

С. І. Випанасенко, д-р. техн. наук, проф.;
Н. С. Дрешпак, канд. техн. наук

МЕТОДИКА ПРОГНОЗУВАННЯ ЕЛЕКТРОСПОЖИВАННЯ ВУГІЛЬНОЇ ШАХТИ

Розроблено методику прогнозування показників електроспоживання вугільної шахти. Визначено точність прогнозу. Розроблено комп'ютерну програму для відповідних розрахунків. Наведено приклад розрахунку з використанням розробленої методики.

Результати прогнозування використовуються для розв'язання важливих технічних та економічних завдань, пов'язаних з діяльністю підприємства. Складаючи угоду з постачальником електричної енергії, споживач надає постачальнику відомості про обсяг очікуваного споживання електроенергії. Перевищення встановленого ліміту відпуску електроенергії дозволяє постачальнику здійснювати обмеження електропостачання, що може суттєво вплинути на виробничий процес. З перевищенням договірних значень споживання електроенергії та потужності ціна електроенергії підвищується. Для того, щоб уникнути можливих перевищень встановленого обсягу електроспоживання, необхідно прогнозувати значення витрат енергії із заданою точністю. Якщо прогноз електроспоживання свідчить про його збільшення у майбутньому, то під час складання договору з постачальником електроенергії необхідно враховувати додаткові витрати енергії.

Прогнозування електроспоживання в залежності від обсягу виробництва продукції необхідно здійснювати також для оцінки енергоефективності виробничого процесу. Питомі норми електроспоживання є важливими показниками, що контролюються державними органами. Тому прогнозні оцінки повинні відповідати існуючим нормам. Крім того, показники питомого енергоспоживання характеризують загальний стан енергозбереження на підприємстві [1, 2].

Основним параметром, що визначає рівень витрат енергії в процесі вуглевидобутку є обсяг вугілля, отриманого в заданий період часу. Інтерес викликають дані щомісячного видобутку вугілля (x_i) і відповідні значення щомісячних витрат енергії (y_i). Фіксуючи ці значення, для n місяців можна побудувати лінійну регресійну залежність і на її основі здійснювати прогнозування, виходячи із очікуваного в майбутньому обсягу місячного видобутку вугілля (x_τ) [3]. Використання показників x_i та y_i для вирішення завдань прогнозування є вдалим рішенням, так як значення цих параметрів на шахтах обов'язково реєструються з достатньо високим ступенем точності. Урахування інших чинників, що впливають на енергоспоживання, привело б до необхідності їх вимірювання із застосуванням додаткових засобів. Це суттєво ускладнює процедуру прогнозу.

В статті розглянута методика прогнозування електроспоживання вугільної шахти, що базується на побудові лінійної регресійної залежності між обсягом вуглевидобутку та значенням відповідних витрат енергії.

У відповідності з [5] оцінку прогнозу \hat{y}_τ отримаємо з формули

$$\hat{y}_\tau = a_1 x_\tau + a_2,$$

де a_1 , a_2 — оцінка параметрів лінії регресії.

Невідомі значення a_1 та a_2 можна отримати, розрахувавши компоненти матриці

$$a = \begin{bmatrix} a_1 \\ a_2 \end{bmatrix} = (X'X)^{-1} X'Y,$$

де X — матриця незалежних змінних (видобутку вугілля) розмірністю $n \times 2$, де перший стовбець складають елементи x_i , а кожний елемент другого стовбця дорівнює одиниці; Y — вектор залежної змінної (витрат енергії) розмірністю $n \times 1$, що містить елементи y_i .

Довірчий інтервал для прогнозованого значення витрат енергії \hat{y} отримаємо із залежності

$$D_{\tau} = \left\{ \hat{y}_{\tau} - t_{\lambda} s_{\tau} \langle y_{\tau} \langle \hat{y}_{\tau} + t_{\lambda} s_{\tau} \rangle \right\}, \quad (1)$$

де t_{λ} — t -розподілення з $(n-2)$ степенями свободи; s_{τ} — незміщена оцінка дисперсії прогнозу.

Довірчий інтервал є незміщеним з коефіцієнтом довіри $1-\lambda$, тобто ймовірність $P(D_{\tau}) = 1-\lambda$.

Оцінку дисперсії прогнозу s_{τ} отримують із формули

$$S_{\tau}^2 = S^2 \left(1 + X_{\tau}' (X'X)^{-1} X_{\tau} \right),$$

де S^2 — незміщена оцінка дисперсії; X_{τ} — прогноз вектора незалежності змінної (місячного видобутку вугілля) $X_{\tau} = [X_{\tau}, 1]$.

Незміщена оцінка дисперсії

$$S^2 = \frac{1}{n-2} (Y - \hat{Y})' (Y - \hat{Y}) = \frac{1}{n-2} e'e,$$

де \hat{Y} — вектор оцінки залежної змінної (витрат енергії) розмірністю $n \times 1$ ($\hat{Y} = Xa$); e — вектор відхилень регресії розмірністю $n \times 1$ ($e = Y - \hat{Y}$).

Із (1) випливає, що точність прогнозу місячного енергоспоживання шахти залежить від меж довірчого інтервалу. Розташування меж залежить від значень t -розподілення, а також оцінки дисперсії прогнозу S_{τ} . В свою чергу ці змінні залежать від кількості n урахованих при формуванні статичної витрати x_i , y_i місяців роботи шахти. Змінюючи значення n , можна впливати на точність прогнозу. Звідси виникає необхідність дослідження залежності точності прогнозу від значення n . Це дозволить підбирати таке значення n , що забезпечує максимальну точність (вузький довірчий інтервал). Практичне застосування запропонованого підходу передбачає збільшення терміну спостережень з одного року ($n = 12$) до декількох років ($n = 24, 36, 48$ і т. д.). Можливість об'єднання статистичних даних декількох років повинна супроводжуватись перевіркою їх однорідності.

Запропонована методика прогнозування електроспоживання вугільної шахти:

1. Формують вихідні дані для розрахунку (щомісячні показники видобутку вугілля та відповідні значення електроспоживання в декількох минулих роках).
2. Об'єднують дані щорічних вибірок і відсівають спостереження, що різко виділяються від інших.
3. Будують регресійні залежності і визначають довірчі інтервали для прогнозованих значень, електроспоживання:
 - використовуючи дані попереднього року (відносно прогнозованого року);
 - користуючись даними декількох минулих років з перевіркою результатів спостережень на однорідність.
4. Вибирають для прогнозу регресійну залежність, що забезпечує його максимальну точність.

Розглянемо *приклад* застосування запропонованої методики для прогнозування місячних показників електроспоживання однієї із шахт ВАТ «Павлоградвугілля». В розрахунках використані щомісячні дані видобутку вугілля та відповідні значення електроспоживання за три роки (2006, 2007, 2008).

Побудова регресійної залежності для вибірки річних даних 2008 року, та для об'єднаних вибірок (2007, 2008 років), (2006, 2007, 2008 років) з відповідними довірчими інтервалами для залежної змінної y_{τ} (1) дозволила вибрати для прогнозу таку регресійну залежність, що забезпечує максимальну точність розрахунку змінної y_{τ} . Ця залежність побудована за об'єднаними спостереженнями трьох років (2006, 2007, 2008). На рис. 1 показана побудована регресійна залежність $y_{\tau}(x_{\tau})$ — 1 та криві 2, 3, що обмежують довірчу область прогнозу енергоспоживання з коефіцієнтом довіри 0,95 (2 — верхня, 3 — нижня лінії). Задаючись очікуваним значенням видобутку вугілля в γ місяці $x_{\tau\gamma}$, із рис. 2 можна визначити прогнозоване значення $\hat{y}_{\tau\gamma}$ з точністю $\pm \Delta y_{\tau\gamma}$, зумовлено розташуванням кривих 2 та 3.

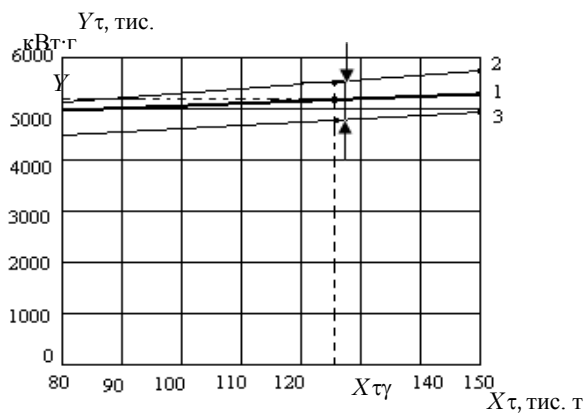


Рис. 1. Визначення прогнозованого значення електроспоживання шахти: 1 — регресійна залежність, 2, 3 — довірчі інтервали

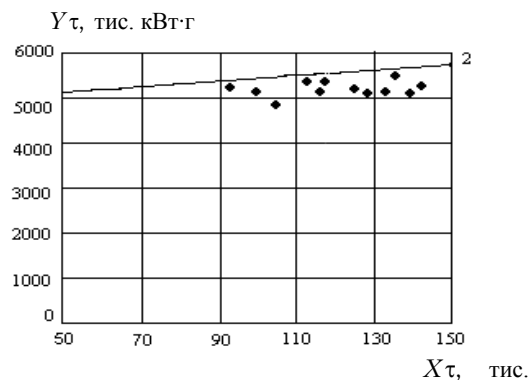


Рис. 2. Розташування точок щомісячного споживання електроенергії в 2008 р. (2 — верхня межа довірчого інтервалу)

З рис. 1 випливає, що дані для побудови регресійної залежності, отримані на основі існуючих на шахті засобів обліку електроспоживання та обсягу видобутку вугілля, забезпечили відносну точність прогнозу електроспоживання $\Delta y_{\tau\gamma} / \hat{y}_{\tau\gamma}$ в межах 7...10 % в залежності від значення $x_{\tau\gamma}$. Точність прогнозу вища для значень x_{τ} , що близькі до середнього значення щомісячного обсягу видобутку шахти, отриманого із вибірки, за якою побудована регресійна залежність.

Складаючи щорічну угоду з постачальником електричної енергії та виходячи із відповідних значень очікуваного видобутку вугілля $x_{\tau\gamma}$, вугільна шахта має можливість прогнозувати щомісячні значення споживання електричної енергії $\hat{y}_{\tau\gamma}$. Важливо, щоб встановлений для шахти ліміт відпуску електроенергії не був нижчим верхньої межі довірчого інтервалу (крива 2). Тоді з коефіцієнтом довіри 0,95 можна гарантувати, що значення встановленого ліміту не будуть перевищені. На рис. 2 показане розташування точок щомісячного споживання електроенергії за даними 2008 року.

Видно, що жодна із точок не вийшла за межі кривої 2 довірчого інтервалу. Таким чином, прогнозовані значення електроспоживання, що відповідають кривій 2, можна вважати нижньою межею для встановлення ліміту на відпуск електроенергії.

На основі методики розроблено комп'ютерну програму для виконання відповідних розрахунків і представлення результатів досліджень у формі, прийнятній для вирішення завдань гірничого підприємства.

Висновки

1. Розроблено методику прогнозування показників електроспоживання вугільної шахти.
2. Визначено точність прогнозу.
3. Розроблено комп'ютерну програму для відповідних розрахунків.
4. Наведено приклад розрахунку з використанням розробленої методики.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Копцев Л. А. Нормирование и прогнозирование потребления электроэнергии в зависимости от объемов производства / Л. А. Копцев // Промышленная энергетика. — 1996. — № 3 — С. 5—7.
2. Гунин В. М. Опыт нормирования и прогнозирования электропотребления предприятия на основе математической обработки статистической отчетности / В. М. Гунин, Л. А. Копцев, Г. В. Никифоров // Промышленная энергетика. — 2000. — № 2 — С. 2—5.
3. Випанасенко С. І. Контроль ефективності використання електроенергії вугільними шахтами / С. І. Випанасенко // Техн. електродинаміка : Проблеми сучасної електротехніки. — 2006. — Ч 4. — С. 53—59.

Рекомендована кафедрою електротехнічних систем електроспоживання та енергетичного менеджменту

Стаття надійшла до редакції 10.10.11

Рекомендована до друку 24.11.11

Випанасенко Станіслав Іванович — професор кафедри систем електропостачання.
Дрешняк Наталія Станіславівна — асистент кафедри метрології та інформаційно-вимірювальних технологій.

Національний гірничий університет, Дніпропетровськ