

center. *Applied Aspects of Information Technology*. 2020. Vol.3. No.3. P. 154–164. DOI: 10.15276/aait.01.2020.4

12. Брилистый В.В., Назарова О.С., Осадчий В.В. Вимірювання крутного моменту для дослідження енергетичних характеристик приводів електромобілей. *Електротехніка та електроенергетика*, 2021. № 4. С. 36–44. <https://doi.org/10.15588/1607-6761-2021-4-4>

DOI <https://doi.org/10.30525/978-9934-26-264-7-13>

**METHODICAL PROVISIONS OF MULTIFACTORIAL
MODELING OF FORECASTING OF DEMAND
FOR ELECTRICITY IN INDUSTRY**

**МЕТОДИЧНІ ПОЛОЖЕННЯ БАГАТОФАКТОРНОГО
МОДЕЛЮВАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ПОПИТУ
НА ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЮ В ПРОМИСЛОВОСТІ**

Teslenko O. I. Тесленко О. І.

Candidate of Technical Sciences, Leading Researcher at the Department of Energy Efficiency and Optimization of Energy Consumption Institute of General Energy of the National Academy of Ukraine Kyiv, Ukraine *кандидат технічних наук, провідний науковий співробітник відділу ефективності енерговикористання та оптимізації енергоспоживання Інститут загальної енергетики Національної академії наук України м. Київ, Україна*

Регресійний аналіз зазвичай проводиться для об'єктів, що мають складну, багатофакторну природу. Прогнози, зроблені методом авторегресії, вважаються одними з найбільш точних статистичних прогнозів, саме тому вони знайшли широке поширення. Це пояснюється тим, що моделлю авторегресії чудово описується велика кількість самих різних економічних показників. Основна ідея методу полягає в побудові за допомогою регресійного аналізу моделі. Перевагою авторегресійного аналізу є отримання високоякісної (вірогідної) моделі з адекватним прогнозом при мінімумі витрат часу і вимог до вихідних даних. Недоліками такої моделі планування попиту на електроенергію є прогноз за вихідними даними можливий тільки на один період вперед.

Якщо потрібно зробити прогноз на більш тривалий термін, то в якості факторів, що впливають для розрахунку доведеться брати не реально існуюче (фактичне) значення показника, а те яке розраховано за моделлю, що в підсумку дасть прогноз на прогнозі, а значить адекватність такого прогнозу, як мінімум, в два рази менше; внаслідок чого, зі збільшенням розрядності авторегресії виникає необхідність розширювати діапазон вихідних даних.

Цей метод знайшов широке застосування у контролі та прогнозуванні ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів [1].

Основними факторами, які обумовлюють рівень споживання електроенергії промисловістю E , є обсяги виробництва продукції N , енергоефективність застосованих технологій e та температура зовнішнього повітря t_{zn} та визначається функціоналом

$$E = f(N, e, t_{zn}). \quad (1)$$

Таким чином температура зовнішнього повітря є не єдиним фактором впливу на споживання електроенергії промисловістю, а визначення її впливу на рівень електроспоживання для подальшого прогнозування споживання електроенергії потребує комплексного методичного підходу.

Наведені вище фактори мають власні часові особливості, які необхідно враховувати при аналізі енергоспоживання та його прогнозуванні, застосовуючи методи математичної статистики.

Обсяги виробництва мають, зазвичай, прогнозований та квазістаціонарний характер, зміни якого можуть коливатися у незначному діапазоні протягом року або мати сезонні зміни. Суттєві стрибкоподібні зміни обсягів виробництва продукції протягом року або більш тривалого періоду мають дуже рідкісний характер та можуть бути обумовлені кон'юнктурою ринку продукції або форс-мажорними (непередбачуваними) обставинами. Для помісячного аналізу та прогнозування залежності споживання електроенергії від середньомісячної температури зовнішнього повітря доцільно використовувати середньо добовий виробіток продукції, що дозволяє нівелювати вплив неоднакової кількості днів по місяцях року.

Формула середньодобового споживання електроенергії за місяць i :

$$E^0_i = E^m_i / D^m_i, \text{ млн кВт}\cdot\text{год/доба}; \quad (2)$$

де E^m_i – місячний обсяг споживання електроенергії, млн кВт·год/місяць;

D^m_i – кількість діб в місяці, доба/місяць;

i – індекс місяця року.

Зміна технологій, окрім розширення асортименту та якості продукції, може призвести до зміни енергоємності продукції i , як наслідок, до зміни загального споживання електроенергії. За обсягами споживання електроенергії та виробництва продукції визначається ретроспективна та поточна енергоємність (електроенергетична складова) виробництва продукції в для кожного місяця періоду, що аналізується.

Середньомісячна електроємність виробництва продукції e_i за місяць i (кВт·год/одиноцю продукції) визначається за формулою

$$e_i = E^m_i / N^m_i, \quad (3)$$

де N^m_i – виробництво продукції за місяць i , одиниць продукції/місяць.

Прогноз зміни електроємності виробництва продукції визначається технологічними змінами технічного переоснащення виробництва, що передбачаються. Прогнозна електроємність виробництва продукції може зменшуватись (енергоефективне обладнання) або збільшуватись при зміні технології виробництва з перерозподілом споживання окремих видів паливно-енергетичних ресурсів. На приклад, можна передбачати зменшення споживання електроенергії на 10% кожні п'ять років внаслідок застосування енергозберігаючих технологій або збільшення на 5% кожні п'ять років внаслідок впровадження технологій, які збільшують споживання електроенергії, але зменшують споживання палива (заміна нагрівальних печей на паливі електричними).

Температура зовнішнього повітря t_{zn} безпосередньо впливає на електроємність виробництва продукції e внаслідок додаткового споживання електроенергії на обігрів помешкань та втрату теплоти від технологічного обладнання у навколишнє середовище в опалювальний період і на охолодження помешкань та технологічного обладнання в неопалювальний період $e = f(t_{zn})$.

Для середньосторокового та довгострокового прогнозування розрахункову залежність визначення місячного електроспоживання в окремому секторі промисловості в залежності від перспективних змін обсягів виробництва продукції N , прогновної енергоефективності застосованих і майбутніх інноваційних технологій e та температури зовнішнього повітря t_{zn} можна представити у вигляді:

а) за умов лінійної залежності від температури зовнішнього повітря

$$E_{np}^m(\tau) = N_{np}^m(\tau) \times e(t_{zn}) = \gamma_{np}^m \times N_{np}^p(\tau) \times (\psi_{np}^m(\tau) \times e_0 \times (1 + \alpha_t \times t_{zn})); \quad (4)$$

б) за умов нелінійної залежності від температури зовнішнього повітря

$$E_{np}^M(\tau) = N_{np}^M(\tau) \times e(t_{zn}) = \chi_{np}^M \times N_{np}^p(\tau) \times (\psi_{np}^e(\tau) \times e_0 \times (1 + \alpha_t \times t_{zn} + \beta \times t_{zn}^2)); (5)$$

де $N_{np}^M(\tau)$ - прогноз місячного обсягу виробництва продукції в прогнозний період τ , одиниць продукції/місяць;

$N_{np}^p(\tau)$ – прогноз річного виробітку продукції в прогнозному році, млн т/рік;

χ_{np}^M – коефіцієнт розподілу виробництва продукції по місяцях року;

$\psi^e(\tau)$ - показник, що враховує прогнозовану зміну електроємності внаслідок технологічних змін та технологічної структури виробництва в окремому секторі промисловості за прогнозний період τ ;

e_0 – базовий рівень електроємності виробництва продукції в окремому секторі промисловості, кВт год/одиниця продукції;

t_{zn} – середньомісячна температура зовнішнього повітря, $^{\circ}\text{C}$;

α, β – коефіцієнти залежності електроємності виробництва продукції в окремому секторі промисловості від середньомісячної температури t_{zn} .

Прогнозне електроспоживання промисловістю $E_{np,пром}^M$ в місяць i прогнозного періоду τ (прогнозного року) визначається як сума прогнозних значень місячного електроспоживання $E_{np,z}^M$ окремих Z секторів промисловості

$$E_{np,пром}^M(\tau) = \sum_1^Z E_{np,z}^M(\tau), \text{ млн кВт}\cdot\text{год/місяць.} \quad (6)$$

Висновки

Запропоновані методичні положення багатфакторного регресійного моделювання середньострокового та довгострокового прогнозування помісячного попиту на електроенергію в промисловості та її окремих секторах дозволяють враховувати поточний стан та перспективні зміни обсягів виробництва продукції N , енергоефективності технологій e та температури зовнішнього повітря t_{zn} .

Література:

1. Овдієнко О.В. Світовий досвід контролю ефективності використання паливно-енергетичних ресурсів при їх споживанні. Енергетика та електрифікація. 2008. № 10. С. 37 – 40.