

**Сахно В.П.**

Национальный транспортный университет

**Сакно О.П., Лисий А.В.**

Военная академия

## К МОДЕЛИРОВАНИЮ СИСТЕМЫ ТЕХНИЧЕСКОГО ОБСЛУЖИВАНИЯ И РЕМОНТА АВТОПОЕЗДОВ

### Аннотация

Проанализирована система технического обслуживания (ТО) и ремонта автомобилей. Разработаны алгоритмы анализа отказов автомобилей в процессе эксплуатации и принятия рациональных режимов ТО. Представлена причинно-следственная диаграмма эксплуатационных факторов, которые влияют на техническое состояние автомобиля.

**Ключевые слова:** автомобиль, система технического обслуживания, корректирование.

**Sakhno V.P.**

National Transport University

**Sakno O.P., Lysyi O.V.**

Military Academy

## TO THE SIMULATION OF THE ROAD TRAIN MAINTENANCE AND REPAIR SYSTEM

### Summary

The maintenance and repair system of road trains is analyzed. The algorithms of analysis of the failure of road trains in operation and development of rational routines of maintenance are developed. The cause-effect diagram of operational factors that affect the technical condition of road trains is represented.

**Keywords:** road train, maintenance system, correction.

УДК 621.3: 658.26

## ЗАСТОСУВАННЯ РЕГРЕСІЙНИХ ЗАЛЕЖНОСТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТЕПЛОСПОЖИВАННЯ НАВЧАЛЬНИХ КОРПУСІВ

**Шовкалюк М.М., Войналович Н.О.**

Національний технічний університет України

«Київський політехнічний інститут»

Зниження енергетичної залежності України є стратегічною задачею. Моніторинг і аналіз енергоспоживання є одним із важливих кроків до підвищення енергоефективності навчальних закладів. В даній статті об'єктами дослідження є навчальні корпуси НТУУ «КПІ». Головним завданням статті є побудова регресійних моделей та надання рекомендацій щодо подальшого їх застосування для об'єктів освітньої сфери.

**Ключові слова:** регресійний аналіз, теплоспоживання, навчальні корпуси, кластерний аналіз.

**Постановка проблеми.** У зв'язку з необхідністю економії енергоресурсів, постає питання енергозбереження та енергоефективності в навчальних закладах. Для системної роботи у ВНЗ доцільним є створення Служб енергоменеджменту, одним із головних завдань яких є моніторинг і аналіз енергоспоживання об'єктів. Для можливості прогнозування споживання енергоресурсів доцільним є створення регресійних моделей, побудованих на основі статистичного аналізу. Контроль енергоспоживання дозволить визначити також можливі шляхи економії енергоресурсів, зберігаючи оптимальні умови комфортності в приміщеннях.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Здійснивши дослідження існуючих наукових праць, можна зробити висновок, що питання прогнозування енергоспоживання є актуальним. Параметри мікроклімату в закладах бюджетної сфери часто не відповідають нормативним [1], за таких умов важко дотримуватись норм споживання електричної та теплової енергії [2]. Тому на сьогоднішній день фахівці в сфері енергозбереження та енергоме-

неджменту шукають шляхи вирішення зазначених проблем. В статті [3] представлені результати проведення структурного аналізу використання енергії об'єктами освітніх закладів, а також визначено фактори, що впливають на енергоспоживання ВНЗ. Створено математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання [4]. В [5] вирішено питання використання регресії для прогнозування електроспоживання ВНЗ.

**Виділення невирішених раніше частин загальної проблеми.** Розробка нових й удосконалення існуючих підходів до оцінювання енергоефективності, побудови системи управління процесами споживання енергії об'єктами ВНЗ є актуальними завданнями та мають науковий і практичний інтерес. Зважаючи на те, що у ВНЗ накопичена статистична інформація стосовно енергоспоживання, побудова регресійних моделей на основі статистичного аналізу для моніторингу і аналізу є одним із інструментів управління витратами.

**Мета статті.** Головним завданням статті є розробка моделей для прогнозування, моніторингу і аналізу

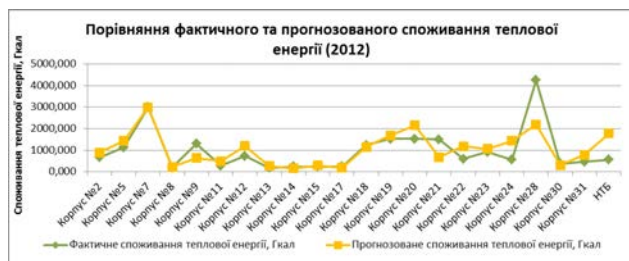
теплоспоживання навчальних корпусів на базі статистичної інформації по об'єктах НТУУ «КПІ».

Опис дослідження. На початку досліджень збиралася та уточнювалася вихідна інформація по навчальним корпусам КПІ за 7 років, зокрема наступні дані: споживання електро- та теплоенергії, площа, об'єм приміщень, кількість людей, площа огорожень (стін, вікон по фасадам), коефіцієнт скління, компактність будівель, теплофізичні характеристики шарів зовнішніх стін, термічний опір вікон, погодні умови, характеристики споживачів, тощо. У якості фактора, що враховує погодні умови, обрано кількість градусо-днів опалювального періоду (ОП):  $ГД = \sum_{k=1}^{n_0} (t_{вн} - t_{зк})$ , де  $t_{вн}$  – температура внутрішнього повітря приміщення, °С;  $t_{зк}$  – середня температура зовнішнього повітря кожного дня  $k$  опалювального періоду;  $n_0$  – тривалість ОП, днів.

Зазначимо, що на момент проведення дослідження не вдалося отримати усереднені фактичні  $t_{вн}$  в приміщеннях для усіх досліджуваних об'єктів, тому приймалися нормативні значення за санітарно-гігієнічними вимогами (18°С) та нормативну кількість днів ОП для кожного місяця. Це безумовно може вплинути на отримувані результати, тому в подальшому необхідно обов'язково фіксувати та аналізувати ці дані. Для моделювання використовувались дані за місяці ОП 2009-2013 рр. для 30 корпусів «КПІ». Спочатку був проаналізований масив інформації для усіх корпусів і за допомогою програми STATISTICA виводилося рівняння множинної регресії [6-8]. Серед факторів, що аналізувалися, враховувалися усі можливі: прями (площа, об'єм, зовнішня температура, тощо) і непрямі (кількість студентів, коефіцієнт компактності, коефіцієнт скління, ін.). Проте отримати подібне рівняння, яке можна було б використовувати для прогнозування теплоспоживання за кожен місяць ОП не вдалося:  $R^2$  був досить низьким та були отримані високі похибки моделі.

Оцінка значущості множинної регресії визначалася за наступними критеріями: коефіцієнт множинної кореляції  $R$  для оцінки тісноти спільного впливу факторів на залежну змінну,  $F$ -критерій Фішера,  $t$ -критерій Ст'юдента, скоригований коефіцієнт детермінації  $k^2$ . На початку наукового пошуку була здійснена спроба побудови регресійної моделі теплоспоживання для всіх корпусів, не виокремлюючи групи за характеристиками. Застосовувались дані теплоспоживання в натуральних одиницях (Гкал/міс). Після цього було проведено регресійний аналіз для декількох випадків, що описані нижче.

1) Дослідження всіх корпусів за річними даними (річне теплоспоживання, Гкал, середня за рік температура зовнішнього середовища). Результати в графічному вигляді приведені на рис. 1.



**Рис. 1. Порівняння фактичного річного теплоспоживання із прогнозованим за регресійною моделлю (на прикладі даних 2012 р.)**

Джерело: розроблено авторами

2) Дослідження всіх корпусів за даними помісячного теплоспоживання, Гкал для кожного року. Графічне зображення результатів приведено на рис. 2 (на прикладі січня). До отриманого загаль-

ного рівняння для визначення прогнозних величин споживання теплоти (рис. 2) ввійшли такі фактори: об'єм приміщень, температура зовнішнього повітря, площа огорожень (стін та вікон), кількість людей в приміщеннях, тривалість опалювального періоду.

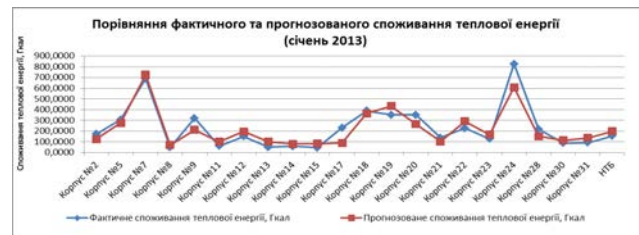


**Рис. 2. Порівняння фактичного теплоспоживання із прогнозованим за моделлю (на прикладі січня 2009 р.)**

Джерело: розроблено авторами

Не зважаючи на задовільну величину коефіцієнту детермінації ( $R^2 = 0,726$ ), що пояснюється наявністю в рівнянні великої кількості впливових факторів, похибка була досить значною, отже і точність результатів розрахунку невисока.

3) Дослідження помісячного теплоспоживання для всіх корпусів за конкретний місяць для всіх років (див. рис. 3 – на прикладі січня 2013 р.).



**Рис. 3. Порівняння фактичного теплоспоживання із прогнозованим**

Джерело: розроблено авторами

4) Дослідження помісячного теплоспоживання, Гкал, кожного окремого корпусу помісячно для всіх років (на прикладі корпусу №2). На рисунку 4 показано результати розрахунку за побудованою регресійною моделлю та фактичні дані помісячного споживання енергії.



**Рис. 4. Порівняння фактичного та прогнозованого теплоспоживання**

Джерело: розроблено авторами

Оскільки відхилення прогнозованого теплоспоживання від фактичного за усіма побудованими моделями у вищезазначених випадках було досить значним (в окремих випадках до 40%), було прийнято рішення розробляти регресійну модель для групи навчальних корпусів, що мають схожі характеристики, а не для усіх відразу, а у якості цільової функції обрати не повну, а питому величину

теплоспоживання (Гкал/м<sup>2</sup>):  $q = \frac{Q}{F}$ , де  $Q$  – споживання теплоенергії за певний період, Гкал;  $F$  – опалювальна площа приміщення, м<sup>2</sup>.

Фактичне питоме теплоспоживання за рік розраховується за формулою:  $q_{\text{факт}} = \sum_{i=1}^n q_i$ , де  $q_i$  – фактичне питоме теплоспоживання за місяць, Гкал/м<sup>2</sup>;  $i$  – місяць ОП. Прогнозоване питоме теплоспоживання за рік:  $q_{\text{пр}} = \sum_{j=1}^n q_j$ , де  $q_j$  – питоме прогнозоване теплоспоживання за місяць, Гкал/м<sup>2</sup>;  $j$  – номер місяця ОП.

В подальшому було вирішено для дослідження використовувати питоме теплоспоживання, а також розподілити корпуси за певними ознаками і в межах кожної групи провести регресійний аналіз. Для цієї мети доцільно застосувати кластерний аналіз [7] для класифікації корпусів зі схожими даними.

Кластерний аналіз здійснювався за трьома факторами: споживання теплової енергії, споживання електричної енергії та об'єм приміщень. Зважаючи на те, що більшість будівель КПП серійної забудови, такий фактор як опір теплопередачі стін та вікон не мав суттєвого впливу на результати, проте геометричні розміри будівлі є вагомим фактором впливу. На рис. 5 представлено кластеризацію початкових корпусів у вигляді дендрограми.

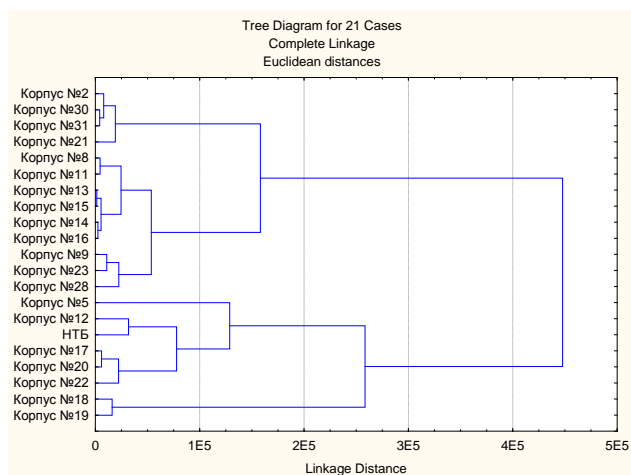


Рис. 5. Дендрограма результатів кластерного аналізу  
Джерело: розроблено авторами

В результаті проведення кластерного аналізу можливо виділити 5 груп:

- 1) корпуси № 2, 21, 30, 31; 2) корпуси № 8, 11, 13, 14, 15, 16; 3) корпуси 9, 23, 28; 5) корпуси № 5, 12, 17, 20, 22, НТБ; 6) корпуси № 18, 19.

В ході проведеного дослідження для кожного кластеру були побудовані регресійні моделі, які дозволяють прогнозувати енергоспоживання об'єкту в залежності від зміни погодних умов з урахуванням конструктивних особливостей будівлі. На першому етапі дослідження в межах кожного кластеру було отримано загальну модель для опалювального періоду. Проте відхилення фактичних значень від прогнозованих за цією моделлю було досить значимим для окремих місяців. Тому на другому етапі було вирішено поділити місяці опалювального періоду на дві групи: зимовий період; весняно-осінній період. Для зимових місяців розраховані за побудованими регресійними залежностями теплоспоживання досить точно співпадало з фактичним. Кількість градусо-днів в перехідні місяці коливається в межах від 117 до 622, відповідно теплоспоживання також знаходиться в широкому діапазоні, тому вивести загальне рівняння для перехідного опалювального періоду не вдалося ( $R^2 \approx 0,5$ , а також відхилення прогнозного теплоспоживання від фактичного до-

сити значне). Для отримання більш точних результатів доцільно розглядати кожен корпус окремо, не об'єднуючи в кластери, що і було здійснено на третьому етапі, хоча цей підхід досить трудомісткий. У масиві інформації були відсутні уточнені дані щодо температурних умов у приміщеннях та точні дані стосовно кількості днів опалювального періоду у кожному навчальному корпусі.

Розглянемо зазначене вище детальніше на прикладі першого кластеру. На першому етапі дослідження було отримано загальне рівняння множинної регресії для всіх корпусів даного кластеру за всі опалювальні сезони протягом 2009-2013 років:  $y = 0,000034 \cdot x_1 - 0,345872 \cdot x_2 + 0,000019 \cdot x_7 + 0,064902$ , де  $x_1$  – градусо-добы,  $x_1 = 117 \div 828^\circ\text{C} \cdot \text{доба}$ ;  $x_2$  – коефіцієнт скління, який визначається за формулою:  $m_{\text{скл}} = F_{\text{вік}} / (F_{\text{вік}} + F_{\text{ст}})$ , де  $F_{\text{ст}}$ ,  $F_{\text{вік}}$  – площа стін та вікон відповідно, м<sup>2</sup>;  $x_2 = 0,181864 \cdot 0,27126$ ;  $x_7$  – кількість людей в приміщенні,  $x_7 = 127 \div 1412$  чол;  $y$  – питоме теплоспоживання (q), Гкал/м<sup>2</sup>.

Коефіцієнт детермінації розраховувався за формулою:

$$R^2 = \frac{\sum_{i=1}^n (\hat{y}_i - \bar{y})^2}{\sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}, R^2 = 0,7739.$$

Відхилення прогнозного теплоспоживання від фактичного в середньому складає 12%, що представлено на рисунку 6, проте для окремих корпусів може становити до 30% (корпус № 31). Причиною такого відхилення може бути специфіка експлуатації даної будівлі (зниження  $t_{\text{вн}}$  в неробочі години, недотримання графіку ОП в ручному режимі). Можна зробити висновок про те, що ці дані у майбутньому потрібно моніторити і збирати для можливості уточнення результатів розрахунків за подібними моделями.

Для інших кластерів результати аналізу подібні до результатів, отриманих для 1 кластеру. Більш детально аналіз наведено нижче.

На другому етапі було вирішено розділити опалювальний період на зимові (січень, лютий, грудень) та весняно-осінні (березень, квітень, жовтень, листопад) місяці, тобто виділити окремо перехідний період.

Рівняння множинної регресії для зимових місяців:  $y = 0,000025 \cdot x_1 - 0,000031 \cdot x_4 + 0,000007 \cdot x_5 - 0,145601$ ,

де  $x_1$  – градусо-добы,  $x_1 = 513 \div 828^\circ\text{C} \cdot \text{доба}$ ;  $x_4$  – площа вікон,  $x_4 = 372 \div 1676$  м<sup>2</sup>;  $x_5$  – об'єм приміщень,  $x_5 = 23195 \div 28000$  м<sup>3</sup>;  $y$  – питоме теплоспоживання (q), Гкал/м<sup>2</sup>.

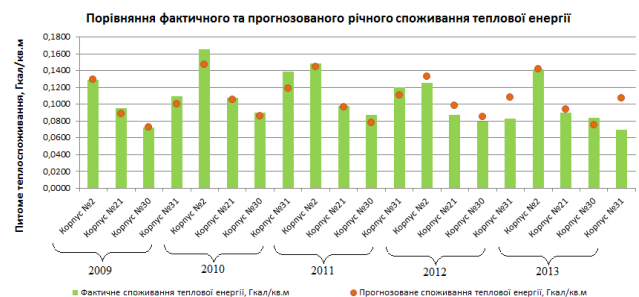


Рис. 6. Відхилення прогнозного теплоспоживання від фактичного

Джерело: розроблено авторами

Для моделі  $R^2 = 0,9164$ , що свідчить про те, що на долю систематичної варіації теплоспоживання, зумовленою дією факторних показників, включених до кореляційної моделі, приходиться 91,6%, на долю не врахованих факторів залишається 8,4%. Оскільки значення F-критерій Фішера  $F_{\text{факт}} \gg F_{\text{табл}}$ , тому

ми отримали результат з досить високим ступенем достовірності, рівень значущості  $\alpha = 0,05$ . Як показали розрахунки, після включення більшої кількості факторів, подальший приріст  $R^2$  або був незначним, або взагалі істотно знижувався, проте результати перевірки значущості змінних за t-критерієм свідчили про недостовірність моделі. Відхилення прогнозного теплоспоживання від фактичного в середньому складає 6%, хоча для окремих корпусів може досягати 19%. Знову ж таки, досить велике відхилення притаманне корпусу 31, специфіка експлуатації якого описана вище. Нижче на рис. 7 наведено узагальнені результати річного теплоспоживання, отриманого за моделлю в порівнянні з фактичним споживанням (на прикладі січня).

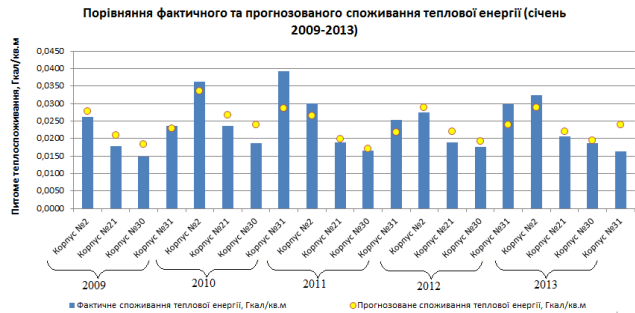


Рис. 7. Відхилення прогнозного місячного питомого теплоспоживання від фактичного (на прикладі січня)

Джерело: розроблено авторами

Третій етап – здійснення регресійного аналізу для кожного корпусу окремо. Представимо результати на прикладі корпусу № 2.

Отримане рівняння множинної регресії:  $y = 0,000042 \cdot x_1 + 0,001687$ , де  $x_1$  – градусо-доба,  $x_1 = 117 \div 828^\circ\text{C} \cdot \text{доба}$ ;  $y$  – питоме теплоспоживання ( $q$ ), Гкал/м<sup>2</sup>.

Порівняння питомого фактичного та прогнозованого за даним рівнянням теплоспоживання на прикладі одного з корпусів представлено на рис. 9. Для цього випадку відхилення в середньому складає 5%,

хоча для окремих місяців може сягати 26%. Відхилення результатів у перехідні місяці значно більше, ніж у зимові, що говорить про необхідність уточнення таких вихідних даних, як внутрішня температура і тривалість ОП для кожного об'єкту, що є впливовими факторами для даної моделі. Поділити ОП на зимові та весняно-осінні місяці та здійснити регресійний аналіз в межах одного корпусу не вдалось через невелику кількість вихідних даних.

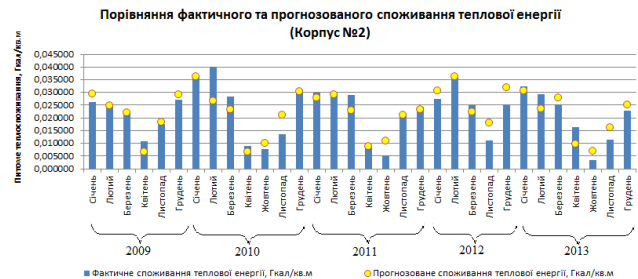


Рис. 9. Відхилення прогнозного питомого теплоспоживання від фактичного для корпусу № 2  
Джерело: розроблено авторами

Аналогічні дослідження були здійснені для всіх кластерів, після чого отримано підсумкову таблицю 1.

**Висновки.** Проаналізувавши отримані результати, можна зробити висновок, що для визначення прогнозованого теплоспоживання навчальних корпусів доцільним є використання підходу, який базується на кластеризації об'єктів. Для більш точного розрахунку слід використовувати індивідуальний підхід (третій етап), тобто розглядати кожен корпус окремо. Більш точними моделями є такі, що враховують аналіз теплоспоживання кожного місяця окремо для одного корпусу, проте такий підхід вимагає великий об'єм вихідної інформації. Вагомим для здійснення коректного моніторингу і аналізу є дотримання точних термінів зняття показів з теплотільників, що не завжди виконується відповідальними працівниками, зважаючи на графік робіт закладів (свята, вихідні), а також моніторинг умов мікроклімату в приміщеннях і термінів ОП.

Таблиця 1

Узагальнена таблиця регресійного аналізу по кластерам

Кластер	Загальне рівняння	Коефіцієнт детермінації, $R^2$	Середнє відхилення прогнозного питомого тепло споживання від фактичного, %
1	$y = 0,000034 \cdot x_1 - 0,345872 \cdot x_2 + 0,000019 \cdot x_7 + 0,064902$	0,774	12
2	$y = 0,000021 \cdot x_1 - 0,000003 \cdot x_3 + 0,067193$	0,7739	10
3	$y = 0,000022 \cdot x_1 - 0,000014 \cdot x_4 - 0,000003 \cdot x_5 + 0,000002 \cdot x_5 - 0,049295$	0,8965	7
4	$y = 0,000031 \cdot x_1 - 0,100588 \cdot x_2 - 0,000002 \cdot x_3 + 0,011643$	0,9004	9
5	$y = 0,000023 \cdot x_1 - 0,000009 \cdot x_3 - 0,041781 \cdot x_2 + 0,000002 \cdot x_7 + 0,037468$	0,8484	11

Джерело: розроблено авторами

Використані позначення:  $y$  – питоме теплоспоживання ( $q$ ), Гкал/м<sup>2</sup>;  $x_1$  – градусо-доба,  $^\circ\text{C} \cdot \text{доба}$ ;  $x_2$  – коефіцієнт скління;  $x_3$  – площа приміщень, м<sup>2</sup>;  $x_4$  – площа вікон, м<sup>2</sup>;  $x_5$  – об'єм приміщень, м<sup>3</sup>;  $x_6$  – площа стін, м<sup>2</sup>;  $x_7$  – кількість людей в приміщенні, чел.

#### Список літератури:

- Будинки і споруди. Будинки та споруди навчальних закладів / ДБН В.2.2-3-97 [Чинний з 01.01.1998 р.] – К.: Держкоммістобудування України, 1997. – 90 с.
- Міжгалузеві норми споживання електричної та теплової енергії для установ і організацій бюджетної сфери України. Затверджені Держкомітетом України з енергозбереження 25.10.99. – К.: ЗАТ «ВІПОЛ». – 2000 р. – 104 с.
- Структурний аналіз енергоспоживання й енергозбереження в галузі освіти / Дешко В. І., Шевченко О. М. // Наукові вісті НТУУ «КПІ». – 2011. – № 6. – С. 139-147.
- Дешко В. І. Математичні моделі будівель для оцінки енергоспоживання / І. Ю. Білоус, В. І. Дешко // Будівельні конструкції: Міжвідомчий науково-технічний збірник наукових праць. Випуск 80, Київ 2014. – 68-72 с.

5. Верхотуров О. М. Використання апарату множинної регресії в задачах аналізу, обліку і планування електроживлення організацій, розосереджених в групі будівель / О. М.Верхотуров, В. І. Дешко, О. М. Шевченко // Вісник ХНТУСГ ім. П. Василенка. Вип. 87: праці міжнар. наук.-практ. конф. (8-9.10.2009 р). – Харків: ХНТУСГ, 2009. – С. 162.
6. Дрейпер Н., Смит Г. Прикладной регрессионный анализ, изд. 2-е, перераб. и доп. – М.: «Финансы и статистика», 1987. – 352 с.
7. Горкавий В. К., Ярова В. В. Математична статистика: Навчальний посібник. – К.: ВД «Професіонал», 2004. – 384 с.
8. Халафян А. А. Statistica 6. Статистический анализ данных. 3-е изд. Учебник. – М.: ООО «Бином-пресс», 2007. – 512 с., ил.

**Шовкалюк М.М., Войналович Н.А.**

Национальный технический университет Украины  
«Киевский политехнический институт»

## ПРИМЕНЕНИЕ РЕГРЕССИОННЫХ ЗАВИСИМОСТЕЙ ДЛЯ ПРОГНОЗИРОВАНИЯ ТЕПЛОПОТРЕБЛЕНИЯ УЧЕБНЫХ КОРПУСОВ

### Аннотация

Снижение энергетической зависимости Украины является стратегической задачей. Мониторинг и анализ энергопотребления является одним из важных шагов к повышению энергоэффективности учебных заведений. В данной статье объектами исследования являются учебные корпуса НТУУ «КПИ». Главной задачей статьи является построение регрессионных моделей и рекомендации по дальнейшему их применения для объектов образовательной сферы.

**Ключевые слова:** регрессионный анализ, теплотребление, учебные корпуса, кластерный анализ.

**Shovkaliuk M.M., Voinalovych N.O.**

National Technical University of Ukraine  
«Kyiv Polytechnic Institute»

## THE APPLICATION OF REGRESSION DEPENDENCE TO PREDICT HEAT CONSUMPTION OF THE EDUCATIONAL BUILDINGS

### Summary

Reducing the energy dependence of Ukraine is a strategic task. Monitoring and analysis of energy consumption is an important step to improve energy efficiency of educational buildings. This paper's object is academic buildings of NTUU «KPI». The main objective of the paper is to construct the regression models and provide guidelines for the use of their application for educational facilities.

**Keywords:** regression analysis, heat consumption, educational buildings, cluster analysis

УДК 621.3: 658.26

## РОЗРОБКА МОДЕЛЕЙ ДЛЯ РОЗРАХУНКУ ТЕПЛОВИХ ПОТОКІВ ЧЕРЕЗ ПІДЛОГУ У ВІДПОВІДНОСТІ З НОРМАМИ ЄС

**Шовкалюк М.М., Войналович О.О.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут»

Дане дослідження було зосереджено на аналізі теплових втрат через підлогу за новими методиками розрахунку згідно з впровадженими в Україні нормами з енергоефективності будівель з урахуванням європейських вимог [1, 2]. Завданням статті був аналіз методичних підходів до розрахунку тепловтрат за методикою ЄС для різних типів підлоги. Розроблено математичні моделі та виконано аналіз впливу різних факторів на питомі тепловтрати.

**Ключові слова:** теплові втрати, підлога, ґрунт, будівлі.

**Постановка проблеми.** Питання підвищення енергоефективності об'єктів ЖКГ є надзвичайно актуальним для України. В грудні 2010 року Верховна Рада України ратифікувала Договір Європейського Енергетичного співтовариства (ЕСТ), згідно якого Україна взяла на себе зобов'язання щодо виконання Директив з питань енергетики і енергозбереження. За останні роки в нормативній базі України було впроваджено серію стандартів ЄС щодо енергоефективності будівель [3, 4] з урахуванням вимог ЄС [1, 2].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У ЄС серед існуючих стандартів розрахунку енергое-

фективності будівель стандарт EN ISO 13790 [2] займає центральне місце і пов'язує більшість стандартів в логічну послідовність етапів розрахунку. Україна не стала розробляти самостійну методику, а прийняла національний стандарт ДСТУ Б EN ISO 13790 [3], що має ступінь відповідності ідентичний (IDT) до міжнародного стандарту [2]. Крім того, було розроблено національну методику розрахунку [6] на базі стандарту [3]. Методики [3, 6] дещо відрізняються від класичного теплотехнічного розрахунку та підходів, які використовувалися фахівцями України [7] при визначенні потреби