

УДК 519.95:621.3

## РОЗРОБКА МАТЕМАТИЧНОГО І ПРОГРАМНОГО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ДЛЯ ПОБУДОВИ РЕГРЕСІЙНИХ МОДЕЛЕЙ ПРОЦЕСУ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ У БУДІВЛЯХ КНУТД

С.М. Краснитський, д.ф.-м.н, професор

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Б.Б. Олексин, магістрант

*Київський національний університет технологій та дизайну*

А.М. Москаленко, магістрант

*Київський національний університет технологій та дизайну*

Ключові слова: заклад вищої освіти, управління електроспоживанням, регресійний аналіз, категорії даних і «фіктивні» змінні, модель електроспоживання.

В основу розроблення математичних моделей процесу енергоспоживання покладені залежності рівнів енергоспоживання досліджуваних об'єктів (у виконаній роботі здебільшого навчальних корпусів та гуртожитків) на заданому часовому проміжку від факторів, що впливають на формування базового споживання енергоносіїв. До таких факторів відносяться особливості формування графіка освітнього процесу: рівні завантаженості аудиторного фонду, площа або об'єм будівлі, сезонність та погодні умови. Крім того, є цілком очевидним, що на показники електроспоживання впливають чинники, які мають стохастичну природу, наприклад, зміна кількості споживачів електроенергії, використання додаткових засобів догрівання приміщень або використання необлікованих струмоприймачів тощо. За аналогією з роботами [1,2], у якості математичної моделі електроспоживання приймається загальна лінійна регресійна модель виду

$$Y = X\beta + E, \quad (1)$$

де:  $Y = (y_1, \dots, y_n)'$  —  $n$ - вектор спостережень залежної змінної  $y$ ;  $X = (x_{ij})_{n \times p}$  — регресійна матриця, інакше, матриця експерименту чи плану, в якій  $x_{ij}$  — значення регресору (інакше, пояснюючої або незалежної змінної)  $x_j$  при  $i$ - му спостереженні,  $1 \leq i \leq n, 1 \leq j \leq p-1$ ;  $\beta = (\beta_1, \dots, \beta_{p-1})'$  — вектор (невдомих) коефіцієнтів,  $E = (\varepsilon_1, \dots, \varepsilon_n)'$  — вектор помилок ( $\varepsilon_i$  — значення помилки  $\varepsilon$  при  $i$ - му спостереженні), «штрих» — знак транспонування.

Для виконання розрахунків була розроблена комп'ютерна програма, що функціонує у середовищі Delphi, виконуючи і функцію автоматизація побудови матриці експерименту в форматі Delphi на основі статистичних спостережень ПТК «АСУЕУ» у форматі MS Excel;

При побудові регресійної моделі виду (1) в якості значень залежної змінної у беруться місячні сумарні величини врахованої активної частини спожитої електроенергії (у кВт×год), поділені на кількість облікованих діб

у даному місяці. Змінні  $x_i$  є різними для різних типів будівель. Наприклад, для гуртожитків КНУТД була застосована модель

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \varepsilon, \quad (2)$$

і її узагальнення

$$y = \beta_0 + \beta_1 x_1 + \beta_2 x_2 + \beta_3 x_3 + \varepsilon \quad (3)$$

Тут  $x_1$  — кількість проживаючих у гуртожитку за обраний місяць,  $x_2$  — відповідна середньомісячна температура зовнішнього середовища,  $x_0$  і  $x_3$  — це «фіктивні» змінні, причому  $x_0$  завжди дорівнює 1 (її роль полягає у введенні сталої складової у модель), а  $x_3$  дорівнює 1 або 0 в залежності від того, чи використовувався у даному часовому відрізку спеціальний режим опалення (електродогрів). Якщо «посилений» режим не передбачається, то живимо або модель типу 1, або модель типу 2 (розширену) при  $x_3 = 0$ .

Для моделей учбових корпусів в якості пояснюючих змінних використовуються:  $N$  — номер календарного місяця ( $1 \leq N \leq 12$ );  $z = z(N)$  — рівень завантаженості аудиторного фонду (в процентах);  $t = t(N)$  — температура зовнішнього середовища (середня добова температура у фіксованому місяці в градусах за Цельсієм);  $\varphi = \varphi(N)$  — «фіктивна» змінна [3], що дорівнює 1 для  $N = 1, 7, 8, 12$  (лютий, липень, серпень, грудень — місяці із зниженою завантаженістю аудиторного фонду) та 0 для інших значень  $N$ . За характеристики якості даних моделей приймалися  $R$ ,  $F_{m,n}$ ,  $S$  (множинний коефіцієнт кореляції, статистика Фішера і стандартна помилка регресійної оцінки відповідно).

Наприклад, для будівель з певною площею (від 20000 до 40000 м<sup>2</sup>) одержано приблизно рівні за якістю показників моделі:  $y = 3258,192 - 81,390t + 14,332z$ ,  $y = 3873,910 - 90,680t - 514,833\varphi$ . Для зазначених моделей маємо такі значення вищевказаних показників (відповідно): 0,9279, 65,113, 357,19 та 0,9325, 70,041 346,09). Враховується також задовільність результатів прогнозування з допомогою одержаних моделей.

#### Список використаних джерел

1. Краснитський С.М., Тимофеев С.В. Розробка і дослідження математичної моделі споживання електроенергії в приміщеннях КНУТД / збірник Інформаційні технології в науці, виробництві та підприємстві - К.: Освіта України, 2017. — с. 67 – 69.

2. Каплун В. В. Математичне моделювання електроспоживання у будівлях закладів вищої освіти. Повідомлення 2. / Каплун В. В., Краснитський С. М., Бобровник В. М. // Вісник КНУТД №2 (132), 2019, с. 9-23.

3. Н.Р. Дрейпер. Прикладной регрессионный анализ. / Н.Р. Дрейпер, Г. Смит. — М.: ДИАЛЕКТИКА, 2017. — 911 с.