають святковим дням (наприклад, Новий рік, Великдень, Різдво) мають різко відмінну форму ДРТ, а отже, і значення параметрів опису графіка. Отримані результати підтверджують наявність певних закономірностей у формуванні добових ГВВ залежно від типу дня (робочий, вихідний, святковий), які необхідно враховувати під час планування водоподачі.

Таблиця 3

Морфометричні параметри добового ГВС

Дата	1 січня	2 січня	3 січня
ДРТ			
P	786,19	888,21	789,5
S	40 673	32 625	32 132
R_{min}	91,42	48,84	45,28
R_{max}	137,48	153,38	138,13
L_1	260,41	251,47	260,2
L_2	199,8	153,06	135,79
S_2	41 346	41 528,5	36 894,5
M_1	0,66	0,32	0,33
M_2	0,83	0,52	0,65
M_3	0,77	0,61	0,52
M_4	0,97	0,77	0,85
α_{L1}	147	161	165

Профілі добового ГВВ та параметри опису їх форми зберігаються в БД системи моніторингу режиму роботи системи водопостачання. Ця інформація є основою виявлення прихованих закономірностей та формування груп подібних профілів добового ГВВ із застосуванням теорії розпізнавання образів [9; 13; 14]. Класифікація добових ГВВ дала змогу відкинути нетипові профілі та сформувати групи подібних добових ГВВ для типових днів. Групи подібних профілів використано для формування усереднених профілів добового ГВВ для типових умов роботи (типових профілів) (табл. 4). Для цього визначено середнє значення ВВ для кожної t -ї години типового дня:

$$\bar{Q}_t = \frac{1}{m} \sum_{j=1}^m Q_{j,t}, \quad t \in (1;24), \quad (6)$$



де t – кількість ГВС даного кластеру.

Форму типових профілів описано за допомогою морфометричних параметрів (табл. 4). Слід зазначити, що аналіз подібних профілів

добових ГВВ виявив, що середньодобове значення ВВ з мережі водопостачання мало відрізняється для робочих та вихідних днів в межах кожного сезону. Проте форма профілів є відмінною і характеризується зміщенням максимумів профіля добового ГВВ вихідного дня у порівнянні із профілем робочого дня. Крім того, у вихідні дні профіль добового ГВВ характеризується меншою нерівномірністю ніж у робочі. Це підтверджує аналіз форми типових профілів добового ГВВ для робочих та вихідних днів кожного сезону та результатів опису їх форми.

Таблица 4

Усереднені характеристики ГВС типових днів

Назва характеристики	Тип дня (для сезону «Зима»)			
	Робочий		Вихідний	
Типовий профіль				
Добова витрата води, Q , м ³	Середнє значення	Межі зміни	Середнє значення	Межі зміни
	47811	$45583 < \bar{Q} < 50040$	47791	$45421 < \bar{Q} < 50160$
M_1	0,33		0,36	
M_2	0,66		0,68	
M_3	0,51		0,52	
M_4	0,87		0,89	
α_{L1}	179,02		169,65	

Отримані типові профілі добового ГВВ для типових днів є основою планування ефективного режиму роботи НС водоподачі, тобто визначення моментів ввімкнення/вимкнення насосних установок з урахуванням графіка водорозбору.

Висновок. Чинники зовнішнього середовища мають вплив на технологічні параметри процесу водоподачі та режим роботи НС. Для ідентифікації типових умов роботи НС доцільно виконати аналіз про-

філів добової ВВ, що визначають режим роботи НС. Основою такого аналізу є опис форми профілю добового ГВВ. Морфометричний підхід є найбільш зручним для виконання такого опису. Аналіз параметрів профілів дозволяє виявити тенденції їх формування, відкинути нетипові профілі, сформувані групи подібних за формою профілів та побудувати типові профілі добового ГВВ, що відповідають типовим умовам роботи. Такі профілі є основою планування режиму роботи НС залежно від режиму водоспоживання. Параметри типових профілів добового ГВВ є основою коректного налаштування процедур контролю відповідності фактичного режиму роботи НС запланованому.

1. Meo I., Papetti A., Gregori F., Germani M. Optimization of energy efficiency of a production site: a method to support data acquisition for effective action plans. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. Pp. 760–767. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.177/> (дата звернення: 12.09.2020).
2. Chen G., Zhang L., Arinez J., Biller S. Energy-Efficient Production Systems Through Schedule-Based Operations. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2013. Vol. 10(1). Pp. 27–37. URL: <https://doi.org/10.1109/TASE.2012.2202226> (дата звернення: 12.09.2020).
3. Mouzon G., Yildirim M. B., Twomey J. Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment. *International Journal of Production Research*. 2007. Vol. 45(18–19). Pp. 4247–4271. URL: <https://doi.org/10.1080/00207540701450013> (дата звернення: 12.09.2020).
4. Teiwes H., Blume S., Herrmann C., Rössinger M., Thiede S. Energy Load Profile Analysis on Machine Level. *Procedia CIRP*. 2018. Vol. 69. Pp. 271–276. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.073>. (дата звернення: 12.09.2020).
5. Miyatake M., Ko H. Optimization of train speed profile for minimum energy consumption. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 2010. Vol. 5. Pp. 263–269. URL: <https://doi.org/10.1002/tee.20528> (дата звернення: 12.09.2020).
6. Шушкевич Е. В. Эффективное управление системой подачи и распределения воды Московского мегаполиса. *Водоснабжение и санитарная техника*. 2011. № 1. С. 24–30.
7. 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.
8. 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.
9. Davydenko L., Rozen V., Davydenko V., Davydenko N. Formalization of Energy Efficiency Control Procedures of Public Water-Supply Facilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Vol. 543. Pp. 196–202. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48923-0_24 (дата звернення: 12.09.2020).

12.09.2020). **10.** Коменда Т. І., Коменда Н. В. Морфометричні методи і моделі оцінки та зменшення нерівномірності навантажень систем електропостачання : монографія. Луцьк : Луцький НТУ, 2012. 112 с. **11.** Коменда Т. І., Коменда Н. В., Давиденко Л. В. Округлість, компактність та видовження графіків електричного навантаження. *Вісник Вінницького політехнічного інституту*. 2016. № 2. С. 98–105. **12.** Данко П. Е., Попов А. Г., Кожевникова Т. Я. Высшая математика в упражнениях и задачах. Москва : Оникс 21 век. Мир и образование, 2007. Ч. 2. 416 с. **13** Давиденко Н. В. Виявлення впливу чинників зовнішнього середовища на характер витрати води з мережі водопостачання методом кластерного аналізу. *Вісник Національного університету водного господарства та природокористування*. 2018. № 2. С. 36–46. **14.** Давиденко Л. В., Давиденко Н. В. Побудова правил дискримінації добових графіків витрати води з мережі водопостачання з урахуванням сезонних та соціальних чинників. *Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського*. 2018. № 3/2018(110). С. 20–25.

REFERENCES:

1. Meo I., Papetti A., Gregori F., Germani M. Optimization of energy efficiency of a production site: a method to support data acquisition for effective action plans. *Procedia Manufacturing*. 2017. Vol. 11. Pp. 760–767. URL: <https://doi.org/10.1016/j.promfg.2017.07.177/> (data zvernennia: 12.09.2020).
2. Chen G., Zhang L., Arinez J., Biller S. Energy-Efficient Production Systems Through Schedule-Based Operations. *IEEE Transactions on Automation Science and Engineering*. 2013. Vol. 10(1). Pp. 27–37. URL: <https://doi.org/10.1109/TASE.2012.2202226> (data zvernennia: 12.09.2020).
3. Mouzon G., Yildirim M. B., Twomey J. Operational methods for minimization of energy consumption of manufacturing equipment. *International Journal of Production Research*. 2007. Vol. 45(18–19). Pp. 4247–4271. URL: <https://doi.org/10.1080/00207540701450013> (data zvernennia: 12.09.2020).
4. Teiwes H., Blume S., Herrmann C., Rössinger M., Thiede S. Energy Load Profile Analysis on Machine Level. *Procedia CIRP*. 2018. Vol. 69. Pp. 271–276. URL: <https://doi.org/10.1016/j.procir.2017.11.073>. (data zvernennia: 12.09.2020).
5. Miyatake M., Ko H. Optimization of train speed profile for minimum energy consumption. *IEEJ Transactions on Electrical and Electronic Engineering*. 2010. Vol. 5. Pp. 263–269. URL: <https://doi.org/10.1002/tee.20528> (data zvernennia: 12.09.2020).
6. Shushkevich E. V. Effektivnoe upravlenie sistemoy podachi i raspredeleniya vodyi Moskovskogo megapolisa. *Vodosnabjenie i sanitarnaya tehnika*. 2011. № 1. S. 24–30.
7. Romanchuk S. M. Monitoring i analiz dannyih v protsesse upravleniya vodosnabjeniem goroda Donetska. *Systemnyi analiz u naukakh pro pryrodu ta suspilstvo*. 2011. Vyp. 1. S. 133–143.
8. Rozen V. P., Davydenko N. V. Formuvannia mnozhyny

kharakterystyk faktychnoho rezhymu vodospozhyvannia v systemakh komunalnogo vodopostachannia. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2015. № 3(41). S. 85–92. **9.** Davydenko L., Rozen V., Davydenko V., Davydenko N. Formalization of Energy Efficiency Control Procedures of Public Water-Supply Facilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Vol. 543. Pp. 196–202. URL: https://doi.org/10.1007/978-3-319-48923-0_24 (data zvernennia: 12.09.2020). **10.** Komenda T. I., Komenda N. V. Morfometrychni metody i modeli otsinky ta zmenshennia nerivnomirnosti navantazhen system elektropostachannia : monohrafiia. Lutsk : Lutskiy NTU, 2012. 112 s. **11.** Komenda T. I., Komenda N. V., Davydenko L. V. Okruhlist, kompaktnist ta vydovzhennia hrafikiv elektrychnoho navantazhennia. *Visnyk Vinnytskoho politekhnichnogo instytutu*. 2016. № 2. S. 98–105. **12.** Danko P. E., Popov A. G., Kojevnikova T. Ya. Vysshaya matematika v upravleniyah i zadachah. Moskva : Oniks 21 vek. Mir i obrazovanie, 2007. Ch. 2. 416 s. **13.** Davydenko N. V. Vyavlennia vplyvu chynnykiv zovnishnogo seredovyscha na kharakter vytraty vody z merezhi vodopostachannia metodom klasterneho analizu. *Visnyk Natsionalnogo universytetu vodnoho hospodarstva ta pryrodokorystuvannia*. 2018. № 2. S. 36–46. **14.** Davydenko L. V., Davydenko N. V. Pobudova pravyl dyskryminatsii dobovykh hrafikiv vytraty vody z merezhi vodopostachannia z urakhuvanniam sezonnykh ta sotsialnykh chynnykiv. *Visnyk Kremenchutskoho natsionalnogo universytetu im. M. Ostrohradskoho*. 2018. № 3/2018(110). S. 20–25.

Davydenko N. V., Candidate of Engineering (Ph.D), Davydenko V. A., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (National University of Water and Environmental Engineering, Rivne),
Davydenko L. V., Candidate of Engineering (Ph.D.), Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

FORMALIZED DESCRIPTION OF TYPICAL OPERATION CONDITIONS OF THE WATER SUPPLY PUMPING STATION BASED ON THE ANALYSIS OF PROFILES OF DAILY CHARTS OF WATER CONSUMPTION

The principles of the formalized description of typical operation conditions of the pumping station of the second rise were proposed. The expediency of application of the analysis of profiles of daily charts of water consumption from water supply network was justified. The approach for describing the daily chart of water consumption and its form was proposed. The classical indicators of irregularity were

applied to describe the irregularity of the daily chart of water consumption. A morphometric approach was used to describe the form of the chart. To do this, the daily chart of water consumption was presented in the form of a chart radar type. A form of the chart is described by morphometric parameters. A database for the analysis of regularities in the profiles of daily charts of water consumption was formed based on the results of the description of the daily chart of water consumption. It was used to form groups of similar water consumption charts. The average value of daily water consumption was defined and typical profiles of the daily chart of water consumption for typical operation conditions of the pumping station were constructed based on the result of the analysis of similar charts. The morphometric parameters of typical profiles for typical days were determined. The analysis of the results of the description revealed a small difference between the values of daily water consumption for working days and weekends, less irregularity of the daily chart of water consumption on weekends, as well as a displacement of the maxima of water consumption on weekends compared to working days. Constructed typical profiles are the basis for planning an effective operation mode, and the parameters of these profiles are the basis for its control, taking into consideration the actual operation conditions of the facility.

Keywords: daily chart of water consumption; morphometric parameters; typical profile; parameters of the typical profile.

Давыденко Н. В., к.т.н., Давыденко В. А., к.т.н., доцент
(Национальный университет водного хозяйства и
природопользования, г. Ровно), **Давыденко Л. В., к.т.н., доцент**
(Луцкий национальный технический университет, г. Луцк)

**ФОРМАЛИЗОВАННОЕ ОПИСАНИЕ ТИПИЧНЫХ
УСЛОВИЙ РАБОТЫ НАСОСНОЙ СТАНЦИИ ВОДОПОДАЧИ НА
ОСНОВЕ АНАЛИЗА ПРОФИЛЕЙ СУТОЧНЫХ
ГРАФИКОВ РАСХОДА ВОДЫ**

Предложены принципы формализованного описания типичных условий работы насосной станции второго подъема. Обоснованно

целесообразность применения анализа профилей суточных графиков расхода воды из сети водоснабжения. Предложен способ описания суточного графика и его формы для формирования базы данных для формирования групп подобных графиков расхода воды. В результате анализа подобных графиков определено усредненное значение суточного расхода воды и построено типичные профили суточного графика расхода воды для типичных условий работы насосной станции, а также определены морфометрические параметры типовых профилей.

Ключевые слова: суточный график расхода воды; морфометрические параметры; типичный профиль; параметры типичного профиля.
