

ПЕРЕВІРКА МОЖЛИВОСТІ ВИКОРИСТАННЯ КОНТРОЛЬНИХ КАРТ ШУХАРТА ДЛЯ КОНТРОЛЮВАННЯ РІВНЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ

Давиденко В. А., Давиденко Л. В.

Луцький національний технічний університет

Запропоновано спосіб підвищення результативності процедури контролювання рівня ефективності електроспоживання на об'єктах складних енерготехнологічних систем.

Постановка проблеми. Цілеспрямована діяльність у сфері енергозбереження потребує постійного управління енерговикористанням, при цьому, важливою складовою процесу є здійснення систематичного контролювання рівня ефективності енерговикористання [1] для виявлення та попередження небажаних тенденцій розвитку.

Аналіз останніх досліджень та публікацій.

Контролювання ефективності енерговикористання на об'єктах складних енерготехнологічних систем вимагає постійного аналізування динаміки зміни питомого електроспоживання. Для реалізації поточного контролювання ефективності електроспоживання зручним є використання контрольних карт Шухарта, зокрема, контрольних карт індивідуальних значень [2]. Для контрольних карт, що використовують кількісні дані, передбачається нормальний розподіл для варіацій всередині вибірки, причому відхилення від цього припущення впливає на ефективність карт, так як, коефіцієнти для обчислення контрольних меж визначаються за умови нормальності. Оскільки контрольні межі використовуються лише як емпіричні критерії для прийняття рішення, то можливим є нехтування малими відхиленнями від нормальності. Згідно центральної граничної теореми, вибірккові середні з ростом об'єму вибірки мають розподіл, що наближається до нормального, навіть якщо окремі спостереження не відповідають нормальності розподілу [3]. Проте, контролювання рівня ефективності електроспоживання значно залежить від правильності визначення меж регулювання контрольних карт. Кожен об'єкт складної енерготехнологічної системи має свої особливості побудови технологічного процесу, склад та характер продукції на його виході, набір показників енергоефективності, що впливають на ефективність електроспоживання. Як наслідок, закон розподілу ймовірностей питомого електроспоживання може бути відмінним від нормального, що призведе до спотворення контрольних меж регулювання та знизить ефективність самих карт. Тому, перевірка припущення щодо розподілу ймовірностей є важливим етапом процедури побудови контрольних карт.

Мета статті. Підвищення інформативності результатів контролювання ефективності електроспоживання на основі побудови контрольних карт за допомогою виконання процедури перевірки відповідності вибірки питомого електроспоживання нормальному закону розподілу ймовірностей.

Основні матеріали дослідження. Дослідження вибірки на відповідність нормальному закону розподілу ймовірностей доцільно проводити поетапно.

Етап 1. Попередня перевірка нормальності розподілу на базі первинної статистичної обробки вихідних даних. Ступінь зміщення вибіркової середньої визначається величиною коефіцієнту асиметрії (вибіркового коефіцієнту скошеності), який характеризує міру відхилення симетричного розподілу відносно максимальної ординати [4]:

$$A_{s_w} = \frac{\mu_3}{(\mu_2)^{3/2}} = \frac{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^3}{\left[\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^2 \right]^{3/2}}, \quad (1)$$

де μ_3 , μ_2 – центральний момент відповідно третього та другого порядку.

Кількісну оцінку ступеня відхилення емпіричної кривої розподілу від теоретичної відображає коефіцієнт ексцесу (вибіркковий коефіцієнт гостроверхості):

$$E_{k_w} = \frac{\mu_4}{(\mu_2)^2} - 3, \quad (2)$$

Для перевірки використовуються незміщені оцінки коефіцієнтів [4]:

$$A_{ns_w} = \frac{\sqrt{n(n-1)}}{n-2} A_{s_w}; \quad (3)$$

$$E_{nk_w} = \frac{n-1}{(n-2)(n-3)} [(n+1)E_{k_w} + 6]. \quad (4)$$

За критерієм асиметрії і ексцесу перевіряється гіпотеза H_0 : випадкова величина має розподіл, відмінний від нормального. Для нормального розподілу, $A_{s_w} = 0$ і $E_{k_w} = 0$. Гіпотеза H_0 відкидається, якщо:

$$|A_{ns_w}| < \frac{S_{A_{s_w}}}{1,5 \div 2} = (0,5 \div 0,67) \sqrt{\frac{6}{n+3}}; \quad (5)$$

$$E_{nk_w} < \frac{S_{E_{k_w}}}{1,5 \div 2} = (1 \div 1,33) \sqrt{\frac{6}{n+3}}. \quad (6)$$

де $S_{A_{s_w}}$, $S_{E_{k_w}}$ – стандартні відхилення відповідно коефіцієнту асиметрії та ексцесу.

Для нормального закону розподілу властивим є співпадання характеристик центру тяжіння: середнього арифметичного \bar{w} , моди Mo_w та медіани Me_w .

Етап 2. Статистична перевірка гіпотези про вид закону розподілу. Для перевірки гіпотези про відповідність нормальному закону розподілу використовується критерій згоди Пірсона χ^2 . Розмах варіювання вибірових даних розбиваємо на l рівних інтервалів, для яких визначаємо частоти n_i появи спостережень. Доведено, що при $n \rightarrow \infty$ закон розподілу випадкової величин, незалежно від того, за яким законом розподілена генеральна сукупність наближається до закону розподілу χ^2 з $\nu = l - m - 1$ ступенями свободи (де m - кількість параметрів, що визначають розподіл) [5]. Статистика критерію Пірсона:

$$\chi^2 = \sum_{i=1}^l \frac{(n_i - np_i)^2}{np_i}, \quad (7)$$

де P_i - імовірність попадання випадкової величини в I -й інтервал:

$$P_i = \frac{1}{2}(\Phi(z_{i+1}) - \Phi(z_i)), \quad (8)$$

де $\Phi(z)$ - нормована функція Лапласа.

Виконання умови $\chi^2 \leq \chi_{сп,\alpha,\nu}^2$ (де α - рівень значимості; $\nu = l - m - 1$ - кількість ступенів свободи) засвідчує прийняття нульової гіпотези, що підтверджує відповідність вибірки нормальному закону розподілу ймовірностей.

При об'ємі вибірки $50 > n > 15$ для перевірки гіпотези про нормальність розподілу можливе використання складеного d -критерію Фішера [5]:

$$\tilde{d} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})}{nS_w^*}}, \quad (9)$$

де S_w^* - зміщена оцінка середньоквадратичного відхилення:

$$S_w^* = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (w_i - \bar{w})^2}{n}} \quad (10)$$

Згідно d -критерій Фішера гіпотеза про нормальність закону розподілу не суперечить експериментальним даним, якщо:

$$d_{1-\frac{\alpha}{2}} < \tilde{d} \leq d_{\frac{\alpha}{2}}, \quad (11)$$

де $d_{1-\frac{\alpha}{2}}$, $d_{\frac{\alpha}{2}}$ - квантілі розподілу при заданому рівні значимості α та кількості ступенів свободи.

Перевірка відповідності вибірки питомого електроспоживання нормальному закону розподілу ймовірностей виконано з використанням стандартних процедур Summary Statistics (Описові статистики) та Distribution Fitting (Підбір розподілу) пакету STATISTICA StatSoft, Inc. (2001). Розрахунки проводились для значень питомого електроспоживання в системі водопостачання та кожного водозабору комунального підприємства.

Таблиця 1 – Статистичні характеристики питомого електроспоживання об'єктів водопостачання

Статистичні характеристики	Система водопостачання	Водозабір №1	Водозабір №2	Водозабір №3
Середнє значення, \bar{w}	0,73	0,502	0,699	0,532
Стандартне відхилення \bar{S}_w	0,062	0,072	0,194	0,237
Дисперсія вибірки \bar{S}_w^2	0,0038	0,0052	0,037	0,056
Мода Mo_w	0,74	0,487	0,69	0,514
Медіана Me_w	0,735	0,489	0,694	0,522
Коефіцієнт асиметрії A_{ns_w}	0,065	0,16	0,203	0,224
Стандартне відхилення коефіцієнту асиметрії S_{As_w}	0,343	0,343	0,343	0,343
Коефіцієнт ексцесу E_{nk_w}	0,39	0,548	0,69	0,758
Стандартне відхилення коефіцієнту ексцесу S_{Ek_w}	0,675	0,675	0,675	0,675

Результати первинної статистичної обробки даних (табл. 1) для перевірки відповідності вибірки нормальному закону розподілу ймовірностей, тобто гіпоте-

зи H_0 : випадкова величина має розподіл, відмінний від нормального, вказують на можливість відхилення гіпотези про відхилення закону розподілу вибірки для

питомого електроспоживання об'єктів дослідження від нормального.

Наступним кроком є перевірка гіпотези про вид закону розподілу ймовірностей, тобто про відповід-

ність отриманих результатів спостереження нормальному закону розподілу. Результати перевірки гіпотези про відповідність вибірки нормальному закону розподілу (табл. 2) не дають підстав для її відкидання.

Таблиця 2 – Результати перевірки відповідності вибірки нормальному закону розподілу

Об'єкт	Розрахункове значення χ^2	Число ступенів свободи (скоректоване)	Рівень значимості	Виконання умови
Система водопостачання	0,56717	3	0,9039	>0,05
Водозабір №1	0,23387	1	0,628	>0,05
Водозабір №2	1,148	2	0,47	>0,05
Водозабір №3	2,84	1	0,09	>0,05

Виконання умови $\chi^2 \leq \chi_{кр,\alpha,\nu}^2$ (де $\alpha=0,05$ - рівень значимості; $\nu = l - m - 1$ - кількість ступенів свободи) свідчить про прийняття нульової гіпотези, що підтверджує відповідність вибірки нормальному закону розподілу та забезпечує можливість використання для побудови контрольних карт стандартної процедури Control Cards (Контрольні карти) пакету STATISTICA StatSoft, Inc.(2001).

Непідтвердження підпорядкування вибірки нормальному закону розподілу вимагає пошуку відповідних алгоритмів приведення її закону розподілу до нормального виду. При цьому слід керуватися виглядом емпіричних полігонів та гістограм частот розподілу ймовірностей питомого електроспоживання об'єктів дослідження. Після завершення процедури опрацювання даних для отримання кінцевого результату необхідним є виконання зворотних перетворень для приведення даних до вихідного виду. Зважаючи на те, що для кожного об'єкту дослідження, навіть в межах одного підприємства, можлива відмінність у вигляді статистичних гістограм розподілу ймовірностей, дана процедура вимагає розроблення відповідного алгоритму побудови контрольних карт для контролювання ефективності електроспоживання на об'єктах складних енерготехнологічних систем.

Висновки. Перевірка відповідності питомого електроспоживання нормальному закону розподілу ймовірностей є важливим етапом побудови контрольних карт індивідуальних значень, який не лише забезпечує можливість використання стандартної процедури побудови самих карт, а й сприяє підвищенню ефективності їх використання та інформативності результатів контролювання ефективності електроспоживання на об'єктах складних енерготехнологічних систем, які характеризуються різноманітністю вихідних чинників, що мають вплив на величину питомого електроспоживання.

Список використаних джерел

1. Праховник А. В. Контроль ефективності енерговикористання – ключова проблема управління енергозбереженням / А. В. Праховник, В. Ф. Находов, О. В. Бориченко // Энергосбережение, энергетика, энергоаудит. – 2009. – №8 (66). – С. 41-54.

2. Розен В. П. Використання контрольних карт Шухарта для контролювання ефективності електро-

споживання в системах комунального водопостачання / В. П. Розен, Л. В. Давиденко, В. А. Давиденко // Вісник Кременчуцького національного університету ім. М. Остроградського. – Кременчук: КрНУ. – 2012. – Вип. №1 (72) Ч.1. – С.31-35

3. ГОСТ Р 50779.42-99 Статистические методы. Контрольные карты Шухарта.

4. Шашков В. Б. Обработка экспериментальных данных и построение эмпирических формул. Курс лекций: Учебное пособие / В. Б. Шашков - Оренбург: ГОУ ОГУ, 2005. – 150 с.

5. Лежнюк П. Д. Основы теории планирования эксперимента: Лабораторный практикум / П. Д. Лежнюк, О. Э. Рубаненко, Ю. В. Лук'яненко. – Вінниця: ВНТУ, 2006. – 167 с.

Аннотация

ПРОВЕРКА ВОЗМОЖНОСТИ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ КОНТРОЛЬНЫХ КАРТ ШУХАРТА ДЛЯ КОНТРОЛИРОВАНИЯ УРОВНЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ ЭЛЕКТРОПОТРЕБЛЕНИЯ

Давыденко В. А., Давыденко Л. В.

Предложен способ повышения результативности процедуры контролирования уровня эффективности электропотребления на объектах сложных энерготехнологических систем.

Abstract

THE CHECK PROCEDURE OF USING THE SHEWHART CONTROL CHARTS FOR CONTROLLING THE EFFICIENCY LEVEL OF POWER CONSUMPTION

V. Davydenko, L. Davydenko

An method of increasing the effectiveness of procedure of controlling the efficiency level of power consumption on the objects of complex energotechnological systems is proposed.