

УДК 621:311

**В.Ф. Ткаченко, канд. техн. наук**

*Черкаський державний технологічний університет, м. Черкаси, Україна*

**К.Г. Петрова, канд. техн. наук**

*Кіровоградський національний технічний університет, м. Кіровоград, Україна,*

*E-mail: Kate\_flash@mail.ru*

## Підвищення рівня ефективності енергоспоживання вищих навчальних закладів за рахунок виявлення почерговості впровадження заходів з енергоощадження

Запропоновано новий методичний підхід до визначення головних факторів, що впливають на електроспоживання; вдосконалено модель системи енергетичного моніторингу, що дозволяє систематизувати та оцінити пріоритетність впровадження напрямів та заходів з енергоощадження, запропоновано механізм визначення почерговості впровадження напрямків енергоощадження.

**енергоефективність, напрямки енергоощадження, пріоритетність впровадження**

**В.Ф. Ткаченко, канд. техн. наук, ст. преп.**

*Черкасский государственный технологический университет, г. Черкассы, Украина*

**К.Г. Петрова, канд. техн. наук, преп.**

*Кировоградский национальный технический университет, г. Кировоград, Украина*

**Повышение уровня эффективности энергопотребления высших учебных заведений за счет определения очередности внедрения мероприятия по энергосбережению**

Предложен новый методический подход к определению главных факторов, влияющих на электропотребления; усовершенствованная модель системы энергетического мониторинга позволяет систематизировать, оценить приоритетность внедрения направлений и мероприятий по энергосбережению, предложен механизм определения очередности внедрения направлений энергосбережения.

**энергоэффективность, направления энергосбережения, приоритетность внедрения**

**Постановка проблеми.** Одним з пріоритетних напрямів енергетичної політики України є інтенсифікація впровадження систем енергоменеджменту, розвиток стратегій заощадження електричної енергії, підвищення рівня енергоефективності та мінімізація витрат на енергоносії.

Основною ж умовою сталого соціально-економічного та матеріально-технічного розвитку вищого навчального закладу (ВНЗ) є обґрунтовані за результатами проведення енергетичних аудитів прогнозування потреби в паливно-енергетичних ресурсах, оптимізація енергетичного балансу та техніко-економічний аналіз доцільності та черговості впровадження енергоощадних заходів.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Енергетичний аудит, загальні принципи проведення якого викладені у ДСТУ [1] та у типовій методиці [2], є необхідною передумовою до пошуку резервів заощадження електричної та теплової енергій, виявлення напрямків та заходів з енергоощадження. В той же час, відсутня єдина загальноприйнята методика вибору та ранжування енергоощадних заходів (ЕОЗ) за першочерговістю впровадження та побудови системи управління енергоощадженням у ВНЗ.

Слід зазначити, що в роботах [2-4] фрагментарно наведено рекомендації щодо вибору та розроблення переліку ЕОЗ, разом з тим невисвітленими залишаються важливі питання методологічного та методичного характеру, пов'язані з вдосконаленням існуючих та розробленням нових організаційно-управлінських рішень та комплексним підходом до вирішення питань управління енерговикористанням ВНЗ.

**Постановка завдання.** Аналізування прогресивного досвіду показало, що кожен об'єкт має свою специфіку та вимагає індивідуального підходу, зокрема, – виявлення і впровадження найбільш доцільних з техніко-економічної точки зору заходів з енерго- та ресурсозбереження. З цією метою слід розглянути можливість застосування статистично-математичних методів управління енергоощадженням ВНЗ: розробити новий методичний підхід до визначення головних факторів, що впливають на електроспоживання; систематизувати та візуалізувати перелік напрямків, заходів з енергоощадження та запропонувати механізм визначення черговості впровадження напрямків енергоощадження.

**Викладення основного матеріалу.** На регіональному рівні найбільшими бюджетними споживачами теплової та електричної енергії є навчальні заклади, зокрема ВНЗ, де потенціал енергоощадження є одним з найбільших. Так, виходячи з оцінювання потенціалу енергоефективності будівель бюджетного фонду з врахуванням діючих норм до теплової ізоляції у системах опалення навчальних закладів, технічний потенціал енергоощадження становить до 80 % [5].

В цілому впровадження заходів з енергоощадження у бюджетній сфері за техніко-економічними показниками в 4-5 разів доцільніше, ніж вироблення еквівалентної кількості енергії [6].

Результати аналізування стану споживання паливно-енергетичних ресурсів інфраструктурою Міністерства освіти і науки України (МОН), наведені на рис. 1., вказують на актуальність підвищення рівня енергоефективності об'єктів МОН.

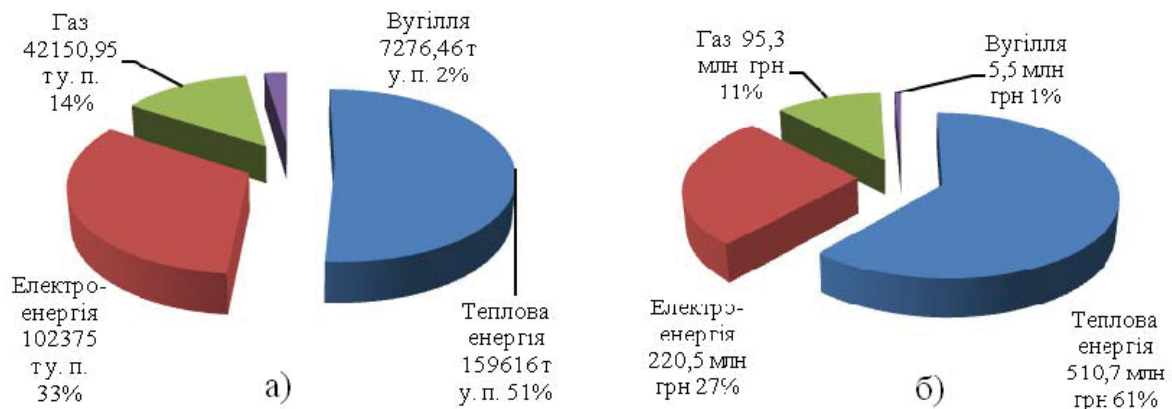


Рисунок 1 – Балансова діаграма розподілу енергоресурсів, спожитих об'єктами МОН (а) та витрата коштів на їх оплату (б) у 2014 році

Складання енергетичного балансу об'єкту електроспоживання є одним з перших кроків до виявлення резервів заощадження енергії, їх дослідження та реалізації. Наприклад, для Черкаського державного технологічного університету (ЧДТУ) електробаланс складено і подано у вигляді табл.1.

З метою максимального впливу на споживачів електричної енергії ВНЗ було розроблено комплекс організаційно-технічних заходів із заощадження електроенергії та подано у вигляді напрямків з енергоощадження.

Таблиця 1 – Електробаланс ЧДТУ

| № з/п  | Назва споживачів електричної енергії | %    |
|--------|--------------------------------------|------|
| 1      | Освітлення                           | 35,2 |
| 2      | Вентиляція, кондиціонування          | 9,2  |
| 3      | Електронагрівальні пристрої          | 6    |
| 4      | Насоси                               | 0,8  |
| 5      | Ліфти                                | 1,1  |
| 6      | Побутова техніка                     | 6,5  |
| 7      | Електричні плити                     | 13,6 |
| 8      | Комп'ютерна техніка                  | 19,7 |
| 9      | Лабораторні стенди                   | 6,7  |
| 10     | Інше                                 | 1,2  |
| Всього |                                      | 100  |

Для кожного з наведених напрямків енергоощадження запропоновано заходи, які відображено на рис. 2 у вигляді схеми Ісікави, що дозволяє максимально систематизувати та візуалізувати їх для покращення сприйняття. Метою реалізації енергоощадних напрямків є максимальне заощадження електроенергії за мінімальних фінансових ресурсів.

Виявлення пріоритетних напрямків, спрямованих на реалізацію резервного потенціалу заощадження електричної енергії у ВНЗ, проведено із застосуванням методу попарних порівнянь (МПП) [7].

Визначення ступеню важливості напрямків заощадження електричної енергії було проведено із залученням до опитування 10 експертів, фахівців з енергетичного аудиту. Експертам було запропоновано оцінити пріоритети впровадження заходів з енергоощадження за 6-ма напрямками: вдосконалення схем електропостачання ( $X_1$ ), якість проведення ремонту електрообладнання ( $X_2$ ), популяризація енергоощадження серед викладачів, технічного персоналу, студентів ( $X_3$ ), енергетичний моніторинг об'єктів енергоспоживання ( $X_4$ ), впровадження нового електрообладнання ( $X_5$ ) та оптимізація режимів використання побутового та навчально-лабораторного електрообладнання ( $X_6$ ).

Визначення ступеню узгодженості думок експертів та попарного порівняння напрямків енергоощадження проводилось із застосуванням статистичної обробки результатів опитування. Так, розраховано коефіцієнт кількості порівнянь  $p=(n \cdot (n-1))/2$ , де  $n$  – кількість напрямків енергоощадження.

Так, експерти попарно оцінювали важливість напрямків, виходячи з умов, що напрямки мають три ступеня вагомості: « > », « < », « = ». Оцінки подані у кількісному виді із розрахунку: знак « > » – 1,5, знак « < » – 0,5, та знак « = » – 1.

Фрагмент таблиці результатів опитування наведено в табл. 2.

Таблиця 2 - Фрагмент результатів розрахунку експертного оцінювання вибору енергозберігаючих напрямків

| Порівняльні пари | Найменування порівняльних пар        |   | Експерти |      |      |     |      | Середня оцінка порівняння пріоритетів |      |
|------------------|--------------------------------------|---|----------|------|------|-----|------|---------------------------------------|------|
|                  |                                      |   | 1        | 2    | 3    | ... | 10   | 1-ша                                  | 2-га |
| $X_1 - X_2$      | Вдосконалення схем електропостачання | Якість проведеного ремонту                  | 0,50     | 1,00 | 0,50 | ... | 1,50 | 1,00                                  | 1,00 |
| ...              | ...                                  | ...   | ...      | ...  | ...  | ... | ...  | ...                                   | ...  |
| $X_5 - X_6$      | Впровадження нового обладнання       | Оптимізація режимів використання обладнання | 1,50     | 1,50 | 1,50 | ... | 1,50 | 1,50                                  | 0,50 |

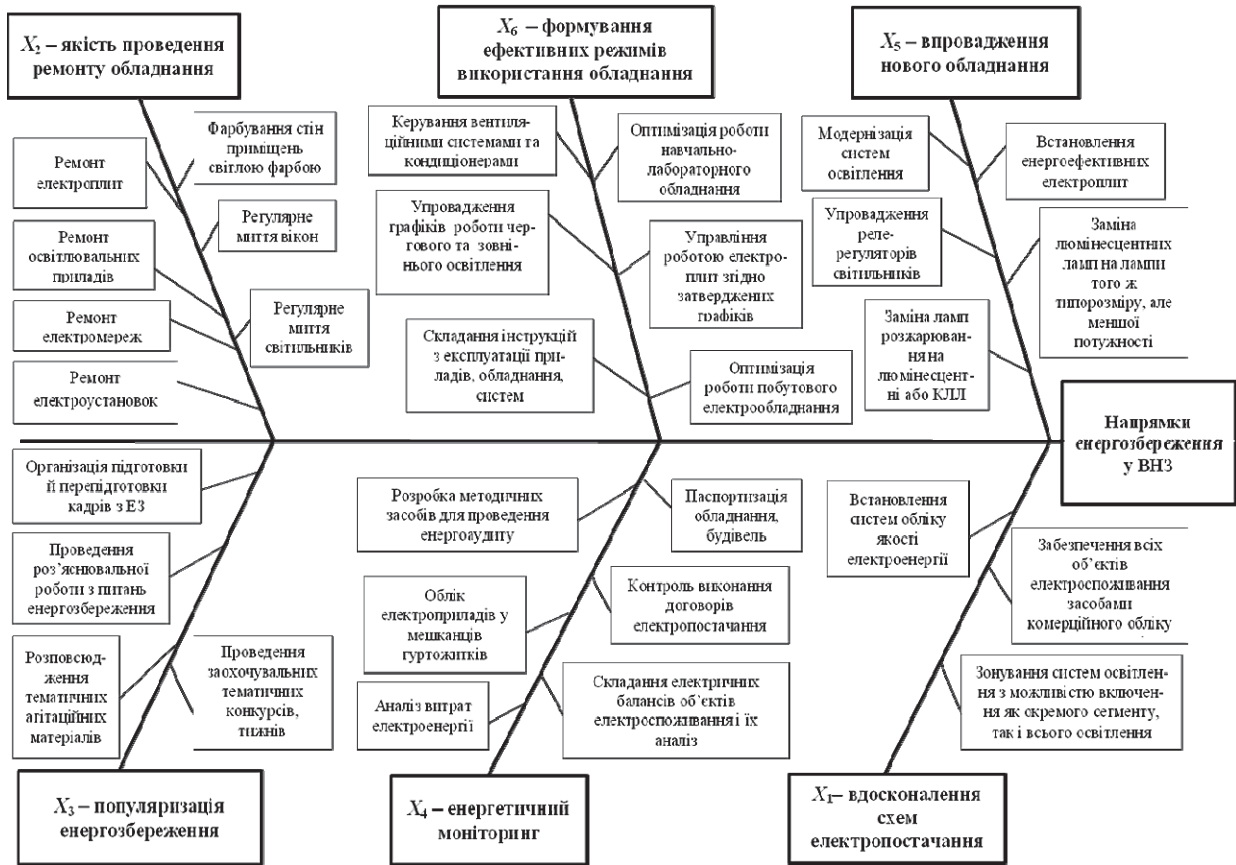


Рисунок 2 – Напрямки та заходи енергоощадження, подані у вигляді схеми Ісікави

Розраховані перша  $k_1$  та друга  $k_2$  середні оцінки за відповідними формулами:

$$k_1 = \frac{\sum_{i=1}^m B_i}{m}, \quad k_2 = 2 - k_1, \quad (1)$$

де  $B_i$  – значення ступеня вагомості напрямку, визначене кожним експертом;  $m$  – кількість експертів.

Коефіцієнт пріоритету  $K_{ПР}$  напрямків енергоощадження у ВНЗ знаходимо за формулою:

$$K_{ПР} = \frac{\sum_{i=1}^{m-1} k_i}{n(n-1)}, \quad (2)$$

де  $n$  – кількість порівняльних напрямків енергоощадження.

Вагу енергоощадного напрямку визначаємо за виразом:

$$B_{i\text{НАПР}} = \frac{K_{ПР}}{\sum_{i=1}^m K_{ПР}} \cdot 100 \% . \quad (3)$$

На підставі даних експертного опитування та розрахунків, виконаних за (1)-(3) складаємо таблицю пріоритетів енергоощадних напрямків (табл. 3).

Таблиця 3 – Результати розрахунків черговості впровадження та ваги енергоощадних напрямків

| Індекс | $X_1$ | $X_2$ | $X_3$ | $X_4$ | $X_5$ | $X_6$ | Визначення пріоритету |          | Пріоритет напрямку | Вага напрямку % |
|--------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-----------------------|----------|--------------------|-----------------|
|        |       |       |       |       |       |       | сума                  | $K_{ПР}$ |                    |                 |
| $X_1$  | 0     | 1     | 0,9   | 0,7   | 0,9   | 0,7   | 4,2                   | 0,140    | 5                  | 14,2            |
| $X_2$  | 1     | 0     | 0,9   | 0,7   | 0,5   | 0,7   | 3,8                   | 0,127    | 6                  | 12,2            |
| $X_3$  | 1,1   | 1,1   | 0     | 1,1   | 1     | 1     | 5,3                   | 0,177    | 3                  | 17,3            |
| $X_4$  | 1,3   | 1,3   | 0,9   | 0     | 0,8   | 0,5   | 4,8                   | 0,160    | 4                  | 16,3            |
| $X_5$  | 1,1   | 1,5   | 1     | 1,2   | 0     | 1,5   | 6,3                   | 0,210    | 1                  | 21,4            |
| $X_6$  | 1,3   | 1,3   | 1     | 1,5   | 0,5   | 0     | 5,6                   | 0,187    | 2                  | 18,3            |

Пріоритетність та вага енергоощадних напрямків з використанням діаграми Парето має вид, наведений на рис. 3.

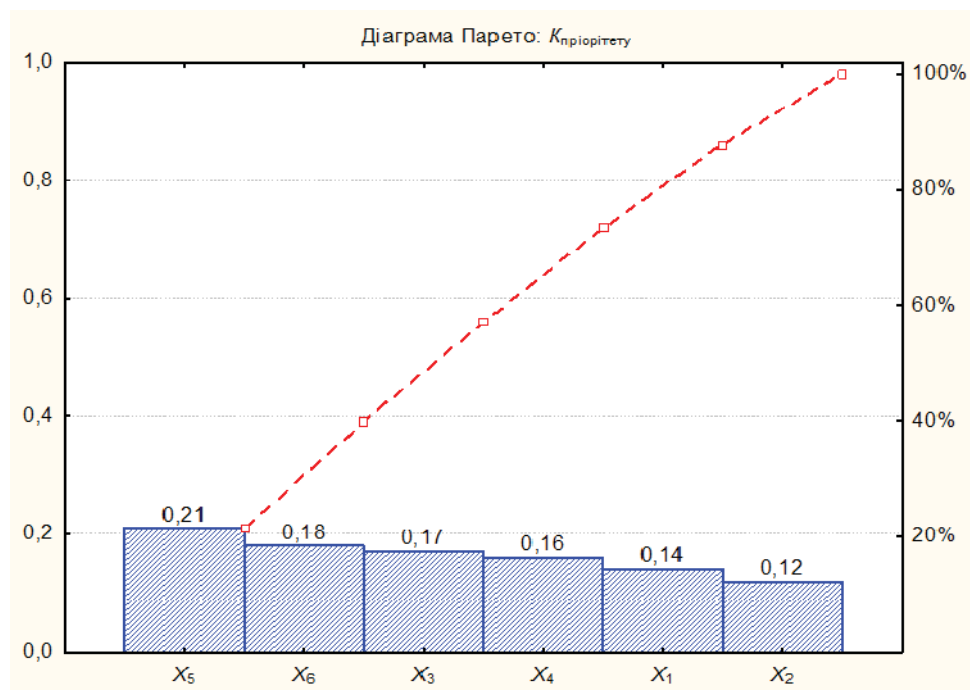


Рисунок 3 – Діаграма Парето з пріоритетністю та вагою напрямків енергоощадження у ВНЗ

Отримана діаграма ілюструє питомий внесок кожного з напрямків у загальну проблему управління енергоощадженням.

Подальшого підвищення рівня енергоефективності можна досягти шляхом впровадження служби енергетичного менеджменту в структуру управління енергозбереженням ВНЗ.

**Висновки.** Оптимізація вибору напрямків (зведеного комплексу заходів) з енергоощадження та визначення їх ваги дозволить підвищити обґрунтованість і точність прийняття управлінських рішень щодо впровадження заходів з енергоощадження та розподілу енерго-економічних ресурсів для вищих навчальних закладів, забезпечити комфортні умови праці і навчання відповідно до санітарно-гігієнічних вимог та водночас зменшити витрати на оплату комунальних послуг та енергоносіїв.

Створення нових та вдосконалення існуючих підходів до оцінювання рівня енергоефективності, побудова моделей та засобів моніторингу споживання енергії структурних об'єктів вищих навчальних закладів, а також визначення пріоритету

вибору енергоощадних заходів дозволить виявити та усунути основні джерела втрат теплової, електричної та інших видів енергії; оптимізувати паливно-енергетичні баланси; підвищити рівень енергоефективності за рахунок зменшення питомого енергоспоживання; сприяти покращенню стану екології тощо.

## Список літератури

1. ДСТУ 4713:2007 Енергозбереження. Енергетичний аудит промислових підприємств. Порядок проведення та вимоги до організації робіт. – [Чинний від 01.07.2007]. – К.: Держспоживстандарт України, 2007. – 18 с.
2. Типова методика «Загальні вимоги до організації та проведення енергетичного аудиту» / Затверджено наказом Національного агентства України з питань забезпечення ефективного використання енергетичних ресурсів № 56 від 20.05.2010.
3. Булгакова М. Енергозбереження в Україні: правові аспекти і практична реалізація: навчально-практичний посібник / М. Булгакова, М. Приступа. – Рівне: О.Зень, 2011. – 48 с.
4. Соловей О.І. Енергетичний аудит: навчальний посібник / О.І. Соловей, В.П. Розен, Ю.Г. Лега, О.О. Ситник, А.В. Чернявський, Г.В. Курбака. – Черкаси: ЧДТУ, 2005. – 299 с.
5. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель: ДБН В.2.6-31:2006 (на заміну СНиП П-3-79). – [Чинний від 2007-04-01]. – К.: Державне підприємство «Укрархбудінформ», 2007. – 60 с.
6. Муніципальна енергетика: шляхи підвищення ефективності [Електронний ресурс] / А.І. Шевцов, М.Г. Земляний, В.В. Вербинський // Регіональний філіал НІСД у м. Дніпропетровську. – Режим доступу : <http://www.niss.gov.ua/Monitor/Oktober/5.htm>.
7. Горлова Л.П. Организация функционально-стоимостного анализа на предприятии / Л.П. Горлова, Е.П. Крыжановская, В.В. Муровская. – М.: Финансы и статистика, 1982. – 127 с.

**Valentine Tkachenko, PhD tech. sci.**

*Cherkasy State Technological University, Cherkasy, Ukraine*

**Kateryna Petrova, PhD tech. sci.**

*Kirovograd National Technical University, Kirovograd, Ukraine*

### **Increasing the level of the energy efficiency of the higher education institutions by identifying order of priority of implementation ways of power saving**

Reducing the cost of funds for the purchases of the energy resources by increasing the level of the energy efficiency. The methods of comprehensive complex energy audit and analysis of the synthetic fuel and energy balance are used.

The possibilities of the energy saving are found and their ranking in order of priority of their implementation is conducted.

Taking into account the specificity of the object of the energy audit and the peculiarities of the regimes of the energy usage allowed to improve the model of the energy management system, which is to perform oversight functions concerning compliance of the norms and regimes of the energy usage and allows to systematize the priority tendencies and projects to increase the energy efficiency.

Results of the energy research allowed finding out the reserves of the energy saving and reducing costs on the payment for the energy carriers.

**energy efficiency, ways of power saving, priority of implementation**

Одержано 26.11.15