

ОЦІНЮВАННЯ РІВНЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ОБ'ЄКТІВ СКЛАДНИХ ЕНЕРГОТЕХНОЛОГІЧНИХ СИСТЕМ ЯК ЗАДАЧА БАГАТОМІРНОГО ПОРІВНЯННЯ

Давиденко Л. В., Давиденко В. А.

Луцький національний технічний університет

Запропоновано спосіб визначення рівня енергоефективності об'єктів складних енерготехнологічних систем на основі їх багатомірного порівняння з урахуванням показників ефективності енерговикористання.

Постановка проблеми. Підвищення результативності та ефективності виробничих процесів є однією з важливих задач, які постають перед керівниками підприємств та фахівцями з енерговикористання в сучасних умовах. Рівень ефективності використання енергоресурсів на будь-якому підприємстві залежить від впливу внутрішніх та зовнішніх факторів. Кількісні оцінки енергоефективності необхідні як для вирішення системних питань енергозбереження, так і для прийняття рішення щодо необхідності впровадження конкретних організаційних та технічних заходів з енергозбереження. Вирішення питання щодо визначення рівня ефективності енерговикористання дозволяє зробити висновки про перешочерговість та економічну доцільність заходів з енергозбереження на будь-якому об'єкті.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Аналіз функціонування будь-якого промислового підприємства як складної енерготехнологічної системи вимагає вивчення та урахування особливостей внутрішньої багатопланової діяльності його виробничих об'єктів, всебічного розгляду питань організації та ведення технологічного процесу та управління режимом роботи структурних елементів, оцінювання ефективності використання всіх наявних видів ресурсів [1]. Врахування по можливості максимальної кількості факторів (а також показників, що їх визначають), що впливають на результат, є важливим моментом достовірності отриманих висновків. Існує багато підходів до оцінювання ефективності енерговикористання, що спираються на нормування витрат енергоресурсів, визначення питомих витрат з подальшим їх порівнянням з кращими аналогами, використання енергетичних балансів тощо. Однак, не існує комплексних показників енергоефективності, які б відрізняли одне підприємство від іншого як за зовнішніми параметрами (рівнем використання енергетичних ресурсів, значенням енергетичної складової в собівартості основної продукції), так і за внутрішніми (показниками енерговикористання, методами управління режимом роботи та режимом електроспоживання, організації режиму роботи) [2].

Тому виникає потреба пошуку підходу, який би забезпечував можливість комплексного урахування всіх аспектів дослідження проблеми енергоефективності об'єктів складної енерготехнологічної системи та виконання процедури їх порівняння.

Мета статті. Удосконалення способу виявлення об'єктів підприємств, що потребують першочергового впровадження заходів, спрямованих на підвищення рівня енергоефективності.

Основні матеріали дослідження. Ефективність є одним з важливих критеріїв, що характеризує досконалість виробництва, вона залежить від потужності технологічних установок, наукового та технічного рівня, на якому здійснюється ведення технологічного процесу. Аналізування ефективності використання енергії повинне базуватись на врахуванні всього різноманіття взаємозв'язків, що забезпечують функціонування складної виробничої системи.

Будь-яка енерготехнологічна система представляється як сукупність укрупнених компонентів, необхідних для її існування та функціонування [3]:

$$S \underset{def}{=} \langle Z, STR, TECH, COND \rangle, \quad (1)$$

де $Z = \{z\}$ - сукупність цілей функціонування системи; $STR = \{STR_{sup}, STR_{opz}, \dots\}$ - сукупність структур, що реалізують мету; STR_{sup} - виробнича, STR_{opz} - організаційна; $TECH = \{meth, means, \dots\}$ - сукупність технологій (методи *meth*, засоби *means* і т.п.), що реалізують систему; $COND = \{\varphi_{ex}, \varphi_{in}\}$ - умови існування системи, тобто чинники, що впливають на її функціонування (φ_{ex} - зовнішні, φ_{in} - внутрішні).

Узагальнена властивість системи, що характеризує її пристосованість до виконання поставлених завдань, являє собою її ефективність. Ефективність - це сукупність властивостей, що характеризують якість функціонування системи, оцінювану як відповідність результатів: необхідного та досягнутого [3]. Поняття якості системи трактується як узагальнена позитивна характеристика системи, що виражає ступінь її корисності. Показники якості представляють собою сукупність основних позитивних властивостей системи і є невпорядкованою дискретною множиною $Q = \{Q_i\}$, $i = \overline{1, n}$, причому, Q_i визначені в різних функціональних просторах і різновимірні. Ефективність системи залежить від її показників якості при врахуванні витрат ресурсів на інтервалі часу. Ефективність як група властивостей, представляє лише якість функціонування системи та залежить від властивостей самої системи, способу її застосування і від впливів зовнішнього середовища. Показники ефективності характеризують процес і ефект від функціонування системи. Узагальненим показником ефективності j -ї системи є вектор $Y^j = \langle y_1^j, y_2^j, \dots, y_p^j, \dots, y_n^j \rangle$, що містить сукупність властивостей системи з точки зору її функціону-

вання, компонентами якого є окремі показники ефективності. Кожен показник y_i^j може приймати значення з множини допустимих значень $\{y_i^{don}\}$. Перевірка характеристик процесу та правил функціонування системи, які повинні задовольняти показники ефективності, представляє собою оцінювання ефективності функціонування системи. Якщо така перевірка здійснюється з точки зору використання енергоресурсів, то отримаємо часткову задачу оцінювання ефективності – оцінювання рівня енергоефективності.

Об'єкти енерготехнологічної системи, що підлягають порівнянню, описуються різними ознаками, які можуть змінюватися залежно від постановки задачі оцінювання, глибини дослідження, ієрархічного рівня розміщення об'єктів, особливостей функціонування.

Нехай задано сукупність об'єктів складної енерготехнологічної системи $\Omega = \{\omega_1, \omega_2, \dots, \omega_n, \dots, \omega_N\}$, де N – кількість об'єктів, що вивчаються, та сукупність їх властивостей, що певним чином характеризують енергоефективність, $\Phi = \{\varphi_1, \varphi_2, \dots, \varphi_k, \dots, \varphi_K\}$, де K – кількість властивостей, що вивчаються [4].

Оскільки процес дослідження виконується не на сукупності об'єктів та властивостей, а на їх реалізаціях, то отримаємо деяку матрицю значень:

$$X = \begin{bmatrix} x_{11} & x_{12} & \dots & x_{1n} & \dots & x_{1K} \\ x_{21} & x_{22} & \dots & x_{2n} & \dots & x_{2K} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n1} & x_{n2} & \dots & x_{nk} & \dots & x_{nK} \\ \dots & \dots & \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{N1} & x_{N2} & \dots & x_{Nk} & \dots & x_{NK} \end{bmatrix}, \quad (2)$$

де x_{nk} - значення властивості k для об'єкту n .

Рядки матриці є об'єктами дослідження P_n , які утворюють точки або вектори:

$$P_n = [x_{n1}, x_{n2}, \dots, x_{nk}, \dots, x_{nK}], \quad (3)$$

які розміщено в K -мірному просторі об'єктів, де кожна з властивостей, що описує об'єкт ω_n , представлена у вигляді осі координат K -мірного простору об'єктів, а кожен об'єкт ω_n є вектором простору з координатами, що визначаються (3); а стовпці матриці X – властивості φ_k , які утворюють точки або вектори:

$$X_k = [x_{1k}, x_{2k}, \dots, x_{nk}, \dots, x_{Nk}]^T, \quad (4)$$

які розміщено в N -мірному просторі властивостей, де кожна властивість φ_k є вектором, спрямованим з початку системи координат в дану точку, координати якої визначаються (4). Осями системи координат N -мірного простору є об'єкти.

Показники енергоефективності, що входять в матрицю спостережень (2), описують різні властивості об'єктів, є неоднорідними та мають різні одиниці вимірювання. Для зняття впливу абсолютних величин,

варіації значень показників та елімінування неявної значимості показників виконують попереднє перетворення, яке полягає в стандартизації ознак [4].

Отриманий багатомірний простір містить точки, які відповідають кращим відображенням властивості φ_k та утворюють вектор для об'єкту-еталону, формування якого здійснюється з урахуванням характеру впливу кожного з показників на ефективність енерговикористання шляхом їх поділу на стимулятори (показники, що мають позитивний вплив) та дестимулятори (показники, що мають негативний вплив):

$$P_0 = [z_{01}, z_{02}, \dots, z_{0k}, \dots, z_{0K}], \quad (5)$$

де z_{0k} - координати вектора, якими є кращі значення показників енергоефективності, визначені на основі матриці Z стандартизованих значень показників:

$$z_{0k} = \max_i z_{nk}, \text{ якщо } k \in I, \quad (i=1, \dots, N), \quad (6)$$

$$z_{0k} = \min_i z_{nk}, \text{ якщо } k \notin I, \quad (7)$$

де I – множина стимуляторів.

За еталон може бути вибрано типовий об'єкт, значення показників енергоефективності якого рівні середнім арифметичним значенням показників в досліджуваній сукупності. Порівняння об'єктів складної енерготехнологічної системи з точки зору ефективності енерговикористання, причому як структурних елементів, так і ієрархічних рівнів системи та самих підприємств є важливим моментом при прийнятті рішення про першочерговість впровадження енергозберігаючих технологій як способу зниження енерговитрат та підвищення конкурентноспроможності підприємства. Для порівняння об'єктів, що описуються великою кількістю показників доцільним є використання таксономічного показника [4], який є синтетичною величиною, що є "рівнодіючою" всіх ознак, що характеризують досліджувану властивість. При цьому, зручним є використання модифікованого таксономічного показника енергоефективності:

$$d_i = 1 - \frac{c_{i0}}{c_0}, \quad (8)$$

де c_{i0} - відстань між об'єктами та еталоном:

$$c_{i0} = \sqrt{\sum_{s=1}^K (z_{is} - z_{0s})^2}, \quad (i=1, \dots, N) \quad (9)$$

$$c_0 = \bar{c}_0 + 2S_0; \quad (10)$$

$$\bar{c}_0 = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N c_{i0}; \quad (11)$$

$$S_0 = \sqrt{\frac{1}{N} \sum_{i=1}^N (c_{i0} - \bar{c}_0)^2}. \quad (12)$$

Отже, інтерпретація таксономічного показника енергоефективності полягає в наступному: об'єкт має

тим кращий рівень енергоефективності, чим ближче значення таксономічного показника до одиниці.

Проведення процедури визначення рівня енергоефективності на основі багатомірного порівняння виконано на прикладі водозабірної системи водопостачання КП "Луцькводоканал" (таблиця 1) з урахуванням таких показників енергоефективності [5]: питоме електроспоживання (П1), коефіцієнт використання природного ресурсу (П2), коефіцієнт технологічних витрат води (П3), що визначаються на основі загаль-

ноприйнятих звітних даних про роботу водогосподарства, а також коефіцієнт ефективності використання продуктивності насосних агрегатів (П4), коефіцієнт ефективності використання потужності насосного обладнання НС (П5) та показник оснащеності пристроями плавного регулювання продуктивності насосних агрегатів (П6), який визначається як відношення кількості НА, оснащених пристроями плавного регулювання продуктивності до загальної кількості насосних агрегатів.

Таблиця 1 – Визначення таксономічного показника енергоефективності

Об'єкт	Стандартизовані значення показників енергоефективності						c_{i0}	d_i
	П1	П2	П3	П4	П5	П6		
Дубнівський водозабір	0,612	-0,726	0,588	0,890	-0,548	0,866	3,496	0,774
Омеляниківський водозабір	0,479	0,687	-0,800	-0,137	-0,548	-0,433	2,689	0,826
Водозабір «Гнідава»	-1,091	0,039	0,212	-0,753	1,095	-0,433	1,769	0,886
Стимулятор «+», Дестимулятор «-»	-	+	-	-	+	+		
Еталон енергоефективності	-1,091	0,687	-0,800	-0,753	1,095	0,866		
\bar{c}_0							2,651	
S_0							6,417	
c_0							15,486	

Результати розрахунків виявили, що для всіх об'єктів рівень енергоефективності є відмінним від еталону, при цьому найгірший стан є властивим для Дубнівського водозабору, для якого значення таксономічного показника є найменшим.

Висновки. Оцінювання рівня енергоефективності об'єктів складної енерготехнологічної системи на основі багатомірного порівняння, яке спирається на використання показників ефективності енерговикористання, що відображають властивості системи, дозволяє врахувати ефективність вихідного стану об'єктів дослідження, побудови технологічного процесу, особливості енерговикористання та виявити кращі (гірші) з точки зору ефективності енерговикористання об'єкти, що має важливе практичне значення для прийняття рішення щодо першочерговості впровадження енергозберігаючих заходів з метою підвищення енергоефективності всього підприємства.

Список використаних джерел

1. Розен В. П. Комплексний підхід до задачі енергозбереження та оцінювання рівня енергоефективності водопостачального підприємства як складної системи / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Відновлювальна енергетика - 2010. - №1(20). – С.65-70.

2. Розен В. П. Разработка методики оценки эффективности использования энергетических ресурсов на промышленных предприятиях / В. П. Розен, А. И. Соловей, А. В. Чернявский // Энергетика: экономика, технологии, экология, 2005. – №1. - С.8-17.

3. Теория систем и системный анализ в управлении организациями: Справочник: Учеб. пособие / Под ред. В. Н. Волковой и А. А. Емельянова - М.: Финансы и статистика, 2006. - 848 с.

4. Плюта В. Сравнительный многомерный анализ в экономических исследованиях: Методы таксономии

и факторного анализа / В. Плюта // Пер. с польск. В. В. Иванова – М.: Статистика, 1980. – 151 с.

5. Розен В. П. Формування інформаційного поля для оцінювання рівня енергоефективності систем комунального водопостачання / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник КДПУ ім. М. Остроградського – Кременчук: КДПУ. - 2010. – Вип. №4 (63). – С. 50-53.

Аннотация

ОЦЕНКА УРОВНЯ ЭНЕРГОЭФФЕКТИВНОСТИ ОБЪЕКТОВ СЛОЖНЫХ ЭНЕРГОТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ СИСТЕМ КАК ЗАДАЧА МНОГОМЕРНОГО СРАВНЕНИЯ

Давыденко Л. В., Давыденко В. А.

Предложен способ определения уровня энергоэффективности объектов сложных энерготехнологических систем на основе их многомерного сравнения с учетом показателей эффективности энергопотребления.

Abstract

EVALUATION OF ENERGY LEVEL OF OBJECTS OF COMPLEX SYSTEMS AS PROBLEM OF MULTIDIMENSIONAL COMPARATIVE

L. Davydenko, V. Davydenko

A method for determining the level of energy efficiency energy technology facilities of complex systems based on their multivariate comparisons based on indicators of energy efficiency.