

## Показники і методика оцінювання рівня енергозбереження в медичних закладах

Вінницький національний технічний університет

**Анотація.** У статті розглянуто систему показників та методику комплексного оцінювання рівня енергозбереження в медичних закладах. Проаналізовано структуру споживання енергетичних ресурсів лікарнями різного профілю та потужності. Визначено, що питоме споживання теплової енергії в багатьох існуючих в медичних закладах становить 250–350 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік, що перевищує нормативний показник у 2–2,5 рази. Запропоновано методику розрахунку інтегрального показника енергоефективності (ІПЕЕ), що дозволяє класифікувати заклади за рівнем енергоефективності від класу А++ до G. Описано алгоритм проведення енергетичного аудиту та встановлення базового рівня споживання з урахуванням кліматичних умов. Апробація методики на реальних об'єктах підтвердила можливість скорочення споживання теплової енергії на 28–32% та електричної на 15–20%.

**Ключові слова:** енергозбереження, медичний заклад, питоме енергоспоживання, інтегральний показник енергоефективності, енергетичний аудит, клас енергоефективності, базовий рівень споживання

**Abstract** The article examines a system of indicators and a methodology for comprehensive assessment of the energy saving level in medical institutions. The structure of energy resource consumption by hospitals of various profiles and capacities has been analysed. It is established that the specific heat energy consumption in medical facilities amounts to 250–350 kWh/m<sup>2</sup> per year, exceeding the normative value by 2–2.5 times. A methodology for calculating the Integrated Energy Efficiency Index (IEEI) is proposed, enabling classification of facilities according to energy efficiency classes from A++ to G. The algorithm for conducting an energy audit and establishing a baseline consumption level accounting for climatic conditions is described. Approval of the methodology on real facilities confirmed the possibility of reducing heat energy consumption by 28–32% and electricity by 15–20%.

**Keywords:** energy saving, medical institution, specific energy consumption, integrated energy efficiency index, energy audit, energy efficiency class, baseline consumption level

Проблема енергозбереження в медичних закладах набуває особливої актуальності в умовах зростання вартості енергоносіїв та необхідності забезпечення стабільного функціонування систем життєзабезпечення. Медичні заклади є одними з найбільших споживачів електричної та теплової енергії серед об'єктів соціальної інфраструктури, тому впровадження ефективних методів оцінювання рівня енергозбереження є важливим завданням. Метою статті є аналіз існуючих показників та розробка комплексної методики оцінювання рівня енергозбереження в медичних закладах з урахуванням специфіки їх функціонування. Основні показники енергоефективності медичних закладів є наступними.

Для оцінювання рівня енергозбереження в медичних закладах застосовують систему показників, що охоплює різні аспекти споживання енергетичних ресурсів. Базовим показником є питоме енергоспоживання (ПЕС) — обсяг енергії, що витрачається на одного пацієнта або на одиницю площі закладу.

Питоме споживання теплової енергії для існуючих лікарень у середньому становить 250–350 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік, тоді як нормативний показник для сучасних будівель не повинен перевищувати 120–150 кВт·год/м<sup>2</sup> на рік. Різниця свідчить про значний потенціал енергозбереження.

До основних показників відносяться: коефіцієнт корисної дії систем опалення і теплопостачання, питома витрата електроенергії на вентиляцію та кондиціонування, показник енергоефективності освітлення, а також коефіцієнт використання відновлюваних джерел енергії. Усереднена структура споживання енергії у типовому медичному закладі наведена на рисунку 1. Як видно з рис. 1 найбільше енергії споживається системами опалення, ГВП і вентиляції. Тому і найбільшу увагу в питаннях енергозбереження треба приділити саме їм.

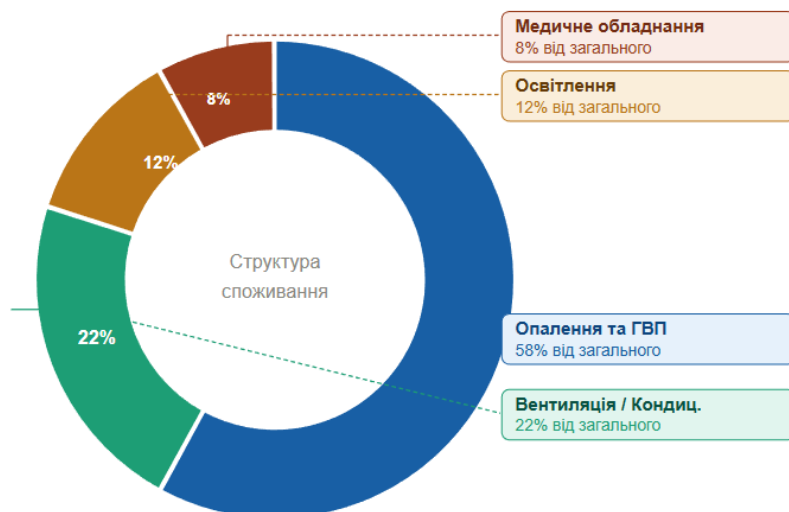


Рис. 1. Структура споживання енергії у типовому медичному закладі

Джерело – узагальнено авторами

### Методика комплексного оцінювання

Методика оцінювання рівня енергозбереження передбачає проведення енергетичного аудиту, збирання та аналіз даних про споживання ресурсів, порівняння з нормативними значеннями та розрахунок інтегрального показника енергоефективності (ІПЕЕ). На відміну від нормативної методики [1] нами пропонується визначати інтегральний показник енергоспоживання опираючись на результати енергетичного аудиту і розрахованих значень  $P_{inor}$  — технічно обґрунтованих і економічно доцільних значень споживання енергії певною системою (опалення, теплопостачання, вентиляції, освітлення, гвп, холодопостачання). Норматив [1] - це розрахунковий стандарт, що визначає інженерний метод обчислення енергоспоживання на етапі проектування або енергетичної сертифікації. Його мета — отримати розрахункове значення споживання для присвоєння класу будівлі. Стандарт орієнтований переважно на житлові та типові громадські будівлі. Запропонована нами методика — це оцінювально-управлінський інструмент для діючих медичних закладів у процесі експлуатації. ДСТУ визначає питому енергетичну характеристику ( $\text{кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2\cdot\text{рік}$ ) по кожній системі окремо і сумарно. Це одновимірний показник.

Запропонований ІПЕЕ є багатовимірним: він зважає кілька показників (теплова енергія, електрична, вода, технологічне навантаження) через вагові коефіцієнти  $k_i$ , що відображають пріоритети саме для медичних закладів, і дає єдине число для управлінських рішень.

Інтегральний показник розраховується за формулою:

$$IPEE = \sum_{i=1}^n \left( \frac{k_i \times P_i}{P_{inor}} \right) \quad (1)$$

де  $k_i$  — ваговий коефіцієнт  $i$ -го показника,  $P_i$  — фактичне значення показника,  $P_{inor}$  — технічно обґрунтоване і економічно доцільне значення споживання енергії даної системи. За величиною ІПЕЕ заклади можна поділити на класи енергоефективності від А++ до G.

Ваговий коефіцієнт  $k_i$  характеризує відносний внесок  $i$ -го показника в загальне енергоспоживання закладу і визначається на підставі статистичного аналізу структури енергобалансу медичних будівель відповідного функціонального типу. Значення  $k_i$  встановлюються окремо для кожної групи споживачів — теплової енергії, вентиляції, освітлення та технологічного навантаження — з урахуванням профілю закладу, кліматичної зони розташування та режиму цілодобової експлуатації, що є характерним для об'єктів охорони здоров'я. При цьому обов'язково виконується

умова нормування:  $\sum k_i = 1$ , що забезпечує коректність інтегральної оцінки та можливість порівняння закладів різної потужності та профілю між собою.

Таблиця 1. Класифікація медичних закладів за рівнем енергоефективності

Клас енергоефективності*	ШПЕЕ	ПЕС, кВт·год/м <sup>2</sup>	Рекомендовані заходи
A++ / A+	$\leq 0,5$	$< 80$	Моніторинг
B	0,5–0,75	80–120	Дрібний ремонт
C	0,75–1,0	120–200	Модернізація
D / E	1,0–1,5	200–350	Реконструкція
F / G	$> 1,5$	$> 350$	Комплексне оновлення

Джерело – запропоновано авторами

Важливим етапом методики є визначення базового рівня споживання — так звана baseline — для подальшого відстеження ефективності вжитих заходів. Базовий рівень встановлюється на основі даних про споживання енергії за попередні три роки з урахуванням кліматичних корекцій. Загальна послідовність дій при визначенні рівня енергоефективності закладів охорони здоров'я представлена у вигляді алгоритму на рис. 2.

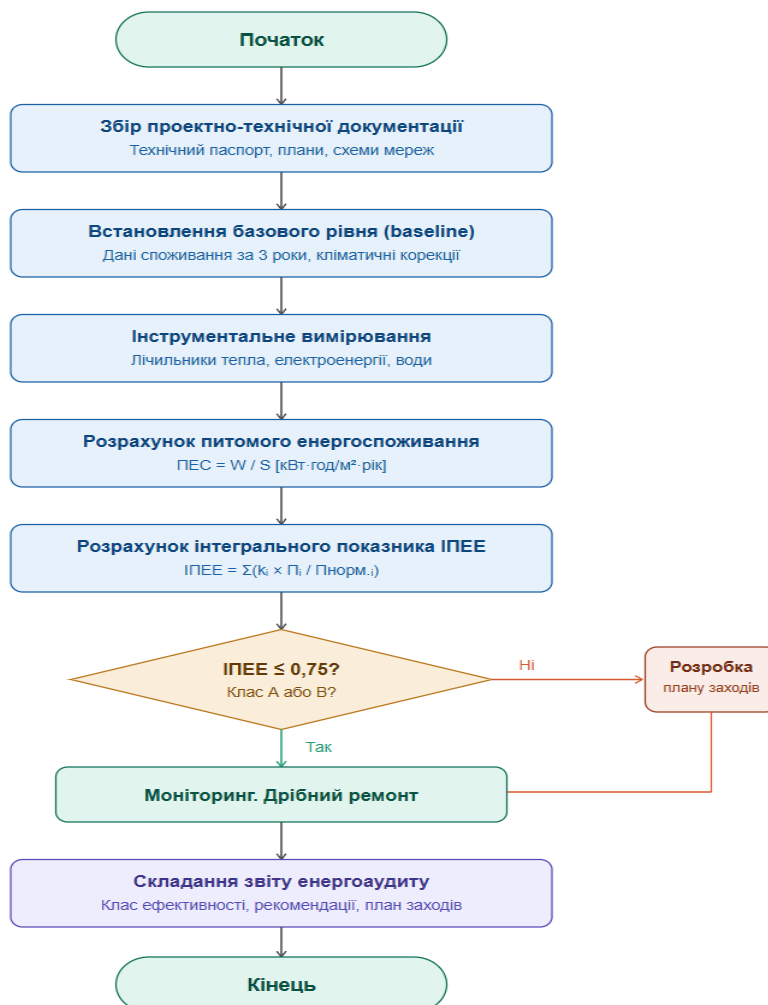


Рис. 2. Алгоритм методики оцінювання рівня енергозбереження ЗОЗ

Джерело – запропоновано авторами

Апробація методики проводилась на базі декількох лікарень різного типу та потужності. Встановлено, що більшість закладів відносяться до класів D–F, що свідчить про значний потенціал підвищення енергоефективності. Найбільші резерви виявлено в системах тепlopостачання (до 35% економії) та вентиляції (до 25% економії).

Впровадження комплексу заходів на основі рекомендацій методики дозволило в середньому скоротити споживання теплової енергії на 28–32%, електричної — на 15–20% при терміні окупності інвестицій 5–7 років.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. ДСТУ Б А.2.2-8:2010. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. — Київ: Мінрегіонбуд України, 2010. — 148 с.
2. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» від 22.06.2017 № 2118-VIII. — Відомості Верховної Ради України. — 2017. — № 33. — Ст. 359.
3. Д. Степанов, Н. Степанова, С. Оникієнко, і В. Мартиненко, «ПОКАЗНИКИ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ГРОМАДСЬКОЇ БУДІВЛІ», *СучТехнБудів*, вип. 34, вип. 1, с. 134–139, Сер 2023.
4. Yang Li, Haibo Feng, Integrating urban building energy modeling (UBEM) and urban-building environmental impact assessment (UB-EIA) for sustainable urban development: A comprehensive review, *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, Volume 213, 2025, 115471, ISSN 1364-0321, <https://doi.org/10.1016/j.rser.2025.115471>.

**Джеджула В'ячеслав Васильович** - доктор економічних наук, професор, Вінницький національний технічний університет, e-mail: [djedjula@vntu.edu.ua](mailto:djedjula@vntu.edu.ua)

**Шевчук Дмитро Григорович** – здобувач освітньо-наукового ступеня «доктор філософії», Вінницький національний технічний університет