

ВОДОПОСТАЧАННЯ ТА ВОДОВІДВЕДЕННЯ

УДК 628.17:658.26

<https://doi.org/10.31713/vt1202125>

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

ФОРМУВАННЯ ВИХІДНОГО ІНФОРМАЦІЙНОГО ПОЛЯ МОНІТОРИНГУ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ ВОДОПРОВІДНОГО ГОСПОДАРСТВА УКРАЇНИ

Запропоновано принципи формування інформаційного поля моніторингу енергоефективності з урахуванням технологічних особливостей функціонування об'єктів водопостачання. Обґрунтовано доцільність застосування різнопараметричного набору атрибутів-характеристик енергоефективності, які описують ефективність вихідного стану, організації технологічного процесу, процесу електроспоживання об'єкту дослідження з урахуванням його ієрархічного рівня. Сформовано набір кількісних характеристик енергоефективності, який містить виробничі, технічні, технологічні, енергетичні параметри, показники ефективності технічного стану та електроспоживання об'єкту, організації технологічного процесу водопостачання та обліку. Структуризація цих характеристик з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту дослідження та вибраної постановки задачі моніторингу забезпечить достатній ступінь деталізації опису об'єкту без потреби урахування характеристик об'єктів нижчих рівнів системи водопостачання.

Ключові слова: енергоефективність; інформаційне поле; кількісні атрибути-характеристики.

Вступ. Енергоефективність та енергозбереження є одними із пріоритетів соціально-економічного розвитку в глобальному, національному та регіональному вимірах. Серед стратегічних пріоритетів з досліджень та інновацій згідно [1] є розвиток і посилення енергоефективних систем, що включає продовження дослідження та інновації за напрямом зменшення енергоємності промисловості ЄС [2]. Україна долучилася до Договору про Енергетичне Співтовариство та

338

інших європейських ініціатив, де скорочення споживання енергоресурсів в усіх сферах національної економіки, є одним із напрямів енергетичної політики. Ставши членом Енергетичного Співтовариства, Україна взяла на себе зобов'язання щодо імплементації основних актів енергетичного законодавства ЄС щодо енергоефективності. Зниження енергоємності економіки згідно [3] є одним із способів оптимізації енергетичного балансу та створення підґрунтя для сталого енергетичного майбутнього країни. Тому підвищення енергоефективності технологій, усунення непродуктивних втрат енергоносіїв, зменшення енергоємності продукції і послуг визначені стратегічним напрямком енергетичної політики України.

Аналіз останніх досліджень. Необхідність переходу до сталого виробництва у напрямку низьковуглецевої економіки та створення конкурентоспроможного виробництва потребує інноваційних перетворень, в тому числі, у сфері кінцевого енергоспоживання [2]. Вирішення проблеми підвищення рівня енергоефективності в різних секторах вимагає виявлення причин нераціональних витрат енергоресурсів та резервів переходу до ефективного енергоспоживання. Поняття енергоефективність країни являє собою сумарну енергоефективність регіонів, міст, галузей, промислових підприємств, технологічних процесів, обладнання та окремих агрегатів. Кожен вищий рівень енергоефективності складається із сумарної енергоефективності підрівнів [4]. Тобто енергоефективність можна представити у вигляді ієрархічної піраміди, починаючи з нижчого рівня до вищого: рівень агрегату, структурного елементу; рівень підприємства; рівень області (міста); рівень регіону; рівень держави (галузі). Підвищення рівня енергоефективності галузі на рівні держави залежить від організації та підтримки діяльності у сфері енергоефективності в регіонах, на конкретних підприємствах і технологічних процесах [4] та є можливим за умови використання сукупності технологічних, технічних і організаційних заходів, направлених на ефективне використання ПЕР під час виробництва продукції, скорочення втрат енергоресурсів. Отже, питання підвищення рівня енергоефективності мають комплексний характер та стосуються всіх учасників процесу енергоспоживання й різних сфер діяльності [5].

Враховуючи те, що енергетична ефективність виробництва становить одну з основних складових загальної ефективності, оцінка її по регіонах, підприємствах, виробничих процесах дозволяє виявити резерви підвищення ефективності функціонування підприємств [6; 7]

та галузі в цілому. Особливо дана проблема є для підприємств водопровідно-каналізаційного господарства України. Останніми роками багато уваги приділяється вирішенню питання підвищення рівня енергоефективності об'єктів водопостачання шляхом модернізації їх обладнання та удосконалення режимів роботи, а одним з критеріїв розглядається зменшення витрати електроенергії [8; 9]. Проте слід зазначити, що досягнення реального покращення енергетичної ефективності водопровідного господарства (ВГ) та його об'єктів має ґрунтуватися не тільки на технічних рішеннях, але й на досконалому управлінні енергоспоживанням [10]. Ефективне управління господарським комплексом будь-якого підприємства з точки зору енергоефективності вимагає впровадження системи моніторингу показників, що відображають співвідношення витрат енергоресурсів до корисного ефекту від їх використання стосовно окремих установок, технологічного процесу та підприємства в цілому. Однією із складових процесу моніторингу енергоефективності є оцінка фактично досягнутого рівня енергоефективності та виявлення тенденцій до його зміни. Відповідно до думки експертів Міжнародного енергетичного агентства оцінка енергоефективності приймає різні форми, має різні призначення і області застосування.

Енергоефективність належить до числа характеристик, які безпосередньо не спостерігаються і не вимірюються, тобто є прихованими. Складність та багатогранність поняття енергоефективність не дає змоги виявити один єдиний критерій для її кількісного вираження. Визначення рівня енергоефективності складної технологічної системи (СТС) та її об'єктів можливе лише на підставі деякої сукупності спостережуваних або вимірюваних ознак, кожна з яких відображає певні аспекти ефективності енергоспоживання. Враховуючи комплексний характер поняття «енергозбереження» та той факт, що енергозбереження формується та розвивається на стикові кількох науково-технічних, економічних та організаційних напрямків, методи та підходи до визначення системи показників енергоефективності та оцінювання рівня ефективності енергоспоживання є різноманітними. Крім того, з точки зору енергоефективності кожне підприємство володіє специфічними особливостями [11], що потребує формування індивідуального набору показників, що включаються в систему моніторингу енергоефективності, з урахуванням особливостей технологічних процесів, енергоінфраструктури, масштабів виробництва [4]. Отже, першим є завдання виявлення критеріїв роботи (технологічної

системи та її структурних елементів, підприємства), які можуть охарактеризувати рівень енергоефективності, та формування системи характеристик ефективності енергоспоживання, здатних в сукупності дати досить повне уявлення про вимірювану латентну ознаку – енергоефективність об'єктів.

Постановка завдання. Метою роботи є формування набору атрибутів-характеристик енергоефективності, які утворюють вихідне інформаційне поле для аналізу, оцінювання та контролю рівня енергоефективності та ефективності кінцевого енергоспоживання об'єктів водопровідного господарства України.

Виклад основного матеріалу. ВГ представляє собою складний комплекс, що складається з великої кількості елементів, які знаходяться на різних ієрархічних рівнях та разом утворюють складну розгалужену систему із чітко впорядкованою ієрархічною структурою; характеризуються певними вихідними умовами; мають свої особливості функціонування та закони управління енергоспоживанням.

Енергоефективність будь-якої СТС визначається сукупністю внутрішньовиробничих та зовнішніх чинників, що певним чином впливають на стан СТС та об'єднують в собі характеристики вихідного вектора. Врахування по можливості максимальної кількості факторів (а також показників, що їх визначають), що впливають на результат, є важливим моментом достовірності отриманих висновків. Вхідними параметрами будь-якої СТС також є сировина, енергетичні та природні ресурси, які за умови використання матеріальної бази виробництва (виробничого устаткування, системи контролю й обліку енергоресурсів тощо) та системи керування забезпечують виробництво продукції [12]. Сировина та матеріальна база виробництва визначають початкові умови виробничого процесу та характеризують вихідний стан виробничої системи. Ефективність використання матеріальної бази СТС відображається у завантаженні технологічного обладнання, що безпосередньо впливає на величину споживання електроенергії та природних ресурсів [13]. Виробництво продукції вимагає здійснення керування режиму роботи технологічного обладнання, організації системи контролю та обліку енергоспоживання.

Енергоефективність будь-якої СТС як її синтетична характеристика є ознакою, що характеризує здатність об'єкта дослідження ефективно функціонувати за умови забезпечення ефективного енергоспоживання. Енергоефективності є властивою: цілісність – обумовлена конкретністю показника рівня енергоефективності, що викори-

стовується; багатовимірність – обумовлена багатовимірністю простору, результатів витрат енергоресурсів та показників ефективності цих витрат; взаємозв'язність – обумовлена змінами показників енергоефективності залежно від зміни тих або інших умов та станів об'єкту дослідження. Всі параметри об'єкту дослідження взаємопов'язані та взаємообумовлені. Зміна одних параметрів або характеристик зумовлює зміну інших. Підвищення ефективності по одній із задач зумовлює підвищення ефективності системи або її структурних елементів по одній або декількох інших цільових задачах.

Система інформаційно-методичного забезпечення задач моніторингу енергоефективності ВГ як СТС є сукупністю різних видів первинної інформації і методик, що забезпечують отримання вторинної інформації, необхідної для вирішення поставлених задач щодо підвищення рівня енергосефективності. Первинною є інформація, що характеризує досліджуване явище на рівні технологічних установок, процесів, виробництв, вторинною – узагальнена характеристика (агрегований показник) досліджуваного явища, результат обробки первинної інформації. Інформація може бути зовнішньою (відомості, що надходять з різних ланок управління і є підставою для постановки і вирішення конкретних задач) та внутрішньою (дані про виробничий процес: фактичні показники енергоспоживання, характеристика стану технологічного устаткування, параметри режиму роботи обладнання тощо).

ВГ як СТС можна представити з одного боку об'єктом як єдине ціле, з іншого боку як сукупність (множину) пов'язаних між собою і взаємодіючих складових частин - об'єктів, але меншого масштабу. Інформаційне відображення фізичного об'єкту або процесу утворює інформаційний об'єкт [14]. Сукупність інформаційних об'єктів, що інформаційно відображають властивості складної системи і процеси, що протікають в ній, утворюють інформаційний простір (ІПр) [14]. Структурними складовими ІПр є інформаційні поля, що являють собою сукупність всієї інформації, зосередженої в даному обсязі простору-часу, та інформаційні потоки – сукупність даних, які переміщуються в просторі по каналах комунікації [15].

Інформаційним полем моніторингу енергоефективності об'єктів ВГ є спеціальним чином організована сукупність атрибутів-характеристик (показників енергоефективності), які разом з кількісними та якісними значеннями (параметрами цих атрибутів) дозволяють відрізнити один об'єкт від іншого [16]. Об'єктом моніторингу ене-

роефективності є один з структуроутворюючих елементів, виділених за функціональною ознакою (насосний агрегат (НА), насосна станція (НС), технологічний процес, водозабір, система централізованого водопостачання (СЦВ) населеного пункту або його частини тощо). Побудова інформаційного поля передбачає формалізований опис об'єктів предметної області за допомогою комплексу властивих для них показників та функціональних зв'язків шляхом використання певних прийомів опису [16].

У загальному випадку згідно теоретико-множинного підходу [17; 18] ВГ як СТС S з точки зору її функціонування будемо розглядати у вигляді кортежу: $S = \langle X, Y, R \rangle$. Нехай вхідні характеристики СТС X представлено вектором критеріїв $X = (x_1, \dots, x_n)$, компоненти якого x_i є значеннями i -ої характеристики енергоефективності (параметра або показника), що відображає результативність системи з точки зору споживання енергоресурсів. Вектор вихідних параметрів Y складається з елементів, які відповідають реалізації мети функціонування системи: енергоефективність EE ВГ. Відношення $R \in X \times Y$ характеризує взаємозв'язок між вхідними та вихідними характеристиками системи. Отже, під системою характеристик енергоефективності слід розуміти комплекс взаємопов'язаних критеріїв, показників, наборів вхідних та вихідних змінних, що характеризують істотні сторони проблеми енергоефективності об'єкту дослідження та пов'язані між собою логічною єдністю, кількісними та функціональними залежностями.

Кількісними атрибутами-характеристиками енергоефективності об'єкту моніторингу є технічні та технологічні параметри, енергетичні характеристики та показники енергоефективності, які описують ефективність його вихідного стану та організації режиму роботи [19]. Отже, вихідне інформаційне поле моніторингу енергоефективності об'єктів водопостачання підприємства ВГ містить набір атрибутів-характеристик, що описують умови вихідного стану, організації технологічного процесу водоподачі та функціонування всієї СЦВ (фіксуються сумарні значення характеристик) та кожного її об'єкту і структурного елемента (водозабору, НС, станція водопідготовки тощо), зокрема:

1) блок характеристики показників виробництва [20], який містить:

- групу натуральних показників (тис.м³), що характеризують ви-

робничу діяльність об'єкту водопостачання (окремі з них стосуються всієї СЦВ на рівні підприємства ВГ, або водозаборів): об'єм піднятої води; об'єм очищеної води; об'єм поданої води в мережу водопроводу, в тому числі, поданої населенню, промисловим підприємствам, установам; об'єм витрати води на власні потреби; об'єм витрати води на технологічні потреби; об'єм води, на який виставлено рахунки споживачам, в тому числі, реалізованої населенню, промисловим підприємствам, установам; втрати води в мережі водопостачання; витрати хімічних реагентів кожного виду;

- групу показників, що характеризують об'єм попиту на воду: питоме водоспоживання на одну людину ($\text{м}^3/\text{особу}$); середньодобові значення об'єму води ($\text{тис.м}^3/\text{добу}$), визначених з урахуванням натуральних виробничих показників та тривалості періоду спостереження (як правило, один рік): поданої в мережу водопостачання; реалізованої; реалізованої населенню; реалізовано згідно приладів обліку споживачів;

- групу відносних показників, визначених з урахування натуральних виробничих показників по відношенню до фактичних об'ємів поданої в мережу води – питомі показники: витрати води на власні потреби, витрати води на технологічні потреби, втрати води; витрати хімічних реагентів кожного виду.

2) блок показників електроспоживання: фактичне електроспоживання (загальне на надання послуги з водопостачання; електроспоживання на підйом води; електроспоживання на водопідготовку; електроспоживання на подачу в водопровідну мережу тощо);

3) блок вихідних характеристик технічного стану: проектна та фактична виробнича потужність споруд СЦВ та їх структурних елементів: водозабірних споруд, споруд водопідготовки, водопроводу; кількість аварій в мережах водопостачання; протяжність мереж водопроводу та вуличних мереж; довжина реконструйованих мереж водопостачання; довжина аварійних та ветхих мереж водопостачання; кількість НС; кількість НС, обладнання яких потребує заміни; кількість НА НС та їх паспортні дані (номінальна продуктивність, номінальна потужність, коефіцієнт корисної дії (ККД) тощо);

4) блок технологічних параметрів структурних елементів СЦВ (сформовано з урахуванням рекомендацій [21]): витрата води від кожної водозабірної споруди, тиск в напірному трубопроводі кожної водозабірної споруди, перепад рівнів на сітках водозабірної споруди, які обертаються, що визначає необхідність їх промивання; об'єм во-

ди, що перекачується НС (I-го підйому, II-го підйому); ККД НС; кількість годин роботи НА НС; тиск в НА НС; тиск в напірному водоводі кожного НА, витрата води по кожному напірному водоводу, тиск у водопровідній мережі, надлишкові напори в диктуючих точках водопровідної мережі, витрата води у водопровідній мережі (лініях водопровідної мережі); витрата початкової води на станції очищення та підготування води, каламутність початкової води, рівень рН початкової та обробленої води, тиск у повітродувних та компресорних установках станції очищення та підготування води, втрати тиску у фільтри або контактному освітлювачі, витрата води, що проходить через кожен освітлювач або відстійник, витрата води на промивання, напір промивних насосів станції очищення та підготування води, тощо

5) блок показників, що характеризують ефективність технічного стану систем водопостачання:

- коефіцієнт використання виробничої потужності водозабірних споруд [20]:

$$K_{\text{водозаб.}}^{\text{ВВП}} = \frac{Q_{\text{факт.водозаб.}}}{Q_{\text{вст.водозаб.}}}, \quad (1)$$

де $Q_{\text{факт.водозаб.}}$, $Q_{\text{вст.водозаб.}}$ – відповідно фактична та встановлена виробнича потужність водозабірних споруд, тис. м³/добу;

- коефіцієнт використання виробничої потужності споруд водопідготовки:

$$K_{\text{водопідг.}}^{\text{ВВП}} = \frac{Q_{\text{факт.водопідг.}}}{Q_{\text{вст.водопідг.}}}, \quad (2)$$

де $Q_{\text{факт.водопідг.}}$, $Q_{\text{вст.водопідг.}}$ – відповідно фактична та встановлена виробнича потужність споруд водопідготовки, тис. м³/добу;

- коефіцієнт використання виробничої потужності водопроводу:

$$K_{\text{водопр.}}^{\text{ВВП}} = \frac{Q_{\text{факт.водопр.}}}{Q_{\text{вст.водопр.}}}, \quad (3)$$

де $Q_{\text{факт.водопр.}}$, $Q_{\text{вст.водопр.}}$ – відповідно фактична та встановлена потужність водопроводу (пропускна здатність), тис. м³/добу;

- коефіцієнт використання виробничих потужностей СЦВ:

$$K_{\text{СКВ.}}^{\text{ВВП}} = \frac{Q_{\text{под.}}}{(Q_{\text{вст.водопр.}} + Q_{\text{вст.водопідг.}} + Q_{\text{вст.водозаб.}}) \cdot N}, \quad (4)$$

де N – тривалість роботи обладнання, діб; $Q_{\text{под.}}$ – сумарний об'єм води, поданої споживачам за період N , тис.м³/добу;

- коефіцієнт аварій, що характеризує кількість аварій в мере-

жах водопостачання на 1 км мережі [20]:

$$K_{ав} = \frac{A}{L}, \quad (5)$$

де A – кількість аварій в мережах водопостачання; L – загальна протяжність водопровідних мереж, км.

- коефіцієнт зносу мереж:

$$K_{зн.мереж.} = \frac{L_{авар}}{L}, \quad (6)$$

де $L_{авар}$ – довжина водопровідних мереж, що знаходяться в аварійному стані, км;

б) блок показників, що характеризують ефективність організації технологічного процесу водопостачання:

- коефіцієнт ефективності використання природного ресурсу (дає комплексну оцінку ефективності водопроводу в умовах економії природних ресурсів):

$$K_{в.р.} = \frac{Q_{реал}}{Q_{підн}}, \quad (7)$$

де $Q_{реал.}$ – об'єм реалізованої споживачам води (на яку виставлено рахунки), тис. м³; $Q_{підн.}$ – об'єм піднятої води тис. м³.

У випадку зменшення втрат води $K_{в.р.}$ збільшуватиметься, прямуючи до 1. Але зменшення втрат води вимагає створення систем з високою надійністю за герметичністю, що збільшує витрати на експлуатацію і створення водопроводів;

- коефіцієнт витрат води на власні потреби:

$$K_{вл.потр.} = \frac{Q_{технол.потр} + Q_{комун.-побут.потр}}{Q_{підн.}}, \quad (8)$$

де $Q_{технол.потр.}$, $Q_{комун.-побут.потр.}$ – об'єм витрат води відповідно на технологічні та комунально-побутові потреби;

- коефіцієнт втрат води, який забезпечує характеристику втрат в мережі, які виникають через необліковані витрати води та через витрати внаслідок аварій:

$$K_{втр.} = \frac{Q_{втр}}{Q_{под}}, \quad (9)$$

де $Q_{втр.}$ – об'єм втрат води в мережі ($Q_{втр.} = Q_{под.} - Q_{реал.}$);

- коефіцієнт ефективності використання продуктивності НА, який характеризує завантаження насосного обладнання, яке безпосередньо впливає на величину використання електроенергії та при-

родних ресурсів і дозволяє оцінити відповідність проектних рішень фактичному водоспоживанню (так як невідповідність насосів за продуктивністю зумовлює створення надлишкових тисків, а отже і витрат природного ресурсу):

$$K_{ef.Q} = \frac{Q_{факт}}{\sum_{i=1}^n Q_{ном_i} \cdot T_{факт_i}}; \quad (10)$$

де $Q_{факт.}$ – фактичний об'єм води, що перекачується НС (для НС I-го підйому $Q_{факт.} = Q_{підн.}$; для НС II-го підйому $Q_{факт.} = Q_{под.}$); $Q_{ном_i}$ – номінальна продуктивність i -го НА, м³/год.; n – кількість працюючих НА на НС;
- коефіцієнт узагальненого завантаження НА НС по продуктивності протягом доби:

$$K_{завант}^{нас.обл.} = \frac{Q_{факт}}{24 \cdot \sum_{i=1}^n Q_{ном_i}}; \quad (11)$$

- усереднений час роботи насосного обладнання НС:

$$t_{р.нас.обл.} = \frac{\sum_{i=1}^n T_{факт_i}}{24 \cdot n}; \quad (12)$$

7) блок показників ефективності електроспоживання:

- електроємність продукції:

$$E_e = \frac{W}{P}, \quad (13)$$

де W – електроспоживання на виробничі та господарські потреби, кВт·год; P – річний об'єму випущеної продукції в грошовому вираженні;

- питоме електроспоживання в СЦВ:

$$w_{СКВ} = \frac{W_{СКВ}}{Q_{реал}}, \quad (14)$$

де $Q_{под}$ – фактичний об'єм води, яку подано до споживачів.

- питоме електроспоживання водозабору (на підйом води, водопідготовку, та подачу води в мережу водопостачання):

$$w_{водозаб.} = \frac{W_{підн.} + W_{водопідг.} + W_{под.}}{Q_{под.}}, \quad (15)$$

де $W_{підн.}$, $W_{водопідг.}$, $W_{под.}$ – електроспоживання відповідно на підйом, підготування та подачу води в мережу, кВт·год;

- питоме електроспоживання НС:

$$W_{НС} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном_i} \cdot T_{факт_i}}{Q_{факт}}, \quad (16)$$

або

$$W_{НС} = \frac{W_{НС}}{Q_{факт}}, \quad (17)$$

де $W_{НС}$ – електроспоживання на НС, кВт·год; $P_{ном_i}$ – номінальна потужність двигуна i -го насосу, кВт·год; $T_{факт_i}$ – фактичний час роботи i -го насоса, год;

- питома витрата електроенергії НА:

$$W_{НА} = \frac{P_{ном} \cdot T_{факт}}{Q_{факт_{НА}}}; \quad (18)$$

- номінальний коефіцієнт ефективності використання потужності НА:

$$K_{еф.P}^{НА} = \frac{P_{ном}}{Q_{ном}}, \quad (19)$$

де $P_{ном}$ – номінальна потужність двигуна НА;

- фактичний коефіцієнт ефективності використання потужності НА:

$$K_{еф}^{НА} = \frac{P_{ном}}{Q_{факт_{НА}}}; \quad (20)$$

- номінальний коефіцієнт ефективності використання потужності НА НС:

$$K_{ном.еф.P}^{НС} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном_i}}{\sum_{i=1}^n Q_{ном_i}}; \quad (21)$$

- фактичний коефіцієнт ефективності використання потужності НА НС:

$$K_{ф.еф.P}^{НС} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{ном_i}}{Q_{факт_{НС}}}; \quad (22)$$

- коефіцієнт ефективності використання потужності НС підйому

води

$$K_{\text{еф.р.підйом}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}_i}^{\text{НС-I}}}{Q_{\text{под}}}, \quad (23)$$

де $P_{\text{ном}}^{\text{НС-I}}$ – номінальна потужність насосних станції першого підйому
 - коефіцієнт ефективності використання потужності приводу НА
 НС СЦВ:

$$K_{\text{еф.р.СКВ}} = \frac{\sum_{i=1}^n P_{\text{ном}_i}^{\text{НС-I}} + \sum_{i=1}^n P_{\text{ном}_i}^{\text{НС-II}}}{Q_{\text{под}}}, \quad (24)$$

де $P_{\text{ном}}^{\text{НС-II}}$ – номінальна потужність насосних станції другого підйому;
 8) блок показників, що характеризує ефективність організації
 обліку:

- коефіцієнт забезпеченості споживачів лічильниками води:

$$K_{\text{обл.}} = \frac{Q_{\text{реал.прил.обл.}}}{Q_{\text{реал}}}, \quad (25)$$

де $Q_{\text{реал.прил.обл.}}$ – об'єм реалізованої споживачам води, на яку виставлено рахунки за показами лічильників, тис. м³.

Слід зазначити, що згідно концепції пірамідального підходу формування сукупності характеристик енергоефективності потребує врахування ієрархічної приналежності вибраного об'єкту дослідження. Тобто, формування множини характеристик енергоефективності об'єктів нижчого рівня вимагає докладного урахування їх технічних характеристик та особливостей функціонування (паспортних даних агрегатів, відповідності проектних рішень фактичним умовам їх роботи, ефективності організації режиму водоподачі тощо) [22]. Разом з тим, на рівні підприємства достатньою є сукупність характеристик, які відображають загальну тенденцію ефективності енергоспоживання не потребуючи детального врахування характеристик нижчих рівнів. При цьому, ці характеристики містять інформацію, яка отримана шляхом агрегування аналогічних характеристик об'єктів нижчих рівнів. Тобто, для відображення СТС необхідним є знаходження компромісу між простотою опису, що дозволяє отримати цілісне уявлення про об'єкт, і деталізацією опису, що дозволяє відобразити численні особливості об'єкта. Розподіл характеристик енергоефективності з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту дослідження та розг-

ляду проблеми енергоефективності дозволить виключити ті з них, які розглядати не доцільно.

Висновок. Для вирішення завдань моніторингу енергоефективності ВГ як СТС необхідним є урахування набору різнопараметричних атрибутів-характеристик енергоефективності (критеріїв, показників, вхідних та вихідних змінних, що характеризують істотні сторони енергоефективності об'єкту дослідження, а також мають різний вплив на ефективність його електроспоживання), яке повинне забезпечити багатофакторний аналіз енергоефективності СТС. Кількісними атрибутами-характеристиками енергоефективності об'єкту моніторингу є технічні та технологічні параметри, енергетичні характеристики та показники енергоефективності, які описують ефективність його вихідного стану та організації режиму роботи. Розподіл характеристик енергоефективності з урахуванням ієрархічного рівня об'єкту дослідження та розгляду проблеми енергоефективності дозволить виключити ті з них, які розглядати не доцільно. Це дозволить отримати структурований набір характеристик, які будуть забезпечувати достатній ступінь деталізації для вибраного рівня постановки проблеми енергоефективності і не будуть потребувати детального опису об'єктів нижчих рівнів.

1. European Commission. Communication from the Commission – Towards an integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: accelerating the European energy system transformation' (C(2015) 6317 final). Brussels, 15.9.2015. 17 p. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2015/EN/3-2015-6317-EN-F1-1.PDF>. (дата звернення: 12.07.2021). 2. Денисюк С. П., Стрелкова Г. Г., Пфайфер К. Ф., Стрелков М. Т., Іщенко О. С. Європейські тенденції інноваційного розвитку в енергетичному секторі та сферах кінцевого енергоспоживання. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2018. № 2. С. 7–19. 3. Стратегія сталого розвитку «Україна – 2020» : Розпорядження Кабінету Міністрів України від 18 серпня 2017 р. № 605-р. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. (дата звернення: 12.07.2021). 4. Базюк Т. М., Огієвич О. М. Оптимізація інформаційних потоків при визначенні показників енергоефективності на підприємстві. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2014. № 2. С. 129–135. 5. Шевцов А. І., Бараннік В. О., Земляний М. Г., Рязова Т. В. Енергоефективність у регіональному вимірі. *Проблеми та перспективи* : аналітична доповідь. Дніпропетровськ, 2014. 78 с. 6. Енергетична політика за межами країн – членів МЕА: Україна 2012. Основні положення та рекомендації. Загальна енергетична політика. OECD/IEA: International Energy Agency, 2012. 42 с. 7. Денисюк С. П. Особливості реалізації політики енергоефективності – пріоритети України. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2013. № 3. С. 7–19.

8. Євтушенко А. О., Неня В. Г., Сотник М. І., Хованський С. О. Визначення оптимального складу насосної станції системи комунального водопостачання. *Вісник КДПУ ім. М. Остроградського*. 2008. Вип. 4/2008 (51). Ч. 1. С. 158–162.
9. Сотник М. І., Бойко В. С., Юрченко М. М. Визначення ефективності експлуатації електромеханічних агрегатів. *Електромеханічні і енергозберігаючі системи*. 2013. Вип. 2/2013 (22). Ч. 2. С. 226–232.
10. Денисюк С. П. Формування політики підвищення енергетичної ефективності – сучасні виклики та європейські орієнтири. *Енергетика: економіка, технології, екологія*. 2013. № 2. С. 7–22.
11. Сухонос М. К. Разработка системы оценки энергоэффективности энергоинфраструктуры предприятия. *Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит*. 2011. № 4 (86) С. 16–21.
12. Розен В. П., Давиденко Л. В., Давиденко В. А. Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи. *Відновлювана енергетика*. 2010. № 1(20). С. 65–70.
13. Розен В. П., Давиденко Л. В., Давиденко В. А. Комплексне оцінювання рівня енергоефективності водогосподарств як складних виробничих систем. *Промислова електроенергетика та електротехніка*. 2010. № 6. С. 20–24.
14. Белов В. С. Информационно-аналитические системы. Основы проектирования и применения. Москва : Московский государственный университет экономики, статистики и информатики, 2005. 111 с.
15. Плєскач В. Л., Затонацька Т. Г. Інформаційні системи і технології на підприємствах. Київ : Знання, 2011. 718 с.
16. Борукаев З. Х., Остапченко К. Б., Грицюк Л. И. Компьютерная модель мониторинга энергоэффективности: аспекты информационного моделирования. *Енергетика та електрифікація*. 2007. № 1. С. 3–7.
17. Анфилатов В. С., Емельянов А. А., Кукушкин А. А. Системный анализ в управлении. Москва : Финансы и статистика, 2002. 268 с.
18. Теория систем и системный анализ в управлении организациями : справочник / под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова. Москва : Финансы и статистика, 2006. 848 с.
19. Davydenko L., Rozen V., Davydenko V., Davydenko N. Formalization of Energy Efficiency Control Procedures of PublicWater-Supply Facilities. *Advances in Intelligent Systems and Computing*. 2017. Vol. 543. Pp. 196–202.
20. Гуринович А. Д., Бахмат А. Б. Экономика предприятий. Минск : БНТУ, 2012. URL: <http://www.bntu.by/sf-es.html>. (дата звернення: 12.07.2021).
21. ДБН В.2.5-74:2013. Водопостачання зовнішні мережі та споруди основні положення проектування. Київ : Міністерство регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України, 2013. 180 с.
22. Davydenko L. Indicators System Creation For The Energy Efficiency Benchmarking Of Municipal Power System Facilities. *Problemele energeticii regionale*. 2015. 1 (27). Pp. 58–70.

REFERENCES:

1. European Commission. Communication from the Commission – Towards an integrated Strategic Energy Technology (SET) Plan: accelerating the European

energy system transformation' (C(2015) 6317 final). Brussels, 15.9.2015. 17 p. URL: <https://ec.europa.eu/transparency/regdoc/rep/3/2015/EN/3-2015-6317-EN-F1-1.PDF>. (data zvernennia: 12.07.2021). **2.** Denysiuk S. P., Strelkova H. H., Pfaifer K. F., Strelkov M. T., Ishchenko O. S. Yevropeiski tendentsii innovatsiinoho rozvytku v enerhetychnomu sektori ta sferakh kintsevoho enerhospozhyvannia. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2018. № 2. S. 7–19. **3.** Stratehiia staloho rozvytku «Ukraina – 2020»: Rozporiadzhennia Kabinetu Ministriv Ukrainy vid 18 serpnia 2017 r. № 605-r. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/605-2017-%D1%80>. (data zvernennia: 12.07.2021). **4.** Baziuk T. M., Ohiiievych O. M. Optyimizatsiia informatsiinykh potokiv pry vyznachenni pokaznykiv enerhoefektyvnosti na pidpriemstvi. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2014. № 2. S. 129–135. **5.** Shevtsov A. I., Barannik V. O., Zemlianyi M. H., Riauzova T. V. Enerhoefektyvnist u rehionalnomu vymiri. *Problemy ta perspektyvy*: analitychna dopovid. Dnipropetrovsk, 2014. 78 s. **6.** Enerhetychna polityka za mezhamy krain – chleniv MEA: Ukraina 2012. Osnovni polozhennia ta rekomendatsii. Zahalna enerhetychna polityka. OECD/IEA: International Energy Agency, 2012. 42 s. **7.** Denysiuk S. P. Osoblyvosti realizatsii polityky enerhoefektyvnosti – priorytety Ukrainy. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2013. № 3. S. 7–19. **8.** Yevtushenko A. O., Nenia V. H., Sotnyk M. I., Khovanskyi S. O. Vyznachennia optymalnogo skladu nasosnoi stantsii systemy komunalnogo vodopostachannia. *Visnyk KDPU im. M. Ostrohradskoho*. 2008. Vyp. 4/2008 (51). Ch. 1. S. 158–162. **9.** Sotnyk M. I., Boiko V. S., Yurchenko M. M. Vyznachennia efektyvnosti ekspluatatsii elektromekhanichnykh ahrehativ. *Elektromekhanichni i enerhozberihaiuchi systemy*. 2013. Vyp. 2/2013 (22). Ch. 2. S. 226–232. **10.** Denysiuk S. P. Formuvannia polityky pidvyshchennia enerhetychnoi efektyvnosti – suchasni vyklyky ta yevropeiski oriientyry. *Enerhetyka: ekonomika, tekhnolohii, ekolohiia*. 2013. № 2. S. 7–22.

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., Doctor of Engineering, Associate Professor (Lutsk National Technical University, Lutsk)

FORMATION OF THE OUTPUT INFORMATION FIELD OF ENERGY EFFICIENCY MONITORING OF WATER SUPPLY FACILITIES OF UKRAINE

The principles of formation of the information field of energy efficiency monitoring taking into consideration technological features of functioning of water supply facilities were proposed. The expediency

of using a multi-parameter set of attributes-characteristics of energy efficiency, which describe the efficiency of the initial state, the organization of the technological process, and the process of power consumption of the research object taking into consideration its hierarchical level was substantiated. A set of quantitative characteristics of energy efficiency, which contains production, technical, technological, and energy parameters, indicators of efficiency of technical condition and power consumption of the facility, and the organization of the technological process of water supply and accounting was formed. The formation of a set of energy efficiency characteristics of lower-level facilities requires detailed consideration of their technical characteristics and functioning features. A set of characteristics that reflect the general trend of energy consumption efficiency is sufficient at the enterprise level. Structuring these characteristics taking into consideration the hierarchical level of the research object and the chosen statement of the monitoring task will provide a sufficient degree of detail of the description of the facility without the need to take into consideration the characteristics of of lower levels facilities of the water supply system.

Keywords: energy efficiency; quantitative attributes-characteristics; information field.

Давыденко Н. В., к.т.н., Давыденко В. А., к.т.н., доцент

(Национальный университет водного хозяйства и

природопользования, г. Ровно), **Давыденко Л. В., д.т.н., доцент**

(Луцкий национальный технически университет, г. Луцк)

ФОРМИРОВАНИЕ ИСХОДНОГО ИНФОРМАЦИОННОГО ПОЛЯ МОНИТОРИНГА ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ ВОДОПРОВОДНОГО ХОЗЯЙСТВА УКРАИНЫ

Предложены принципы формирования информационного поля мониторинга энергоэффективности с учетом технологических особенностей функционирования объектов водоснабжения. Обоснована целесообразность применения разнопараметрического набора атрибутов-характеристик энергоэффективности, которые описывают эффективность исходного состояния, организации технологического процесса, процесса электропотребления объекта

исследования с учетом его иерархического уровня. Сформирован набор количественных характеристик энергоэффективности, который содержит производственные, технические, технологические, энергетические параметры, показатели эффективности технического состояния и электропотребления объекта, организации технологического процесса водоснабжения и учета. Структуризация этих характеристик с учетом иерархического уровня объекта исследования и выбранной постановки задачи мониторинга обеспечит достаточную степень детализации описания объекта без необходимости учета характеристик объектов нижних уровней системы водоснабжения.

***Ключевые слова:* энергоэффективность; информационное поле; количественные атрибуты-характеристики.**
