

УДК 621:658.264

А.В. Праховник, В.І. Дешко,  
О.М. Шевченко**ЕНЕРГЕТИЧНА СЕРТИФІКАЦІЯ БУДІВЕЛЬ****Вступ**

У зв'язку з вичерпністю викопного палива та негативним впливом на довкілля питання ефективного використання енергетичних ресурсів посідають головне місце в забезпеченні сталого розвитку. Зважаючи на підвищення рівня життя, урбанізації, у світі зростає частка енергоспоживання будівлями, як громадськими, так і житловими.

Сьогодні ця тема набуває більшої уваги й у всіх галузях народного господарства України. Однак вирішення питань енергозбереження потребує оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів у будівлі, установі, на промисловому підприємстві, в місті тощо. Одним з елементів оцінки ефективності використання енергетичних ресурсів є енергетична паспортизація об'єктів – споживачів ресурсів, або енергетична сертифікація, як прийнято в світовій термінології, зокрема в стандартах ЄС.

Питання аналізу ефективності використання енергетичних ресурсів гостро постало й у бюджетній сфері, по-перше, через зношеність фонду будівель, по-друге, через брак бюджетного фінансування на покриття комунальних витрат і проведення заходів з енергозбереження та санації будівель. Стаття присвячена дослідженню процедур сертифікації будівель, зокрема в Україні, країнах-членах ЄС та країнах СНД.

**Постановка задачі**

Авторами було поставлено за мету підготувати підґрунтя для розробки методології енергетичної сертифікації закладів освіти та їх будівель в Україні. Для досягнення мети в рамках даної статті необхідно виконати такі завдання:

1) провести більш детальний аналіз європейських підходів до сертифікації будівель, що застосовуються в Україні;

2) проаналізувати можливість використання цих підходів до закладів освіти в Україні на прикладі будівель університетів;

3) визначити головні чинники, що впливають на визначення ефективності будівель при проведенні сертифікації;

4) надати рекомендації щодо можливості використання європейських підходів в Україні.

**Огляд підходів до енергетичної сертифікації будівель у світі**

Для визначення ефективності споживання енергетичних ресурсів проведено дослідження відповідних даних на прикладі будівель галузі освіти, до яких увійшли будівлі вищих навчальних закладів I–IV рівнів акредитації.

Енергетична сертифікація будівель – це метод для підвищення енергоефективності, мінімізації енергоспоживання та зниження негативного впливу на довкілля.

Сертифікація будівель з точки зору ефективності використання енергетичних ресурсів створює основу для оцінки та порівняння енергоспоживання різних будівель. Також рейтингова система слугує основою для фінансово-матеріального заохочення або покарання, а отримання класу енергоефективності створює передумови та стимули для проектування нових екоенергоефективних будівель, термомодернізації існуючих будівель тощо.

Схеми маркування використовують два основних підходи: перший – це загальнообов'язкова енергетична сертифікація, другий – добровільні інформаційні кампанії, метою яких є підвищення обізнаності та мотивації користувачів будівель (наприклад, добровільна інформаційна Кампанія Євросоюзу – Display® (далі – Дисплей) [1]).

В Європі ще наприкінці 1970 р. почали розвивати правила для зменшення тепловтрат через елементи огорожувальних конструкцій будівлі та повітропроникність. За цими правилами з'явилися правила чи рекомендації у формі найкращої практики з питань планування, розрахунку та технічної підтримки теплозабезпечення будівлі. Прийняттям Директиви 2002/91/ЄС [2], а потім Директиви 2010/31/EU [3] стосовно енергетичної ефективності будівель в ЄС визнано необхідність нових регуляторних інструментів для оцінки рівня ефективності використання енергії. Для реалізації основних положень цих Директив розроблено низку стандартів серії EN, зокрема, EN 15217:2007 [4], EN 15603:2008 [5], EN 13790 [6] та ін.

Зазначені Директиви мають на меті сприяти покращенню енергетичної ефективності будівель із врахуванням зовнішніх кліматичних та місцевих умов, а також вимог до клімату в приміщеннях та рентабельності. До основних

вимог, що стосуються ефективності енерговикористання, належать вимоги до: методології розрахунку інтегрованої енергоефективності та проведення енергетичної сертифікації будівель; мінімальних стандартів з енергетичної ефективності нових та існуючих великих будівель, що підлягають значній реконструкції [2]; регулярного обстеження котлів і систем централізованого кондиціонування та оцінки систем централізованого тепlopостачання, термін служби котлів яких більше десяти років.

Відповідно до [2–6] сертифікат характеристики енергетичного стану будівлі включає еталонні значення нормативних і фактичних показників, щоб користувачі могли порівняти і оцінити енергетичну ефективність будівлі, та супроводжується рекомендаціями щодо рентабельного покращення останньої.

Методи для визначення енергетичної ефективності будівель описані в європейському стандарті EN 15217 [4]. Він визначає: загальні показники для енергетичної характеристики будівлі в цілому, включаючи опалення, вентиляцію, кондиціонування, гаряче водопостачання і системи освітлення; енергетичні вимоги для конструкцій новобудов або реконструкції існуючих будівель; процедури отримання довідкових значень; розробку процедури енергетичної сертифікації будівель.

Згідно з [4] загальний принцип побудови шкали ефективності енергоспоживання будівель базується на використанні нормативних  $R_r$  (відповідає вимогам сучасних норм для типу будівлі) та фактичних  $R_s$  (відповідає середньостатистичному фактичному показнику типу будівлі) даних про енергоспоживання типових будівель (табл. 1).

**Таблиця 1.** Визначення класу енергоефективності будівель згідно з [4]

Клас	Енергоефективність будівель
A	$EP < 0,5 R_r$
B	$0,5 R_r \leq EP < R_r$
C	$R_r \leq EP < 0,5(R_r + R_s)$
D	$0,5(R_r + R_s) \leq EP < R_s$
E	$R_s \leq EP < 1,25 R_s$
F	$1,25 R_s \leq EP < 1,5 R_s$
G	$1,5 R_s \leq EP$

З таблиці видно, що клас А отримують будівлі, енергоспоживання яких на 50 % менше від визначеного сучасними нормами; клас В – більше 50 %, але менше значень, встановлених сучасними вимогами, і т. д. Основне правило нормування енергоефективних будинків в ЄС можна подати у вигляді  $EP \leq R_r$ , де  $EP$  – розрахована або виміряна нормалізована величина енергоспоживання будинку або розрахований показник виділень двоокису вуглецю.  $R_r$  встановлюються на національному рівні залежно від технічних, економічних та політичних умов. Найгірші за показником ефективності використання енергії будівлі споживають на 50 % більше енергії, ніж середньостатистична існуюча будівля даного типу ( $R_s$ ).

Стандарт EN 15603 CEN пропонує два типи енергетичних рейтингів будівель: перший – розрахунковий, який базується на комп'ютерних розрахунках очікуваного енергоспоживання будівлею для потреб систем HVAC, гарячого водопостачання та освітлення, другий – вимірний (чи операційний) рейтинг, що базується на фактичних вимірних у будівлі даних. Розрахунковий рейтинг поділяється на стандартний (оціночний) та пристосований рейтинги. Оціночний рейтинг використовує процедуру розрахунку в межах використання стандартних моделей та кліматичних умов незалежно від поведінки мешканців, фактичних погодних та внутрішніх умов. Цей рейтинг може бути сформований для будівель протягом процесу проектування – нових будівель чи існуючих. В останньому випадку в розрахунку використовуються реальні умови і рейтинг стає пристосованим. Енергетичний паспорт, форма та вимоги до якого встановлені [7, 8], належить до першого типу рейтингів – розрахункового, хоча у [8] пропонується застосовувати його й для існуючих будівель. У світовій практиці частіше за все оціночний рейтинг використовується для існуючих громадських та комерційних будівель, а розрахунковий – для малих, індивідуальних та всіх нових будівель [9]. Такий вибір спричинений надто високими затратами на проведення сертифікації з використанням розрахункового рейтингу порівняно з потенційним ефектом. При цьому такий рейтинг доцільно використовувати для нових будівель на передпроектній та кінцевих стадіях будівництва через наявність всієї необхідної інформації для розрахунку та відсутність фактичних даних про енергоспоживання і режим експлуатації будівлі.

Енергетичне маркування будівель у Російській Федерації реалізується проведенням енергетичної паспортизації. Для цього розроблено відповідні стандарти. На федеральному рівні енергетичний паспорт вперше було подано у вигляді рекомендованого документа у Зводі правил СП 23-101-2004 [10] і у вигляді обов'язкового до виконання документа в СНіП 23-02-2003 [11]. За допомогою енергетичного паспорта контролюється енергетична ефективність будівлі, під якою розуміють певний рівень енергоспоживання на опалення при дотриманні комфортних умов. Нормативний рівень енергоспоживання встановлюється СНіП 23-02. Виділяють шість класів енергетичної ефективності – від А до Е. Клас енергетичної ефективності визначається за величиною відхилення (у відсотках) розрахункового (чи виміряного і нормалізованого) значення від нормативного.

Поняття “енергоефективність будинку” і “класифікація будинків за показником енергоефективності” ввійшли до термінології нормативних документів України з набуттям чинності ДБН В.2.6-31:2006 “Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель” [7], які введені в дію з 01.04.2007 р. Нововведенням стандарту стало поняття “теплоізоляційна оболонка будівлі”, яка розглядається як єдина система, що дає змогу вже на стадії проектування здійснювати оптимізацію конструктивних рішень з енергозбереження. Крім того, обов'язковим до заповнення є енергетичний паспорт будівлі, призначений для контролю якості проектування будинку, подальшого його будівництва і експлуатації. Одним із розділів паспорта є встановлення класу енергетичної ефективності будівлі. Порядок розробки енергетичного паспорта регламентується ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007 [8]. Однак варто відзначити, що цей стандарт встановлює порядок розроблення енергетичного паспорта при проектуванні нового будівництва, реконструкції, капітального ремонту (термомодернізації), але не прописує детально процедури визначення енергетичної ефективності існуючих будівель при проведенні енергетичного обстеження. В основу класифікації будинків за енергетичною ефективністю покладено рівень відносного відхилення розрахункових / фактичних від нормативних значень питомих витрат теплової енергії на опалення, що встановлені директивою [7]. Особливістю енергетичної паспортизації будівель в Україні є неврахування: по-перше, крім опалення інших витрат, енергії, що використовується для по-

треб забезпечення нормального функціонування будівель, по-друге, погодних умов та умов комфортності в приміщеннях при використанні фактичних даних.

Підсумовуючи проведений аналіз підходів до енергетичної сертифікації в світі, необхідно зауважити, що в контексті зміни норм з теплового захисту будівель енергетичний паспорт теж повинен змінюватися і відображати зміну вартості енергоносіїв та економічно доцільних норм теплового захисту. Основними факторами, що визначають втрати тепла в приміщеннях, а відповідно до цього – споживання енергії на опалення, є опір теплопередачі зовнішніх огорожувальних конструкцій – стін, покриттів, перекриттів, вікон тощо та втрати з вентиляцією. Збільшення собівартості енергоносіїв, що використовуються для обігріву будівель, призводить до економічної доцільності проектування і проведення термомодернізації огорожувальних конструкцій із істотно більшими опорами теплопередачі [12]. За останні двадцять років ціни на вугілля та природний газ в Європі зросли в середньому в три рази [13], при цьому вимоги до теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій підвищилися, для прикладу, в Данії в п'ять разів [14], в Україні цей показник зріс майже в 4,5 рази [7] порівняно з 1977 р.

Саме тому енергетичний сертифікат має термін дії і по його закінченні має переглядатися. Цей фактор теж необхідно враховувати.

### **Опис методології енергетичної сертифікації будівель Дисплей**

У даній статті проведено дослідження Дисплею за напрямками:

- вхідні дані для розрахунку;
- аналіз чутливості оцінки загального енергоспоживання до вхідних даних;
- дослідження впливу перевідних коефіцієнтів у первинну енергію на клас енергоефективності;
- пропозиції для пристосування підходу до умов України та особливостей навчальних закладів.

Європейська кампанія Дисплей знаходить поширення та підтримку й в Україні. Так, зокрема, Асоціація енергоефективних міст України, що люб'язно, в рамках співпраці з НТУУ “КПІ”, надала доступ до Дисплею для проведення дослідження та аналізу, пропонує українським містам-членам Асоціації допомогу та

підтримку у виготовленні плакатів як елемента інформаційної та мотивуючої політики у сфері ефективного і ощадливого використання енергоносіїв і води в містах України [1].

При енергетичній сертифікації за Дисплеєм [1] використовуються оціночний рейтинг та загальний показник енергоспоживання будівлею, що враховує всі спожиті енергоносії, а саме: теплову і електричну енергії, природний газ, мазут, вугілля, деревину, фотоелектричну енергію тощо із вказівкою потреб, на які вони використовуються, тобто опалення, кондиціонування, гаряче водопостачання та ін. Крім того, існують шкали для оцінки споживання води та викидів  $\text{CO}_2$ .

Якщо якийсь із видів енергії використовується для опалення, то він коригується погодним коефіцієнтом, що враховує відмінність кліматичних умов фактичного року від нормативних. Енергія, що використовується для інших потреб (кондиціонування, ГВП тощо), не приводиться до погодного коефіцієнта.

Алгоритм розрахунку класів ефективності будівлі за Дисплеєм наведено на рис. 1. Він передбачає внесення вихідної інформації про будівлю за напрямками:

- *загальні показники будівлі*: рік побудови; загальна опалювальна площа; тип будівлі (дитячий садок, школа, басейн тощо); години ро-

боти в рік; рівень оновлення будівлі; вид додаткових послуг, що надаються в будівлі;

- *енергетичні та експлуатаційні показники будівлі*: погодний коефіцієнт; дані про водоспоживання; дані про енергоспоживання (теплова енергія, електрична енергія, природний газ, мазут, вугілля, фотоелектрична енергія тощо) з розбивкою на види її використання (опалення, кондиціонування, приготування гарячої води та ін.); джерело теплопостачання; коефіцієнт ефективності використання палива при виробництві теплової енергії та фактор викидів  $\text{CO}_2$ .

На основі цих даних розраховується загальне кінцеве енергоспоживання та первинне загальне енергоспоживання. З використанням інформації про загальну опалювальну площу визначаються: питоме первинне енергоспоживання, питомий показник викидів  $\text{CO}_2$ , питоме водоспоживання та класи ефективності для кожного з цих напрямків.

Математична модель для визначення загального кінцевого енергоспоживання за Дисплеєм має вигляд

$$W_{\text{заг}} = \sum_{i=1}^n W_{\text{опал } n} \frac{\Gamma_{\text{ДН}}^{\text{Н}}}{\Gamma_{\text{ДН}}^{\text{Ф}}} + \sum_{i=1}^n W_{\text{конд } n} + \sum_{i=1}^n W_{\text{ГВП } n} + \sum_{i=1}^n W_{\text{інше } n}, \quad (1)$$



Рис. 1. Алгоритм розрахунку класу ефективності будівлі за методологією Дисплею

де  $n$  – вид енергоресурсу, що використовується для потреб: опалення, кондиціонування; приготування гарячої води, інших потреб;  $ГД^n$  – градусодоби (ГД) для “нормативного” року;  $ГД_n^Ф$  – ГД для фактичного року, розраховані з використанням нормативної температури всередині приміщень;  $W_{опал\ n}$ ,  $W_{конд\ n}$ ,  $W_{ГВП\ n}$ ,  $W_{інше\ n}$  – кількість спожитої енергії  $n$ -го виду палива, використаної для потреб відповідно опалення, кондиціонування, приготування гарячої води, інших потреб, кВт·год.

Проведено аналіз чутливості показника ефективності загального енергоспоживання до основних вхідних величин (табл. 2), а саме:  $W_{цт}$  (централізоване тепlopостачання) та  $W_{ее(т)}$  (електроенергія традиційна) на прикладі будівель НТУУ “КПІ”. Встановлено, що вплив вхідних величин залежить від структури споживання енергоносіїв у загальному енергетичному балансі будівлі. Більший вплив на загальне енергоспоживання має той вхідний показник, частка якого є переважаючою в балансі. Для аналізованих будівель таким показником є теплоспоживання на опалення.

Шкала Дисплей побудована для первинної енергії, тому при перерахунку кінцевої енергії в первинну використовуються перевідні коефіцієнти, вибір та значення яких залежать від ефективності використання палива при його перетворенні, транспортуванні та розподіленні. Значення цих коефіцієнтів поряд із структурою енергобалансу можуть істотно впливати на кінцевий результат, тобто на клас енергетичної ефективності будівлі. Економічність систем тепlopостачання в процесі їх функціонування визначається двома основними складовими: економічністю котелень та економічністю теплових мереж. Рівень економічності котелень ви-

значається [15] видом спалюваного палива. Рівень економічності теплових мереж залежить від їх конструктивного виконання і, головним чином, від їх стану.

Просте використання запропонованих у Дисплеї коефіцієнтів може призвести до неправильного віднесення будівель до класів енергетичної ефективності (рис. 2). Так, зокрема, при використанні перевідних коефіцієнтів, запропонованих у Дисплеї, а саме для опалення –  $k_{п\ опал} = 0,78$  (при отриманні теплової енергії від ТЕЦ) та для електричної енергії –  $k_{п\ ее} = 3,48$ , значно зростає частка останньої в первинному споживанні по відношенню до кінцевої енергії. Тому при використанні даної методології для конкретної країни необхідно розраховувати на вибір власних перевідних коефіцієнтів, особливо з опалення, оскільки його частка є переважаючою в балансі енергоспоживання будівель.

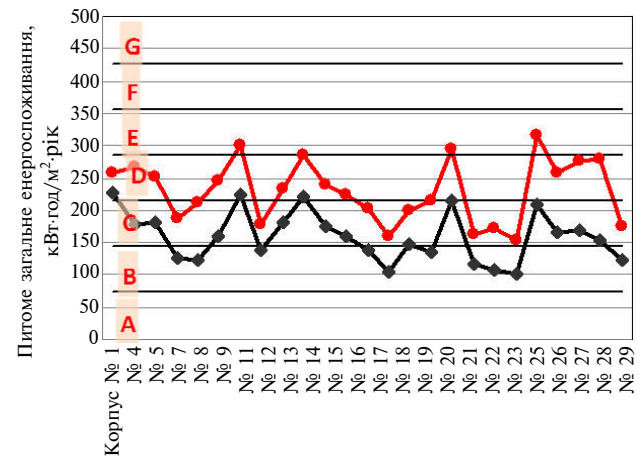


Рис. 2. Класи енергетичної ефективності будівель НТУУ “КПІ”, розраховані за методологією Дисплей для різних значень  $k_{п}$ : —●—  $k_{п} = 0,78$ ; —■—  $k_{п} = 1,46$

Таблиця 2. Аналіз чутливості математичної моделі загального енергоспоживання до вхідних величин

Група будівель, корпус	Структура енергетичного балансу будівель		Первинна енергія ( $k_{п} = 1,46/1,25$ )		Кінцева енергія	
	Опалення, %	Електроенергія, %	Коефіцієнт чутливості з опалення	Коефіцієнт чутливості з електроенергії	Коефіцієнт чутливості з опалення	Коефіцієнт чутливості з електроенергії
№ 1	81,3	18,7	0,49/0,46	0,51/0,54	0,7	0,3
№ 2	74,5	25,5	0,56/0,53	0,44/0,47	0,76	0,24
№ 3	84,8	15,2	0,74/0,71	0,26/0,29	0,87	0,13
№ 4	82,1	17,9	0,66/0,63	0,34/0,37	0,82	0,18
№ 22	78,6	21,4	0,72/0,68	0,28/0,32	0,86	0,14

Дослідимо вплив перевідного коефіцієнта на первинну енергію з опалення ( $k_p$ ). Для цього проаналізуємо ефективність використання палива та тепловтрати при транспортуванні і розподіленні в тепломережах України. За різними оцінками, середні по країні питомі витрати енергоресурсів на відпуск теплової енергії становлять залежно від джерела виробництва 185–175,5 кг у.п./Гкал [15, 16], при визначенні перевідного коефіцієнта беремо 180,3 кг у.п./Гкал. У Києві, де теплопостачання переважної більшості об'єктів навчальних закладів здійснюється АК “Київенерго”, фактичні витрати умовного палива становлять: на відпущену електроенергію 230–245 г/кВт-год; на відпущене тепло 150–154 кг/Гкал [17], при визначенні перевідного коефіцієнта беремо 153,2 кг/Гкал. При цьому втрати теплоти в теплових мережах систем централізованого теплопостачання в Україні, за різними оцінками, становлять у середньому [18] за рік 15–20 % від загальної кількості реалізованої теплової енергії. За даними НАЕР [19], динаміка тепловтрат за останні роки зростає: від 12,93 % у 2004 р. до 15,85 % у 2009 р.

Найбільші фактичні втрати теплової енергії за перше півріччя 2010 р. зафіксовано в Закарпатській – 43,83 %, Івано-Франківській – 21,6 %, Рівненській – 20,52 % та Хмельницькій – 20,32 % областях [19]. У місті Києві їх величина становила 17,3 %. Нормативні втрати в тепловій мережі, згідно з [20], повинні дорівнювати не більше 13 %. При цьому найвищі в Україні середні по області норми втрат теплової енергії становлять [19]: в Закарпатській – 27,17 %, Івано-Франківській – 25,0 %, Хмельницькій – 20,37 % областях та м. Києві – 17,37 % при середньому показнику по Україні 14,64 %.

Визначено орієнтовне значення  $k_p$  для теплової енергії, отриманої від систем теплопостачання із врахуванням втрат при розподілі 0,2 та 0,174 – в середньому по Україні та для м. Києва, відповідно. Розраховані значення коефіцієнтів становлять: в середньому по Україні –  $k_p = 1,46$ , для м. Києва –  $k_p = 1,25$ .

Коефіцієнт  $k_p$  має важливе значення при визначенні класу енергетичної ефективності будівлі, оскільки, як показав аналіз чутливості загального енергоспоживання до основних видів енергії (див. табл. 2), що використовуються в будівлях, коефіцієнт чутливості з опалення може збільшитися від 0,47 (при  $k_p = 0,78$ ) до 0,72 (при  $k_p =$

$= 1,46$ ) при структурі енергетичного балансу будівлі: 78,6 і 21,4 % – опалення та електрична енергія, використана для інших потреб, відповідно.

На рис. 2 наведено класи енергетичної ефективності будівель НТУУ “КПІ”, отримані з використанням шкали Дисплей при використанні запропонованою системою коефіцієнта перерахунку в первинну енергію з опалення – 0,78 та розрахованого авторами для умов України 1,46. Рис. 2 ілюструє вплив  $k_p$  на питоме загальне первинне енергоспоживання будівлі, що може істотно змінювати результати здійснюваної енергетичної сертифікації. Як показали розрахунки, при використанні  $k_p = 0,78$ : 40 % аналізованих будівель мають клас В, 48 % – клас С, 12 % – клас D. При  $k_p = 1,46$  ті ж будівлі мають класи енергетичної ефективності: 44 % – клас С, 44 % – клас D, 12 % – клас E.

Знаючи коефіцієнт чутливості (еластичності) по кожному з вхідних параметрів моделі загального енергоспоживання, можна показати перехід будівлі до іншого класу енергоефективності, а також – як досягти того ж ефекту за рахунок збільшення або зменшення споживання того чи іншого енергоносія. Так, наприклад, щоб перейти в інший клас енергоефективності, згідно з шкалою Дисплей, загальне питоме енергоспоживання повинно змінитися на 70 кВт-год/м<sup>2</sup>. Питоме первинне енергоспоживання в групі навчальних корпусів № 4 у 2009 р. становило 193 кВт-год/м<sup>2</sup> – це клас енергоефективності класу С, при цьому коефіцієнти чутливості дорівнюють: по опаленню 0,66 (при  $k_p = 1,46$ ), по електроенергії 0,34. Щоб перейти, для прикладу, на клас вище (В), питоме загальне енергоспоживання повинно зменшитися щонайменше на 33 %, при цьому повинно зменшитися або питоме теплоспоживання на 50 %, або електроспоживання на – 97 %.

Порівняння коефіцієнтів чутливості за видом енергії (первинна або кінцева) показує (див. табл. 2), на скільки значним є вплив перевідного коефіцієнта в первинну енергію на загальне енергоспоживання будівлі. Тому при визначенні доцільності побудови рейтингової шкали за первинною чи кінцевою енергіями необхідно зважати на:

1) мету оцінювання – визначення ефективності енергоспоживання будівлею чи порівняння енергоефективності різних країн, регіонів, університетів тощо;

2) наявність достовірних даних – при відсутності достовірної інформації про реальний рівень використання палива для виробництва того чи іншого виду енергії, що використовується в будівлі, та втрати в енергорозподільчих мережах результати оцінювання можуть бути спотворені. Саме з цих обставин в Чеській Республіці було прийнято рішення про побудову рейтингових шкал з енергоефективності на основі кінцевого енергоспоживання [21].

Необхідно звернути увагу на шкалу з енергоефективності Дисплей. Вона передбачена для 15 типів будівель (дитячий садок, школа, професійна школа, адміністративна будівля, басейн, спортзал, складське приміщення, соціально-культурний заклад, лікарня, ритуальна служба, багатоквартирний житловий будинок, індивідуальний житловий будинок, комерційний будинок, ресторан, промисловий будинок) та, на відміну від загальноєвропейського принципу розробки шкал з енергоефективності (табл. 1), є рівномірною. Цей факт, а також значний діапазон між класами, як показало дослідження, призводять до некоректності визначення реального показника енергоефективності будівель, тому визначення обґрунтованих меж класів енергоефективності потребує доопрацювання.

Таким чином, методологія Дисплей враховує більш широкий погляд на енергоефективність будівель – які джерела використовуються, на екологічні аспекти, оцінку ефективності споживання води, що в умовах України має вагомий значення. Особливістю методології є врахування не тільки ефективності споживання енергії будівлею, а й ефективність її використання на всьому ланцюгу виробництво–передача–розподілення. Однак в умовах України ця особливість не завжди може бути перевагою, оскільки кінцевий споживач частіше за все не має можливості впливати на постачальника енергоресурсів, що пов'язано з відсутністю конкуренції на ринку енергопостачальних послуг та обмеженістю зміни джерела теплопостачання і переходу на автономні джерела енергозабезпечення, особливо в багатоквартирних будинках. Разом з тим, такий підхід дає змогу порівняти ефективність енерговикористання в типових будівлях у різних країнах та в різних регіонах і навіть країнах.

Аналізуючи використання Дисплей для об'єктів навчальних закладів України необхідно відзначити і такі додаткові проблеми:

1) не враховується дотримання комфортних умов у приміщеннях;

2) групи будівель поділені лише за призначенням, не враховуються рік побудови будівлі та кліматична зона розташування, що є особливо актуальним для існуючого фонду будівель ЗО;

3) перехід від кінцевої енергії до первинної ускладнює процес визначення класу енергетичної ефективності будівлі, оскільки не завжди можна отримати достовірну інформацію про ефективність використання палива та втрати в мережах від енергопостачальної організації або інших джерелах інформації;

4) у такому вигляді, як він є, Дисплей не можна використовувати для будівель ЗО також і тому, що все різноманіття будівель (навчальний корпус, майстерня, лабораторний корпус тощо) доводиться оцінювати за однією шкалою, яка призначена для професійної школи;

5) у зв'язку з надмірною агрегованістю виділених типів будівель межі класів енергетичної ефективності є надто великими ( $70 \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$ ), що призводить до складності переходу будівлі з одного класу в інший, навіть при реалізації вагомих заходів з енергозбереження.

Отже, при використанні Дисплею для внутрішніх потреб України можна спиратися на його методологію, але необхідно враховувати індивідуальні особливості, які зазвичай відрізняються від загальноєвропейських, та провести доопрацювання даного підходу. Означені фактори необхідно враховувати й при створенні подібних систем енергетичної сертифікації будівель в Україні.

#### **Опис об'єктів дослідження та етапів застосування Дисплею до них**

Дослідження, що проводяться в статті, реалізовано на прикладі будівель навчальних корпусів НТУУ "КПІ".

Для кожної з аналізованих будівель було зібрано інформацію про енерго- та водоспоживання за три останні роки, а також дані про експлуатаційні, теплотехнічні та геометричні параметри. Оцінювання проводилося на основі шкали Дисплей, для типу будівлі – "професійна школа", що найбільше серед запропонованих відповідає прийнятому в Україні поняттю "будівля навчального корпусу".

Зважаючи на різноманітність і кількість будівель навчальних закладів, для проведення аналізу доцільно об'єднувати будівлі в групи за певними характеристиками. Для прикладу, навчальні корпуси НТУУ "КПІ" об'єднано в гру-

пи відповідно до року побудови, характеристик огорожувальних конструкцій і призначення, для яких розраховано коефіцієнти чутливості загального енергоспоживання (див. табл. 2):

1) навчальні корпуси № 1, 4, 6+музей, 25, 26, 29, 35 – малоповерхові будівлі (до трьох поверхів), побудовані до 1957 р., характерними для них є масивні цегляні стіни;

2) навчальні корпуси № 8, 11, 12, 13, 14, 15, 16 – чотири-п'ятиповерхові корпуси, побудовані в 60-ті роки – аудиторні корпуси з великою площею вікон і цегляними стінами;

3) навчальні корпуси № 2, 7, 9, 20, 21, 27, 28, 30 – шести-семиповерхові будівлі, побудовані у 80–90-х роках, з більшою площею вікон;

4) навчальні корпуси № 5, 17, 18, 19, 22, 23, 24, 31 – шести-семиповерхові корпуси, побудовані в 70-х роках, мають велику площу застакнення.

### Пропозиції до застосування Дисплею в Україні та аналіз його можливостей із врахуванням специфіки закладів освіти України

Зважаючи на недотримання умов комфортності в приміщеннях будівель НТУУ “КПІ” [22] та неврахування цього показника в Дисплеї, нижче запропоновано і проаналізовано кілька варіантів підходів до врахування цих умов і визначення класу енергетичної ефективності будівлі.

**1. Розрахунок коефіцієнта приведення до стандартних температурних умов.** За цим підходом пропонується розраховувати фактичну кількість градусодіб (ГД), використовуючи не нормативну температуру внутрішнього повітря для даного типу приміщень (для навчальних корпусів 18 °С), а фактичну температуру в приміщеннях протягом опалювального сезону, тобто на відміну від Дисплею замість погодного коефіцієнта використовувався коефіцієнт приведення “погодно-комфортний”. Так, заміри внутрішніх фактичних температур одного з корпусів НТУУ “КПІ” показали, що в різні дні залежно від температури навколишнього середовища та умов шмарності температура в корпусі змінюється в діапазоні від 13 до 21 °С, тобто відхилення від нормативної температури становить від –25 % до +15 %.

Розрахункова формула для визначення коефіцієнта приведення “погодно-комфортного” має вигляд

$$k_{п-к_1} = \frac{\Gamma Д^H}{\Gamma Д^Ф} \quad (2)$$

Тоді приведена кількість спожитої теплоти для потреб опалення розраховується за формулою

$$W_{опал прив} = W_{опал} k_{п-к_1} \quad (3)$$

де  $W_{опал i}$  – кількість теплоти, що використовується для потреб опалення;  $\Gamma Д^H$  – те ж, що у формулі (1);  $\Gamma Д^Ф$  – ГД, розраховані за фактичною температурою навколишнього  $t_H^Ф$  та внутрішнього  $t_B^Ф$  повітря.

**2. Визначення поправки для приведення кількості спожитої теплоти для потреб опалення до стандартних умов із врахуванням теплонадходжень.** Недотримання комфортних умов у приміщеннях [22], що спричинені зношеністю фонду будівель та невиконанням умов поставки теплоносія теплопостачальними організаціями, призводить до зниження температур у приміщеннях до рівня нижче допустимого та використання електричної енергії для їх догріву, що збільшує споживання енергії будівлею. Крім того, існують додаткові джерела теплонадходжень від сонця, роботи побутових приладів та офісної техніки, людей тощо. Однак їх використання не призводить до збільшення використання енергії для потреб опалення, а навпаки, при правильному використанні потенціалу теплонадходжень може призводити до зменшення споживання енергії при умові дотримання комфортності в приміщеннях.

Таким чином, розглянемо приведення кількості спожитої теплоти для потреб опалення до стандартних умов із врахуванням теплонадходжень. Величина фактичних тепловитрат на опалення будинку, при недогріві приміщень водяною системою опалення, складається з теплоти, отриманої від системи теплопостачання  $W_{\phi}^o$ , енергії, використаної для електричного догріву приміщень  $W_{\phi}^{oe}$ , та теплонадходжень від офісної техніки, сонячної радіації, людей  $W_{\phi}^{TH}$ . При цьому вважаємо фактичні та нормативні величини теплонадходжень до приміщень однаковими:  $W_{\phi}^{TH} \approx W_H^{TH} \approx W^{TH}$ .



Недотримання комфортних умов у приміщеннях призводить до залежності внутрішньої температури від температури навколишнього середовища, що показано в [22], де встановлено, що величина використаної електричної енергії для догріву приміщень  $W_{\phi}^{oe}$  теж є функцією температури навколишнього середовища (рис. 3). Звісно, умови теплопостачання та, головним чином, їх недотримання можуть бути відмінними в різних опалювальних періодах та при отриманні теплоти від різних теплопостачальних організацій, тому для правильного визначення можливої поправки необхідно досліджувати фактичний стан недо- та перепоставок теплоти протягом року, а в кінці звітної періоду проводити корекцію.

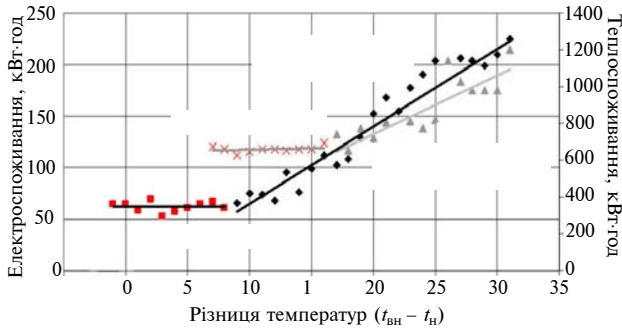


Рис. 3. Залежність тепло- та електроспоживання будівлі від різниці температур внутрішнього  $t_{вн}$  та навколишнього  $t_n$  повітря:  $\blacklozenge$  – електроспоживання  $t_n = (-17; +8)$ ,  $y = 75,041x - 100,44$  ( $R^2 = 0,89$ );  $\blacksquare$  – електроспоживання  $t_n = (+8; +20)$ ,  $y = -0,1525x + 618,31$ ;  $\blacktriangle$  – теплоспоживання  $t_n = (-18; 0)$ ,  $y = 319,05x + 1057,4$  ( $R^2 = 0,71$ );  $\times$  – теплоспоживання  $t_n = (0; +10)$ ,  $y = 19,99x + 6364,8$

Зауважимо, що теплонадходження до приміщень також можуть змінюватися рік від року та відрізнятися від нормативних. Так, лише на прикладі аналізу фактичних теплонадходжень від сонця за 2009 р. (рис. 4) встановлено, що для різних регіонів України ця відмінність може становити: від 2 % (Хмельницький, Ужгород) до 40 % (Луцьк) у різних регіонах, для міста Києва, зокрема, вона дорівнювала близько 20 %. Таким чином, при наявності погодозалежної автоматики витрати теплоносія або в ручному режимі, при умові дотримання комфортних умов у приміщеннях, рівень фактичного теплоспоживання можуть бути істотно зменшені.

Згідно з [7] величина засвоєних теплонадходжень залежить від здатності огорожувальних конструкцій будівель акумулювати або віддавати тепло при періодичному тепловому режимі ( $v$ ; прийнято 0,8) та від авторегулювання

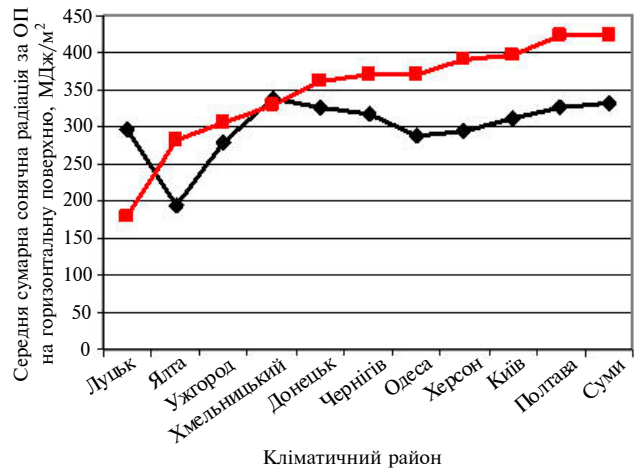


Рис. 4. Нормативна та фактична (дані Укргідрометцентру) величини надходжень сумарної сонячної радіації на горизонтальну поверхню за ОП у різних кліматичних районах України:  $\blacklozenge$  – норма за ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007;  $\blacksquare$  – фактичні дані 2009 р., Укргідрометцентр

подавання теплоти в системах опалення ( $\zeta$ ; прийнято: при наявності (варіант А) – 0,95; при відсутності (варіант Б) – 0,5). Залежно від цього розглянуто чотири варіанти врахування теплонадходжень: 1 – з коригуванням без наявності авторегулювання ( $v = 1, \zeta = 1$ ); 2А – з коригуванням при наявності авторегулювання ( $v = 0,8; \zeta = 0,95$ ); 2Б – з коригуванням при відсутності авторегулювання ( $v = 0,8; \zeta = 0,5$ ); 3 – без врахування теплонадходжень ( $W_{тн} = 0$ ).

Поправку для приведення кількості спожитої теплоти для потреб опалення до стандартних умов або нормалізовану кількість теплоти, скориговану із врахуванням фактичного експлуатаційного стану будівлі та умов теплопостачання, визначаємо зі співвідношення

$$\frac{W_{\phi}^{от} + W_{\phi}^{oe} + W_{\phi}^{тн} v \zeta}{W_{н}^{от} + W_{н}^{oe} + W_{н}^{тн} v \zeta} = \frac{\Gamma Д_{\phi}^{\phi}}{\Gamma Д_{н}^{\phi}} \quad (4)$$

Тоді, із врахуванням прийнятих припущень, шукана величина становитиме

$$W_{н}^{от} = \frac{(W_{\phi}^{от} + W_{\phi}^{oe} + W_{\phi}^{тн} v \zeta) \cdot \Gamma Д_{н}^{\phi}}{\Gamma Д_{\phi}^{\phi} - W_{н}^{oe} - W_{н}^{тн} v \zeta} \quad (5)$$

де  $n_o$  – кількість днів ОП;  $\Gamma Д_{н}^{\phi} = n_o(t_{вн}^{\phi} - t_{н}^{\phi})$  – нормативна кількість ГД ОП;  $\Gamma Д_{\phi}^{\phi} = n_o(t_{вн}^{\phi} - t_{н}^{\phi})$  –

фактична кількість ГД ОП, при фактичних температурах внутрішнього  $t_{\Phi}^B$  та навколишнього  $t_{\Phi}^{\Phi}$  повітря.

Необхідно звернути увагу на те, що відповідно до стандартів, за якими проектувалися більшість існуючих громадських будівель, нормативна температура всередині приміщень  $t_{\Phi}^H$  повинна становити 18 °С, при цьому сьогодні згідно з [7] в громадських будівлях повинна дотримуватися температура 20 °С. У статті при розрахунку ГД<sup>H</sup> за нормативну взято 18 °С.

Істотний вплив на кількість ГД за ОП можуть мати збільшення кількості даних та процедура їх осереднення; відхилення розрахованих приведених величин теплоспоживання відносно щодобового розрахунку може становити: при осередненні щомісячно до 2,5 %, а при осередненні за весь ОП – до – 10,5 %. Дані відмінності виникають у зв'язку з недотриманням комфортних умов, в іншому випадку різниця між розрахунками фактичної кількості ГД була б набагато меншою. Подібне дослідження проводиться в [23].

Розрахуємо коефіцієнт приведення “погодно-комфортний”, що враховує зміни погодних

та дотримання комфортних умов у приміщеннях із врахуванням теплонадходжень:

$$k_{\text{п-к}_2} = \frac{W_{\Phi}^{\text{от}}}{W_{\Phi}^{\text{от}} + W_{\Phi}^{\text{оe}}} = \frac{\Gamma D_{\Phi}^H}{\Gamma D_{\Phi}^{\Phi}} + \frac{W_{\Phi}^{\text{тн}} \cdot v \cdot \zeta}{W_{\Phi}^{\text{от}} + W_{\Phi}^{\text{оe}}} \frac{\Gamma D_{\Phi}^H}{\Gamma D_{\Phi}^{\Phi}} - \frac{W_{\Phi}^{\text{оe}} + W_{\Phi}^{\text{тн}} \cdot v \cdot \zeta}{W_{\Phi}^{\text{от}} + W_{\Phi}^{\text{оe}}}. \quad (6)$$

Тоді, величини нормалізованого скоригованого тепло- та електроспоживання для потреб опалення із врахуванням розподілу витрат енергії для цих потреб визначатимуться за одним із варіантів:

1) забезпечення опалення системою теплостачання:

$$W_{\Phi}^{\text{оe}} = 0, W_{\Phi}^{\text{о}} = W_{\Phi}^{\text{от}} = W_{\Phi}^{\text{от}} k_{\text{п-к}_2};$$

2) витрати теплової та електричної енергій змінюються в однаковій пропорції:

$$W_{\Phi}^{\text{от}} = W_{\Phi}^{\text{от}} k_{\text{п-к}_2}, W_{\Phi}^{\text{оe}} = W_{\Phi}^{\text{оe}} k_{\text{п-к}_2},$$

$$W_{\Phi}^{\text{о}} = W_{\Phi}^{\text{от}} + W_{\Phi}^{\text{оe}};$$

**Таблиця 3.** Визначення класу енергетичної ефективності будівлі на прикладі навчального корпусу № 22 НТУУ “КПІ”, з використанням методу, описаного в п. 2

Навчальний корпус № 22	$S_{\text{заг. опал}}, \text{ м}^2$	Без витрат теплоти на ГВП					З витратами теплоти на ГВП		
		$W_{\Phi}^{\text{от}} (k_{\text{п}} = 1,46), \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$W_{\text{еe}}, \text{ для потреб } (k_{\text{п}} = 3,48), \text{ кВт}\cdot\text{год}$		$W_{\text{заг. перв}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}$	$w_{\text{заг. перв}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$	Клас енергетичної ефективності	$w_{\text{заг. перв}}, \text{ кВт}\cdot\text{год}/\text{м}^2$	Клас енергетичної ефективності
1. Розрахунок із врахуванням теплонадходжень ( $v = 1, \zeta = 1; t_{\Phi}^{\Phi}$ )									
	16 030	1 967 940	233 240	805 135	3 006 315	187,54	С	208,08	С
2. Розрахунок із врахуванням засвоєння будівлею теплонадходжень (варіант А – $v = 0,8, \zeta = 0,95$ ; варіант Б – $v = 0,8, \zeta = 0,5; t_{\Phi}^{\Phi}$ )									
Варіант А	16 030	1 920 370	227 600	805 135	2 953 100	182,56	С	203,1	С
Варіант Б	16 030	1 849 000	219 140	805 135	2 873 290	180,28	С	200,82	С
3. Розрахунок без врахування теплонадходжень ( $W_{\text{тн}} = 0; t_{\Phi}^{\Phi}$ )									
	16 030	1 769 720	209 750	805 135	2 784 600	173,71	С	194,25	С
4. Розрахунок без врахування теплонадходжень ( $W_{\text{тн}} = 0; t_{\Phi}^H = 18 \text{ °C}$ )									
	16 030	1 625 410	192 645	805 135	2 623 190	163,64	С	184,18	С

3) співвідношення витрат теплової та електричної енергій визначаються за фактичними даними (див. рис. 3):

$$W_{\Phi}^{\text{от}} = f(t_{\text{н}}^{\Phi}) \text{ або } f(t_{\text{вн}}^{\Phi} - t_{\text{н}}^{\Phi}),$$

$$W_{\Phi}^{\text{оe}} = f(t_{\text{н}}^{\Phi}) \text{ або } f(t_{\text{вн}}^{\Phi} - t_{\text{н}}^{\Phi}).$$

У табл. 3 наведено практичний приклад розрахунку нормалізованої кількості теплоти для забезпечення комфортних умов у приміщеннях будівлі та розрахунок класів енергетичної ефективності, при умові зміни витрат теплової та електричної енергій для потреб опалення в однаковій пропорції.

Формули (1)–(6) наведено для використання річних даних. Для підвищення точності розрахунку доцільно використовувати помісячні дані ( $m_o$  – кількість місяців ОП). Тоді формула (6) матиме вигляд

$$k_{\text{п-к}_2} = \frac{\sum_{i=1}^{m_o} W_{\text{н}_i}^{\text{от}}}{\sum_{i=1}^{m_o} (W_{\Phi_i}^{\text{от}} + W_{\Phi_i}^{\text{оe}})} = \frac{\sum_{i=1}^{m_o} \Gamma D_i^{\text{н}}}{\sum_{i=1}^{m_o} \Gamma D_{\Phi_i}^{\Phi}} + \frac{\sum_{i=1}^{m_o} (W_{\Phi_i}^{\text{тн}} \nu \zeta \Gamma D_i^{\text{н}})}{\sum_{i=1}^{m_o} (W_{\text{н}_i}^{\text{оe}} + W_{\text{н}_i}^{\text{тн}} \nu \zeta)} - \frac{\sum_{i=1}^{m_o} ((W_{\Phi_i}^{\text{от}} + W_{\Phi_i}^{\text{оe}}) \Gamma D_{\Phi_i}^{\Phi})}{\sum_{i=1}^{m_o} (W_{\Phi_i}^{\text{от}} + W_{\Phi_i}^{\text{оe}})}. \quad (7)$$

Відзначимо особливості будівлі, що використовувалася в розрахунках (див. табл. 3): рік побудови – 1974 р.; загальна площа – 16030 м<sup>2</sup>; площа засклення – 4055 м<sup>2</sup> (близько 50 % площі зовнішніх стін); орієнтація за сторонами світу: північ (44 % площі вікон) та південь (53 % площі вікон); тип будівлі – навчальний корпус; структура балансу енергоспоживання за ОП: централізоване теплопостачання – 50 %, електроспоживання – 10 %, теплонадходження (сонце, люди, електроприлади) – 40 %.

Таким чином, проведений розрахунок на прикладі вибраної будівлі засвідчив:

1) некоректність проведення аналізу витрат енергії на опалення, виходячи тільки з витрат системами опалення, оскільки рівень комфортності в будівлі досягнутий спільною дією системи опалення та теплонадходжень – у цьому випадку заміщується лише витратами

системи опалення. Тому у випадку неврахування теплонадходжень при розрахунку енергоефективності будівлі необхідно брати більший рівень споживання енергії системою опалення, ніж зафіксовано теплотічильником, для забезпечення тих же комфортних умов, в іншому разі – порівнюючи результати, наведені в табл. 3, з теплонадходженнями та без них, не можна говорити про досягнення одного й того самого рівня комфортності, відмінність у такому разі може становити близько 10 %;

2) доцільність використання фактичної температури всередині приміщень при визначенні класу енергетичної ефективності будівлі; відмінність результатів при використанні нормативної ( $t_{\text{в}}^{\text{н}} = 18 \text{ }^{\circ}\text{C}$ ) та фактичної  $t_{\text{в}}^{\Phi}$  температур становить близько 10 %;

3) складність переходу будівлі в інший клас енергоефективності за шкалою Дисплей, навіть при врахуванні основних факторів, що впливають на величину енергоспоживання. Причинами цього можуть бути: надмірний розмах між класами енергоефективності та недостатня точність визначення фактичної внутрішньої температури в приміщеннях будівлі протягом ОП, а також використання рівномірної шкали оцінювання. При цьому принцип розробки шкали, що закладений в [4] (див. табл. 1 статті), нерівномірний. У зв'язку з цим потребують доопрацювання питання, пов'язані з налаштуванням до використання в Україні шкали та підходу Дисплей, а також збільшення кількості експериментальних вимірювань внутрішньої температури на пілотних об'єктах для розробки рекомендацій для адекватного визначення останньої та, як наслідок, реального забезпечення в будівлі комфортних умов.

Крім того, шкала з енергоефективності Дисплей розрахована із врахуванням витрат теплоти для забезпечення будівель гарячим водопостачанням (ГВП). Дослідженнями встановлено, що багато з будівель навчальних корпусів вітчизняних закладів освіти сьогодні не забезпечені ГВП, крім того, нема фактичних даних про минуле споживання. У такому разі, для адекватного використання пропонованої методології необхідно визначити розрахункову кількість теплоти, необхідну для забезпечення ГВП. При цьому модель будівлі – еталон навчального закладу як споживача енергії – пе-

редбачає наявність ГВП, дотримання комфортних умов (температура, вологість тощо), забезпечення необхідного рівня природного та штучного освітлення, тобто за існуючої ситуації сьогодні в Україні та оцінки при цьому енергетичної ефективності будівель доцільною є розробка нових еталонів будівель та, відповідно, шкал енергоефективності.

Річну потребу в теплоті на потреби ГВП  $W_{Г.В}^{рік}$  ГДж (Гкал) визначають згідно з [20], а норми витрати ГВП беруть в [24]. Однак слід зауважити, що українські нормативи з витрат теплоти на ГВП можуть істотно відрізнятись від європейських, а отримана розрахунковим способом витрата теплоти для цих потреб, хоча й застосовна для порівняння, але звужує можливості енергетичного менеджменту. При наявності фактичних даних про споживання теплоти на ГВП необхідно давати оцінку якості надання послуг із забезпечення ГВП та ефективності використання теплової енергії, зокрема, споживачем. Оцінка якості надання послуг з ГВП теплостачальною організацією та контроль за виконанням договірних умов не пророблені сьогодні достатньою мірою і в наших умовах вимагають подальшого розгляду та вдосконалення.

Таким чином, за результатами енергетичної сертифікації навчальних корпусів НТУУ “КПІ” з використанням Дисплею та врахуванням: перевідних коефіцієнтів у первинну енергію; дотримання умов комфортності та впливу клімату, для виділених груп корпусів характерний клас енергоефективності С, він погіршується до показника класу D при додаванні до теплоспоживання розрахункової величини витрат теплоти на ГВП та одночасному врахуванні недотримання комфортних умов у приміщеннях, тобто їх питоме енергоспоживання лежить в межах 145–285 кВт·год/м<sup>2</sup>.

### Висновки

У статті проаналізовано різні підходи до оцінки енергетичної ефективності будівель. Визначено їх переваги та недоліки. Проведено апробацію на прикладі навчальних корпусів НТУУ “КПІ” та визначено основні перешкоди, що ускладнюють їх застосування, а також призводять до неправильного трактування резуль-

татів. На основі проведеного дослідження запропоновано способи уточнення існуючих методологій та їх адаптування, по-перше, до українських умов та, по-друге, до особливостей навчальних закладів.

Проведене дослідження встановило відсутність в Україні затвердженої методики сертифікації загального енергоспоживання будівель, що експлуатуються. При цьому існуюча європейська методологія сертифікації енергоефективності будівель передбачає адаптацію в кожній з країн, виходячи із завдань, що стоять в кожній з них. Тому в даній статті розглянуто можливості одного з підходів, що використовується в ЄС, проаналізовано методологію та апробовано на прикладі будівель закладів освіти. Визначено класи енергетичної ефективності будівель за допомогою методології Дисплей і показано, що пряме застосування може спотворити картину уявлень про ефективність використання енергії будівлею. Для адаптації та налаштування методології проведено аналіз чутливості та визначено фактори, що найбільш впливають на кінцевий результат сертифікації: структура енергоспоживання, перевідні коефіцієнти в первинну енергію, врахування умов комфортності. Проаналізовано недоліки, що обмежують використання методики в Україні для об'єктів закладів освіти, пов'язаних з необхідністю врахування умов теплостачання та комфортності в приміщеннях, забезпечення ГВП, доступних даних про ефективність спалювання палива тощо.

У зв'язку з цим запропоновано такі варіанти адаптації методології при застосуванні її в Україні:

- 1) коефіцієнти перерахунку в первинне паливо;
- 2) коефіцієнти врахування дотримання комфортних умов у приміщеннях: коефіцієнт “погодно-комфортний”;
- 3) визначення витрат теплоти на забезпечення ГВП.

Крім того, шкала Дисплей не підходить при застосуванні до закладів освіти, оскільки: відсутня цільова група об'єктів (немає аналога в шкалі); межі класів енергоефективності потребують налаштування до українських умов, через великий розмах між ними не завжди можна побачити ефект від запроваджуваних заходів

з енергозбереження, а також потребує обґрунтування використовувана рівномірна шкала класів енергоефективності.

При виконанні даного дослідження автори дійшли висновку, що при подальшому аналізі будівель закладів освіти, з метою проведення їх енергетичної сертифікації та розробки шкал енергоефективності, немає необхідності ділити будівлі за роком побудови – достатньо здійснювати їх поділ за типами, тобто навчальні корпуси, гуртожитки, спортивні споруди, господарські споруди тощо. Такого поділу досить для визначення ефективності будівель та порівняння їх між собою, а також з будівлями-еталонами, що відповідають вимогам сучасних вітчизняних та світових стандартів.

Таким чином, при створенні систем сертифікації енергетичної ефективності будівель необхідно зважати на такі питання, які пов'язані з розробкою шкали оцінювання, а саме вибір: типу рейтингу – розрахунковий чи оціночний; виду енергії – первинна чи кінцева; агрегованості рейтингу – загальне енерго-

споживання чи окрема шкала для кожного виду енергоспоживання; кількох напрямків оцінювання – енергоспоживання, водоспоживання, екологічність, землекористування тощо; рівномірна чи нерівномірна шкала; кількості класів енергоефективності та розмаху між ними.

Подальша робота буде присвячена розробці методології енергетичної сертифікації та шкали енергоефективності закладів освіти та їх будівель. Це дасть можливість: проводити оцінку енергоефективності будівель закладів освіти із врахуванням їх особливостей; визначати тенденції зміни в енергоспоживанні після впровадження заходів з енергозбереження; визначати характеристику галузі з точки зору ефективності енергоспоживання; визначати навчальні заклади/будівлі з надвисоким енергоспоживанням та формувати перелік об'єктів для їх обґрунтованого включення до галузевої програми з енергозбереження.

А.В. Праховник, В.И. Дешко, Е.Н. Шевченко

#### ЭНЕРГЕТИЧЕСКАЯ СЕРТИФИКАЦИЯ ЗДАНИЙ

Рассмотрены европейские подходы оценки энергетической эффективности зданий. Определены их преимущества и недостатки. Исследованы возможности одного из подходов на примере учебных корпусов НТУУ "КПИ" и определены основные препятствия, усложняющие использование, а также приводящие к неправильному изложению результатов. Предложены способы уточнения существующих методологий и их адаптации к условиям Украины.

A.V. Prakhovnik, V.Y. Deshko, O.M. Shevchenko

#### ENERGY CERTIFICATION OF BUILDINGS

The paper considers the European approaches to assessment of the buildings' energy efficiency. We scrutinize their advantages and disadvantages. Specifically, we investigate the feasibility of one of the approaches by employing the example of NTUU "KPI" educational buildings and define principal obstacles that hinder the utilization and can also lead to misinterpretation of the results obtained. We propose possible ways of specification of existing methods and attempt to adapt them to the Ukrainian context.

1. *Офіційний сайт* Кампанії DISPLAY. – <http://www.display-campaign.org/doc/en/index.php>. – Назва з екрана.
2. *Directive 2002/91/EC* of the European parliament and of the council of 16 December 2002 on the energy performance of buildings // Official Journal of the European Communities. – 2003. – L1. – P. 65–71.
3. *Directive 2010/31/eu* of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast) // Ibid. – 2010. – L153. – P. 13–35.
4. *EN 15217:2007*. Energy performance of buildings – Methods for expressing energy performance and for energy certification of buildings. – CEN. – European Committee for Standardization, 2007. – 31 p.
5. *EN 15603:2008*. Energy performance of buildings – overall energy use and definition of energy ratings. – CEN. – European Committee for Standardization, 2008. – 43 p.
6. *EN 13790:2008*. Energy performance of buildings – Calculation of energy use for space heating and cooling. – CEN. – European Committee for Standardization, 2008. – 53 p.

7. *ДБН В.2.6-31:2006*. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К., 2006. – 69 с.
8. *ДСТУ-Н Б А.2.2-5:2007*. Настанова з розробки та складання енергетичного паспорта будівель. – К., 2008. – 44 с.
9. *Russian translation of Policy Pathways: Energy Performance Certification of Buildings*. – OECD/IEA, 2010. – P. 61.
10. *СП 23-101-2004*. Проектирование тепловой защиты зданий. – М., 2004. – 140 с.
11. *СНиП 23-02-2003*. Тепловая защита зданий. – М., 2003. – 30 с.
12. *Фаренюк Г.Г.* Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
13. *BP Statistical Review of World Energy*. – London, 2010. – 44 p.
14. *Энергетическая эффективность зданий и сооружений. Новые технические решения // Материалы фирмы ГЕРЦ*. – К., 2007.
15. *Андрійчук М.Д., Соколов В.І., Коваленко А.О., Дядичев К.М.* Шляхи удосконалення систем теплопостачання. – Луганськ: Вид-во Східноукр. нац. ун-ту ім. Володимира Даля, 2003. – 244 с.
16. *Статистичний щорічник України*. – К.: ДП “Інформаційно-аналітичне агентство”, 2007. – 443 с.
17. *Офіційний сайт Київенерго*. – <http://www.kyivenergo.ua/ua/production/heat>. – Назва з екрана.
18. *Final Report. Ukraine – market potential for district heating projects and their modernization with Austrian technology*. – Scientific Engineering Centre “Biomass”. – Vienna, 2004. – 276 p.
19. *Офіційний сайт НАЕР*. – <http://naer.gov.ua/programmy-1/monitoring>. – Назва з екрана.
20. *Норми та вказівки по нормуванню витрат палива та теплової енергії на опалення житлових та громадських споруд, а також на господарсько-побутові потреби в Україні*. КТМ 204 Україна 244–94. – К.: ЗАТ “ВІПОЛ”, 2001. – 376 с.
21. *Impact, compliance and control of legislation. Collection of the 14 country reports and 4 synthesis reports presented at the International Workshop on Impact, compliance and control of energy legislations*. – Brussel, 2009. – 134 p.
22. *Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М.* Аналіз дотримання комфортних умов у приміщеннях // IX Міжнар. наук.-практ. конф. “Науково-технічний розвиток: економіка, технології, управління”: Тези доп. – К.: НТУУ “КПІ”, 2010. – С. 190.
23. *Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Шевченко О.М. та ін.* Вплив температурно-погодних факторів на показники проектів з енергозбереження // *Енергетика та електрифікація*. – 2007. – № 3. – С. 62–68.
24. *СНиП 2.04.01-85*. Внутренний водопровод и канализация строений. – М., 1985. – 78 с.

Рекомендована Радою  
Інституту енергозбереження та  
енергоменеджменту НТУУ “КПІ”

Надійшла до редакції  
19 січня 2011 року