

УДК 621.316.11

А.С. Бондарчук, канд. техн. наук, Одес. нац. политехн. ун-т

МЕТОД МОНИТОРИНГУ ДИНАМІКИ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ МІСТА ОДЕСА В ПЕРІОД ДО ВИНИКНЕННЯ І В УМОВАХ ФІНАНСОВО-ЕКОНОМІЧНОЇ КРИЗИ

А.С. Бондарчук. Метод моніторингу динаміки електроспоживання міста Одеса в період до виникнення і в умовах фінансово-економічної кризи. Запропоновано метод проведення аналізу електроспоживання м. Одеса до виникнення і в період фінансово-економічної кризи, особливістю якого є врахування впливу метеофакторів на величину добового електроспоживання міста.

А.С. Бондарчук. Метод мониторинга динамики электропотребления города Одесса в период до возникновения и в условиях финансово-экономического кризиса. Предложен метод проведения анализа электропотребления г. Одесса до возникновения и в период финансово-экономического кризиса, особенностью которого является учет влияния метеофакторов на величину суточного электропотребления города.

A.S. Bondarchuk. Method of monitoring the power consumption dynamics of the city of Odessa before and in the conditions of finances-economic crisis. The method of conducting analysis of power consumption in the city of Odessa before and during the financial-economic crisis is proposed. The feature of the method is taking into account the influence of meteorofactors on the value of the city's daily electrical energy consumption.

Перелік термінових заходів із подолання негативних наслідків фінансової кризи й мінімізації його впливу на економіку Одеси, який прийнято на основі рішення наради від 15.01.09 р. в м. Києві з керівниками центральних та місцевих органів виконавчої влади та органів місцевого самоврядування з питань протистояння світовій фінансовій кризі, передбачає впровадження інноваційних проєктів з енергозбереження, енергозберігаючих технологій і обладнання. Ефективність реалізації цих заходів можна визначати шляхом моніторингу величини реального електроспоживання споживачами м. Одеса протягом визначеного часу.

Завданням викладеного методу є сприяння досягненню економного споживання електроенергії за рахунок використання запропонованої методики моніторингу реальної динаміки електроспоживання споживачами будь-якого міста за визначений період. Особливістю методу, на відміну від відомих [1], є врахування впливу на формування графіка електроспоживання метеорологічних умов, що значно підвищує адекватність моделі динаміки електроспоживання реальним процесам.

Особливості методу такі:

— моделювання тенденції електроспоживання електроприймачами міста виконується відносно опалювального сезону 2007/2008 рр., тобто до виникнення фінансово-економічної кризи, і під час кризових явищ в період опалювального сезону 2008/2009 рр.;

— модель динаміки електроспоживання будується на фактичних вибірках електроспоживання за кожну типову добу (по середах) і метеоінформації за ці дні протягом зазначених періодів;

— прогностична модель електроспоживання є адаптивною у тому розумінні, що її параметри коригуються шляхом приведення їх до метеорологічних умов докризового (базового) стану;

— моніторинг динаміки визначається порівнянням кількості споживання електроенергії докризового періоду та кількості споживання електроенергії у післякризовий період;

— метод може ефективно використовуватись для енергетичного аудиту та менеджменту об'єкта, диспетчерських управлінь енергосистем для прогнозування й оцінювання ефективності запровадження енергоресурсозаощаджувальних заходів.

Розкриття сутності моніторингу подається через приклад проведення статистичного аналізу електроспоживання м. Одеса в періоди до і в умовах фінансово-економічної кризи, що може служити оцінюванню вірогідної глибини проникнення кризових явищ в енергетичну сферу міста для прийняття відповідних рішень щодо заощадження енергетичних ресурсів.

Прогностичні моделі електроспоживання, як правило, мають характер регресійних залежностей між величиною споживання електроенергії і метеорологічними умовами, такими як температура, вологість, направленість і швидкість вітру, хмарність небосхилу, атмосферний тиск, тривалість світлого часу доби [2]. Якщо при моніторингу не враховувати впливу метеофакторів, результати дослідження динаміки електроспоживання електроприймачами можуть містити значущу величину похибки за рахунок віднесення впливу метеофакторів на зміну величини електроспоживання електроприймачами.

Модель тенденції електроспоживання протягом визначеного першого і другого періодів часу має вигляд

$$\Delta W(T_{1-2}) = W_1(T_1) - W_2'(T_2) + \varepsilon, \quad (1)$$

де $W_2'(T_2)$ — величина споживаної електроенергії за другий період часу $W_2(T_2)$, яка приведена до метеорологічних умов за перший (базовий) період;

ε — випадкова величина, що залежить від випадкових факторів, яка в нормальних умовах дорівнює нулю.

Модель приведення $W_2(T_2)$ до метеорологічних умов першого періоду виконується за виразом

$$W_2'(T_2) = W_2(T_2) - \sum_1^n w_r \Delta T^\circ - \sum_1^n w_d \Delta D - \sum_1^n w_p \Delta P - \sum_1^n w_l \Delta L - \sum_1^n w_v \Delta V - \sum_1^n w_h \Delta H - \varepsilon, \quad (2)$$

де $w_r, w_d, w_p, w_l, w_v, w_h$ — реакція потужності на зміну відповідно температури, тривалості дня, атмосферного тиску, вологості повітря, швидкості вітру, хмарності небосхилу;

$\Delta T^\circ, \Delta D, \Delta P, \Delta L, \Delta V, \Delta H$ — різниця параметрів метеорологічних умов першого і другого періодів моніторингу відповідно за температурою, тривалістю дня, атмосферним тиском, вологістю повітря, швидкістю вітру, хмарністю небосхилу;

n — кількість тижнів в періоді.

З метою виявлення міри впливу погодних умов на формування графіка електроспоживання і можливості адекватного моделювання за реальними даними виконується статистичний аналіз [3] вихідних даних електроспоживання електроприймачами міста Одеса за періоди опалювального сезону 2007/2008 рр. і 2008/2009 рр.

Кореляційний аналіз дозволяє оцінити міру взаємозв'язку між метеофакторами і величиною електроспоживання.

Кореляційна матриця складається з коефіцієнтів кореляції, обчислених для кожної можливої пари змінних (див. таблицю).

Кореляційна матриця

Змінні	Електричне споживання	Температура повітря	Тривалість дня	Атмосферний тиск	Вологість повітря	Швидкість вітру	Хмарність небосхилу
Електричне споживання	1						
Температура повітря	-0,763	1					
Тривалість дня	-0,538	0,511	1				

Атмосферний тиск	-0,004	-0,157	-0,173	1			
Вологість повітря	-0,227	0,163	0,106	-0,076	1		
Швидкість вітру	-0,196	-0,128	-0,342	0,095	0,027	1	
Хмарність небосхилу	0,112	-0,118	-0,084	-0,264	0,391	0,368	1

Аналіз отриманих результатів демонструє, що існує функціональний негативний зв'язок між випадковими величинами температури повітря, тривалістю дня і електроспоживанням (коефіцієнт кореляції відповідно $-0,763$ і $-0,538$). Інші фактори виявили слабкий зв'язок із динамікою електроспоживання міста.

Вплив тривалості дня на електроспоживання відкидається при моніторингу за періоди, що досліджуються, оскільки вони, практично, однакові (різниця у тривалості дня складає близько 2...3 хв.). Таким чином, значущий вплив на електроспоживання міста виявляє тільки температура повітря.

Наступний крок статистичного аналізу даних, регресійний аналіз, дозволяє визначити вид аналітичного виразу (рівняння регресії), який описує зв'язок залежної випадкової величини (електроспоживання) з незалежним випадковим, у даному разі, метеофактором (температурою повітря).

На етапі регресійного аналізу розв'язуються такі задачі:

- вибір загального виду рівняння регресії;
- визначення міри взаємоз'язку між результативною ознакою і факторами;
- визначення коефіцієнтів рівняння і їхнього довірчого інтервалу.

Вибір загального вигляду рівняння регресії виявляє механізм отримання значень залежної величини за значенням незалежної.

Параметри рівняння лінійної регресії b_0 , b_1 , які відображатиме реакцію електроспоживання \hat{w} на температуру повітря t

$$\hat{w}(t) = b_0 + b_1(t),$$

можуть визначатися за допомогою методу найменших квадратів, за яким мінімізується сума квадратів залишків за виразом

$$Q_{\text{зал}} = \sum_1^n [w_i - b_0 - b_1 t]^2 \rightarrow \min. \quad (4)$$

Рівняння регресії має вигляд (рис. 1)

$$\hat{w} = 12142,8 - 93,9t.$$

Коефіцієнти регресії попадають у довірчий інтервал, оскільки $11645,4 < (b_0=12142,8) < 12640$, а також $-228,4 < (b_1=-93,9) < 40,4$, що свідчить про вірогідну адекватність моделі реальним даним.

Графічне представлення залишків регресії демонструє те, що вони є незалежними нормально розподіленими випадковими величинами з нульовим математичним спостереженням, а вибрана модель адекватно представляє дані (рис. 2).

Переконавшись у тому, що знайдена модель адекватна даним, можна приводити динаміку електроспоживання міста за другий період до метеорологічних умов першого (базового) періоду, використавши для цього отримане рівняння регресії, реакцію електроспоживання на зміну температури повітря і різницю температур кожної пари доби (середі) зазначених періодів (рис. 3).

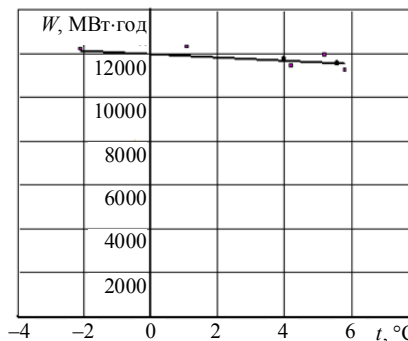


Рис. 1. Графічне представлення (5) регресії

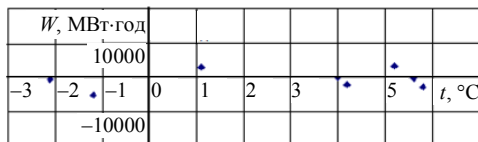


Рис. 2. Графічне представлення залишків регресії

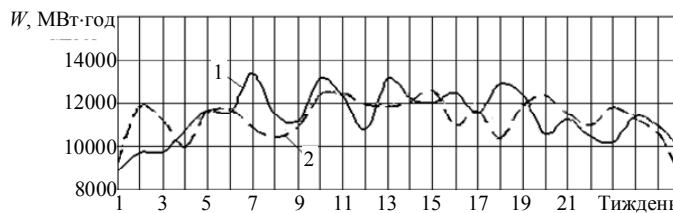


Рис. 3. Результат моніторингу динаміки електроспоживання міста Одеса по середах: 1 — в період опалювального сезону 2007/2008 рр.; 2 — в період опалювального сезону 2008/2009 рр.

Таким чином, за існуючим методом обчислення кількості споживання електроенергії міста Одеса в умовах фінансово-економічної кризи, без урахування впливу метеорологічних умов, відбулося збільшення електроспоживання в період опалювального сезону 2008/2009 рр. (по середах) на 0,6 % порівняно з попереднім опалювальним сезоном, у той час як у дійсності, за результатами обчислення за запропонованим методом, відбулося зниження електроспоживання електроприймачами міста близько 1,7 %.

Література

1. Праховник, А.В. Энергосберегающие режимы электроснабжения горнодобывающих предприятий / А.В. Праховник, В.П. Розен, В.В. Дегтярев. — М.: Недра, 1985. — 232с.
2. Бонн, Д.В. Сравнительные модели прогнозирования электрической нагрузки: Пер. с англ. / Д.В. Бонн, Е.Д. Фармер; [пер. с англ. А.М. Меламед]; под. ред. В.Ф. Тимченко. — М.: Энергоатомиздат, 1987. — 200 с.
3. Дьяконов, В.П. MATLAB 6. Учеб. курс / В.П. Дьяконов — СПб.: Питер, 2001. — 592 с.

Рецензент д-р техн. наук, проф. Одес. нац. политехн. ун-ту Денисова А.Є.

Надійшла до редакції 5 березня 2009 р.