УДК 621.311.003.13

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

МОДЕЛІ БАЗОВИХ РІВНІВ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ ДЛЯ ВИМІРЮВАНЬ ТА ВЕРИФІКАЦІЇ ЕНЕРГОРЕЗУЛЬТАТИВНОСТІ СИСТЕМ ЕНЕРГОМЕНЕДЖМЕНТУ ПРОМИСЛОВИХ ОБ'ЄКТІВ

Згідно чинного національного стандарту України ДСТУ ISO 50006:2016 «Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення та настанови» (ISO 50006:2014, IDT) для вимірювання та верифікації енергорезультативності систем енергетичного менеджменту застосовують показники енергоефективності. Базовий рівень енергоспоживання застосовується для порівняння значень енергоефективності протягом тривалого часу та кількісного оцінювання змін в рівні досягнутої енергоефективності. Для встановлення та оцінювання базового рівня енергоспоживання традиційно використовують регресійний аналіз [1].

Важливим інструментом вимірювання та верифікації енергорезультативності на підприємстві є встановлення базового рівня енергоспоживання (БРЕ), що являє собою математичну модель, яка описує залежність процесу енергоспоживання від певних впливових чинників. БРЕ використовується для моніторингу енергорезультативності за умови встановлення цільового значення енергоспоживання. Статистичний аналіз при побудові БРЕ дозволяє не лише будувати модель енергоспоживання, також виявити потенціальні можливості поліпшення енергорезультативності системи енергетичного менеджменту підприємства.

Виявлення можливостей поліпшення енергорезультативності та складання переліку цих можливостей за пріоритетами є результатом енергетичного аналізу. Збирання та аналізування даних створює підґрунтя для визначення пріоритетності можливостей поліпшення енергорезультативності. На основі переліку можливостей визначається планове цільове заощадження на певний звітний період, яке вимірюється та верифікується за умови порівняння фактичного, цільового та планового енергоспоживання, які визначені на основі встановленого БРЕ. На рисунку 1 наведено процес вимірювання та верифікації досягнення планового енергозаощадження [1].

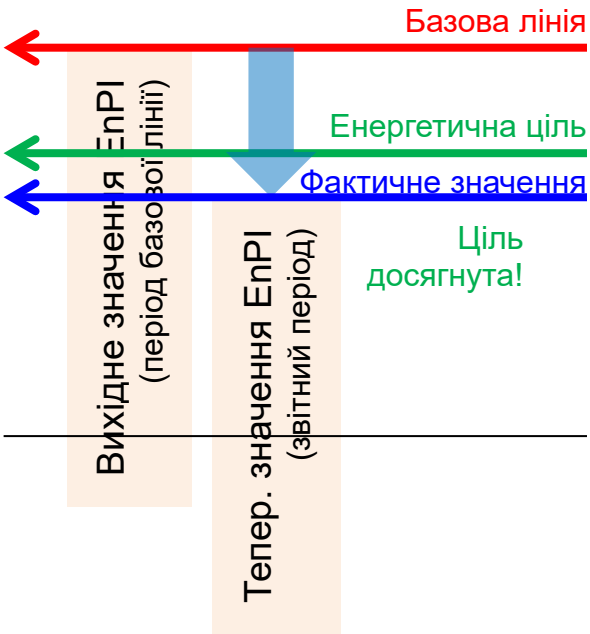

Рисунок 1 – Схематичне представлення вимірювання та верифікації енергорезультативності.

БРЕ встановлюються на основі енергетичного аналізу та дозволяють визначити основні показники та енергорезультативність. Проводиться кореляційно-регресійний аналіз та визначається регресійна модель залежності процесу енергоспоживання від певних факторів, що впливають на цей процес. Найбільш поширеними вважаються лінійні регресійні моделі через простоту та інтерпретованість [2].

Процес побудови БРЕ базується на встановленні статистично значущою залежності між процесом енергоспоживання та певними кількісними показниками, які мають потенційний вплив на зміну енергоспоживання. Дану задачу можна віднести до класичної задачі машинного навчання «навчання з вчителем». Для вирішення подібної задачі збираються статистичні дані за певний тренувальний період, потім знаходиться функція залежності між процесом енергоспоживання та чинниками, що впливають на даний процес. Для задач даного типу існує міжгалузевий стандарт дослідження даних «CRISP-DM» (Cross-Industry Standard Process for Data Mining)[3], який визначає методологічні рекомендації для побудови математичних моделей.

Згідно методики CRISP-DM модель життєвого циклу побудови регресійної залежності умовно можна поділити на шість етапів:

1) Розуміння технологічних і організаційних процесів на підприємстві;
2) Початковий аналіз даних;
3) Підготовка даних (заповнення відсутніх значень, аналіз відхилень від норми тощо);
4) Моделювання регресійної залежності;
5) Оцінка статистичної значущості моделі;
6) Впровадження.

Висновки. Для вимірювання та верифікації енергорезультативності системи енергетичного менеджменту на підприємстві встановлюють базовий рівень енергоспоживання. Встановлення та оцінювання БРЕ традиційно здійснюють на основі регресійного аналізу. Для побудови базових рівнів можна використовувати не лише регресійний аналіз, а також інші методи машинного навчання для встановлення залежності між змінними. Для вирішення такої задачі можна використовувати підхід до дослідження даних «CRISP-DM».

Список використаних джерел:

1. ДСТУ ISO 50006:2016 Системи енергетичного менеджменту. Вимірювання рівня досягнутої енергоефективності з використанням базових рівнів енергоспоживання та показників енергоефективності. Загальні положення і настанова. Київ, ДП «УкрНДНЦ», 2016, 56 с.

2. Праховник А.В., Соловей А.И., Прокопенко В.В. Энергетический менеджмент. К.: Киевская нотная фабрика, 2001. 472 с.

3. CRISP-DM: проверенная методология для Data Scientist-ов [Електронний ресурс]. – Режим доступу: https://habr.com/ru/company/lanit/blog/328858/