

Бориченко О.В., канд. техн. наук, доцент
Чернявський А.В., канд. техн. наук, доцент
Лебідь В.В., магістрант
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ ПІДПРИЄМСТВА НА ОСНОВІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ

Підвищення енергоефективності та скорочення витрат на енергоресурси є ключовими завданнями для більшості підприємств. Одним з ефективних інструментів оцінювання та поліпшення енергорезультативності є використання базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності, визначення яких описано в міжнародному стандарті ISO 50006:2023 [1]. У квітні 2023 року технічним комітетом ISO/TC 301 було прийнято друге видання стандарту ISO 50006:2023 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання енергорезультативності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності» скасовує та замінює перше видання (ISO 50006:2016 [2]), яке було технічно переглянуто. Концепція і технічні аспекти стандарту було гармонізовано відповідно до оновленої версії міжнародного стандарту ISO 50001:2020 «Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання» [3]. Головні зміни оновленої версії стандарту ISO 50006:2023 також стосуються удосконалення щодо нормалізації показників енергетичної ефективності та базових рівнів енергоспоживання, визначення та моніторингу поліпшення енергетичної результативності.

Базовий рівень та показники енергоефективності використовуються для вимірювання та моніторингу енергорезультативності, а також демонстрації її поліпшення. Показники енергоефективності кількісно оцінюють енергоефективність всієї організації або її частин (наприклад, будівель, обладнання, систем або енергоспоживаючих процесів). Показники енергоефективності можуть бути виражені за допомогою енергетичної моделі і можуть бути представлені в абсолютних одиницях енергоспоживання (наприклад, ГДж, кВт·год) або енергоефективності (наприклад, км/л).

Енергоспоживання організації значною мірою залежить від впливових змінних, таких як погодні умови, обсяги виробництва тощо. Тому для аналізу енергорезультативності за різних умов необхідно проводити нормалізацію даних з урахуванням цих змінних.

Моніторинг поліпшення енергорезультативності відбувається шляхом порівняння поточних значень показників енергоефективності із відповідними базовими рівнями.

На рисунку 1 показано приклад взаємозв'язку між поліпшенням енергорезультативності, показниками енергоефективності, базовим рівнем, значеннями показників та енергетичними цілями, де X прийнято за час, а Y – за кількість спожитої енергії. Рисунок 1 також ілюструє, як поліпшення енергорезультативності досягається, коли значення показника покращується порівняно з базовим рівнем, незалежно від того, чи є енергетичні цілі чи ні.

Організація повинна нормалізувати своє енергоспоживання або енергоефективність, використовуючи відповідну енергетичну модель. Енергетична модель може бути використана для розрахунку очікуваного споживання енергії або очікуваної енергоефективності.

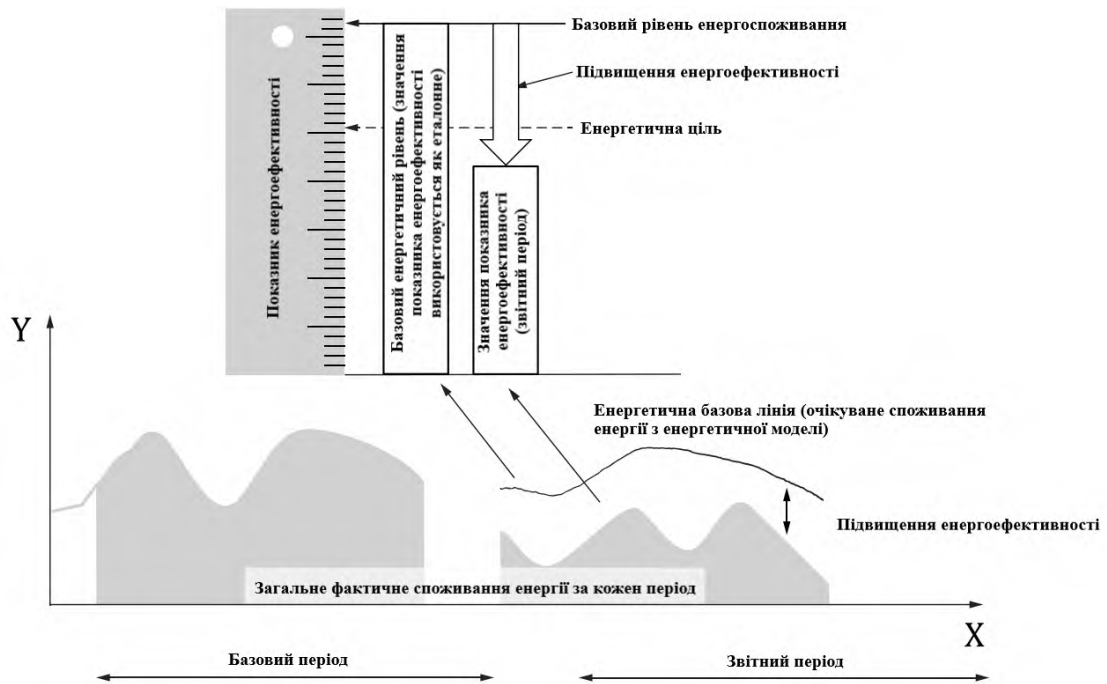


Рисунок 1 – Приклад взаємозв'язку між покращенням енергоефективності, показниками енергоефективності, базовим рівнем, значеннями показників та енергетичними цілями

У випадках, коли існує лише одна впливова змінна, можна використовувати просту лінійну регресію або нелінійну регресійну енергетичну модель для споживання енергії або енергоефективності.

Проста лінійна регресія для споживання енергії може бути виражена формулою:

$$Y = mx + C, \quad (1)$$

де Y – це споживання енергії; m – це споживання енергії на одиницю впливової змінної; x – це значення впливової змінної; C – споживання енергії базовим навантаженням, яке не пов'язане з впливовою змінною.

Використання абсолютного значення енергоспоживання може бути обґрунтованим тоді, коли на споживану енергію не впливають жодні впливові змінні. Це можна визначити спостерігаючи за тенденцією споживання енергії з плином часу. Це означає, що щоденне, щотижневе або щомісячне споживання енергії змінюється в межах прийнятного діапазону, встановленого організацією. Якщо Y не є постійною або не знаходиться в прийнятному діапазоні, встановленому організацією, це свідчить про наявність впливових змінних, і потрібна нормалізація.

Коли базове навантаження дорівнює нулю, відношення споживаної енергії до одиниці впливової змінної (m) може бути використане як відповідний показник ефективності споживаної енергії. Також відношення може бути використане як показник ефективності споживаної енергії, коли на енергоспоживання впливає одна впливова змінна і відсутнє базове навантаження енергоспоживання.

У випадках, коли існує більше однієї релевантної змінної, може бути використана модель енергії з багатомірною лінійною регресією. Модель енергії з багатомірною лінійною регресією для споживання енергії може бути виражена за допомогою формули:

$$Y = m_1x_1 + m_2x_2 + \dots + m_nx_n + C, \quad (2)$$

де Y – споживана енергія; m_1, m_2, \dots, m_n – споживана енергія на одиницю впливових змінних; x_1, x_2, \dots, x_n – впливові змінні; C – базове навантаження.

На практиці найбільш поширені моделі енергії з кількома впливовими змінними.

Агреговану енергетичну модель можна розрахувати шляхом поєднання різних енергетичних моделей. Умовні моделі також є агрегованими моделями. У цьому випадку різні моделі енергоспоживання застосовуються на обох боках порогового значення (N) відповідної змінної. Умовна модель може бути виражена за допомогою формул:

$$Y = f(x_1, x_2, \dots, x_n) - \text{if } x_i > N, \quad (3)$$

$$Y = g(x_1, x_2, \dots, x_n) - \text{if } x_i \leq N, \quad (4)$$

де Y – споживана енергія; f – модель енергоспоживання, яка враховує впливові змінні, коли

змінна x_i перевищує порогове значення (N); g – модель енергоспоживання, яка враховує впливові змінні, коли змінна x_i перебуває нижче або на пороговому значенні (N); x_1, x_2, \dots, x_n – впливові змінні.

Інженерні моделі часто описуються фізичними або емпіричними законами (наприклад, рівняння, яке описує відношення опору руху рідини і швидкості потоку до споживаної потужності насоса).

Інженерні моделі можуть бути використані для моделювання з метою оцінювання енергоефективності простих і складних об'єктів, обладнання, систем або процесів, що використовують енергію.

Таким чином, лінійна регресія є найпоширенішою серед методів прогнозування, і є доцільнішим при прогнозуванні, якщо попередньо є багато впливових змінних. Основним недоліком цієї моделі є неможливість врахувати нелінійність впливових чинників і для таких випадків використовують більш складні моделі.

Описаний вище підхід до оцінювання енергорезультативності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності може використовуватись не тільки на рівні всього підприємства, а й на рівні окремих суттєвих споживачів енергії. Для цього, перш за все, необхідно встановити межі оцінювання енергорезультативності. В межі оцінювання можуть потрапити як окреме енергоємне обладнання, окрема система енергоспоживання або виробничий чи структурний підрозділ підприємства. Далі необхідно обрати відповідний вид показника енергоефективності і встановити базовий рівень енергоспоживання цього показника. Більш детально ця процедура описана в Керівництві [4].

Список використаної літератури

1. International Organization for Standardization. (2023). ISO 50006:2023 – Energy management systems. Measuring energy performance using energy baselines and energy performance indicators 2023, 44 p.
2. ДСТУ ISO 50001:2020. Системи енергетичного менеджменту. Вимоги та настанова щодо використання (ISO 50001:2018, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2020. 33 с.
3. ДСТУ ISO 50006:2016. Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанова (ISO 50006:2014, IDT). Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016. 56 с.
4. Керівництво з впровадження системи енергетичного менеджменту відповідно до вимог міжнародного стандарту ISO 50001:2018 / О. Бориченко, Є. Іншеков, П. Пертко, О. Соловей, А. Чернявський. // Під редакцією Є. Іншекова та А. Чернявського. – UNIDO: Проєкт UNIDO-GEF UKR-IEE, 2021. – 130 с.