



УДК 519.21 + 681.3

## РОЗРОБКА І ДОСЛІДЖЕННЯ МАТЕМАТИЧНОЇ МОДЕЛІ СПОЖИВАННЯ ЕЛЕКТРОЕНЕРГІЇ В ПРИМІЩЕННЯХ КНУТД

Студ. С.В. Тимофеев, гр. МгІТ-1-16  
Науковий керівник проф. С.М. Краснитський  
Київський національний університет технологій та дизайну

**Мета і завдання.** Метою роботи є розробка та дослідження математичної моделі споживання електроенергії в приміщеннях КНУТД. Для досягнення мети дослідження необхідно вирішити наступні задачі: розробити математичну модель прогнозування обсягу споживання електричної енергії; дослідити процес споживання електроенергії в приміщеннях КНУТД.

**Об'єкт та предмет дослідження.** Об'єктом дослідження є процес споживання електроенергії в приміщеннях КНУТД. Предметом дослідження є математична модель споживання електроенергії.

**Методи та засоби дослідження.** Дослідження ґрунтуються на основних положеннях математичного моделювання та методів обчислювальної математики.

**Наукова новизна та практичне значення отриманих результатів.** В роботі набуло подальшого розвитку математична модель споживання електроенергії в приміщеннях КНУТД.

**Результати дослідження.** При моделюванні процесу споживання електроенергії в учбових закладах необхідно враховувати кілька типів факторів: періодичні або циклічні, до яких можна віднести тренд і сезонність, випадкові фактори, а також режим навчального процесу. Всі названі типи факторів вносять свій внесок в споживання в залежності від специфіки досліджуваної області. Періодичні залежності найбільш прогнозовані і суттєво впливають на споживання електроенергії. Тренд дозволяє врахувати зміни динаміки енергоспоживання з року в рік. Сезонна компонента дозволяє врахувати періодичні залежності, які суттєво впливають на споживання електроенергії, наприклад, тривалість світлового дня. Нарешті розглядання конкретного учбового режиму може виявитися вирішальним етапом розрахунків, оскільки дає змогу врахувати заходи по економії енергозатрат в конкретні часові проміжки навчального процесу.

В даний час питання про побудову математичних моделей процесів енергоспоживання є актуальним і досліджується різними авторами. При цьому використовуються різні типи математичних моделей. Так, в роботі [1] була побудована модель споживання енергії у формі стохастичного диференціального рівняння виду:

$$dX(t) = \theta(t) X(t) dt + \sigma X(t) dz(t), \quad X(0) = x_0 \quad (1)$$

де  $X(t)$  – споживання електроенергії;  $x(0)$  – значення споживання на початку періоду;  $\theta(t)$  – функція, враховуюча сезонні зміни;  $\mu(t)$  – тренд;  $\sigma$  – коефіцієнт, враховуючий зміни, які несуть випадковий характер;  $z(t)$  – вінерівський процес. Одним з найпоширеніших способів знаходження сильного рішення стохастичного диференціального рівняння (СДУ) є використання скінченно-різницевого методів. В якості наближеного методу розв'язання СДУ (1) у вказаній роботі застосовано схему із середньоквадратичним порядком точності, рівним 1, що належить Г.Н. Мільштейну [2].

Для прогнозування величини енергоспоживання потрібні як дані кількісного характеру, так і якісного. Врахування даних кількісного характеру, в принципі, можна вважати цілком реальною дією, що необхідна для ідентифікації коефіцієнтів рівняння (1), і відповідні оцінки в названій роботі наводяться у конкретному прикладі.

В нашій роботі для опису процесу енергоспоживання ми пропонуємо концептуально більш просту, ніж (1), модель загально-лінійного регресійного типу

$$Y = X\beta + \varepsilon, \quad (2)$$

в якій  $Y$  — вектор спостережень залежної змінної (відгуку) розмірності  $n$ ,  $X$  — матриця незалежних змінних (так званих предикторів) розміру  $(n \times p)$  вона носить назву матриці плану, регресійної матриці або матриці експерименту,  $\beta$  —  $p$ -вектор, тобто  $p$ -вимірний вектор коефіцієнтів залежності (1.1),  $\varepsilon$  —  $n$ - вимірний вектор помилок (випадкова складова):

$$Y = \begin{pmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \dots \\ y_n \end{pmatrix}, X = \begin{pmatrix} x_{10} & x_{11} & \dots & x_{1,p-1} \\ x_{20} & x_{21} & \dots & x_{2,p-1} \\ \dots & \dots & \dots & \dots \\ x_{n0} & x_{n1} & \dots & x_{n,p-1} \end{pmatrix}, \beta = \begin{pmatrix} \beta_0 \\ \beta_1 \\ \dots \\ \beta_{p-1} \end{pmatrix}, \varepsilon = \begin{pmatrix} \varepsilon_1 \\ \varepsilon_2 \\ \dots \\ \varepsilon_n \end{pmatrix}.$$

Вектор спостережень  $Y$  тут складається з спостережень за середньомісячним енергоспоживанням в учбових корпусах КНУТД за період з 2013 по 2016 і частково за 2017 роки (так що  $n = 51$ ). Стовпці регресійної матриці складаються з змінних-регресорів, що являють собою зовнішню температуру середовища, об'єми учбових аудиторій, характеристики виробничих приміщень, а також з «фіктивних» змінних, одні з яких просто відповідають за величини вільних членів у відповідних рівняннях регресії, а інші характеризують наявність чи відсутність спеціальних режимів учбового процесу, в основному, в зимовий період. При роботі з «фіктивними» змінними використовується техніка, що описана, наприклад в [3]. Для реалізації вказаних дій складено комп'ютерну програму, що працює в середовищі Delphi.

**Висновки.** Запропоновано математичну модель споживання електроенергії в учбових корпусах КНУТД. Дану модель можна використовувати для згортки інформації про енергоспоживання, а також для прогнозування майбутніх енергозатрат.

**Ключові слова.** Електроенергія, енергозбереження, математична модель, стохастичні рівняння, загальна лінійна модель.

#### ЛІТЕРАТУРА:

1. Кузнецова И.Ю. Математическая модель прогнозирования энергопотребления. Известия Южного федерального университета. Технические науки; Выпуск №4 (141)/2013 .
2. Мильштейн Г.Н. Численное интегрирование стохастических дифференциальных уравнений. – Уральский государственный университет, 1988.
3. Дрейпер Н. Прикладной регрессионный анализ: монографія / — М. · С.-П. · К. — 2007. — 911 с.
4. Стивенс Р. Delphi. Готовые алгоритмы / — М.: ДМК Пресс; СПб; ПИТЕР, 2004. — 384 с.