

Дешко В.І., докт. техн. наук, проф., проф. ORCID 0000-0002-8218-3933
Шовкалюк М.М., канд. техн. наук, доцент, ORCID 0000-0002-1898-3493
Кузьмина Ю.С., асп. ORCID 0000-0002-4217-4901
Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ОЦІНЮВАННЯ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ПОКАЗНИКІВ ДЛЯ НОВИХ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ В УКРАЇНІ З УРАХУВАННЯМ СОЦІАЛЬНИХ АСПЕКТІВ

Однією з найгостріших проблем житлово-комунального господарства є неефективне використання енергетичних ресурсів. Це пов'язано із незадовільним станом огорожувальних конструкцій будівель, що не відповідають діючим стандартам, а також застарілими внутрішніми інженерними мережами. Одним із напрямків реформування будівельного сектору є впровадження нових вимог з енергоефективності у нормативну базу, а також введення обов'язкової енергетичної сертифікації будівель із визначенням класу енергоефективності. Разом з тим має місце підвищення рівня якості житла та комфорту. Метою дослідження є аналіз питомого енергоспоживання нових житлових будівель (починаючи з 2019 року) та порівняльна оцінка енергоспоживання у перерахунку на 1 особу для різних міст України та інших країн. Дослідження проводилося на основі даних енергетичних сертифікатів будівель у Єдиній державній системі у сфері будівництва, а також статистичних даних. Енергосертифікат містить клас енергетичної ефективності, визначений з урахуванням європейських підходів до розрахунків енергоспоживання на різні потреби будівель. Також увага присвячена соціальним аспектам, зокрема, наведено результати оцінювання здатності населення України сплачувати комунальні послуги та рівня якості житлових умов домогосподарств.

Ключові слова: житлова багатоквартирна будівля, енергоефективність, енергетична сертифікація, питоме споживання енергії, клас енергоефективності

Вступ. Побутовий сектор займає велику частину енергоспоживання країни, тому за останні роки пріоритетним напрямом для енергоефективності в Україні є саме житлові будинки. Зокрема, впровадження Законів України [1,2] має метою виконання комплексної термомодернізації існуючих будівель, чому передують виконання енергетичного аудиту та розробка енергетичного сертифікату за національною методикою розрахунку [3-5] і встановленою формою [6]. Існуючі будівлі, що експлуатуються, не відповідають сучасним вимогам енергоефективності в Україні [7,8]. За підрахунками Міністерства розвитку громад і територій України, потенціал скорочення споживання енергії житловими будинками є значним і може складати близько 4 млрд. дол. щорічно. Невпинне зростання вартості комунальних послуг призводить до кризи неплатежів, внаслідок чого підвищення енергоефективності будівельного фонду визначається соціальною необхідністю і є актуальною проблемою держави.

Крім впровадження енергозберігаючих заходів в існуючих будівлях, одним із напрямків реформування житлово-комунального господарства є гармонізація з вимогами ЄС та удосконалення діючої нормативної бази з підвищенням вимог щодо енергоефективності для нових будівель [1].

Дана стаття присвячена аналізу споживання енергії новими будівлями, сертифікати яких внесено у відкриту базу даних [9]. Енергосертифікат містить клас енергетичної ефективності, визначений розрахунковим шляхом за методикою національного стандарту, що розроблено з урахуванням європейських підходів до розрахунків енергоспоживання. Узагальнений аналіз даних з наявних сертифікатів становить значний інтерес для оцінювання характеристик огорожень, інженерних систем та фактичного і розрахункового питомого енергоспоживання. Урахування соціальних аспектів під час виконання аналізу енергетичних показників є недостатньо вивченим питанням для України і потребує більшої уваги дослідників.

Існують різні напрямки досліджень енергетичних характеристик будівель:

- енергетичне моделювання будівель із поглибленим аналізом споживання енергії [10-12], що дозволяє розглядати різні варіанти проєктування та експлуатації, в тому числі за допомогою спеціалізованих програмних продуктів [13];
- аналіз впливу різних експлуатаційних факторів на енергоспоживання будівель [14], а також енергозберігаючі заходи для огорожень та вид джерела теплоти [15,16];
- урахування соціальних аспектів під час експлуатації будівель при аналізі енергоспоживання [17,18];
- аналіз життєвого циклу будівлі [19];
- поєднання розрахункових моделей та експериментальних досліджень [20].

Аналіз питомих енергетичних характеристик з урахуванням не тільки геометричних характеристик будівель, а й приведених витрат енергії на різні потреби на одну особу [21], є актуальним напрямком досліджень.

У енергетичних сертифікатах що розробляються для нових житлових будівель при проектуванні та для будівель, що підлягають термомодернізації із залученням бюджетних коштів [1], наводяться геометричні, теплотехнічні, енергетичні показники, питомі викиди CO₂. На даний момент сертифіковано 8,5 тисяч будівель, основну частку з яких (близько 50%) складають житлові будівлі. У дослідженні увага авторів була зосереджена на показниках енергоефективності житлових будівель нового будівництва в Україні (починаючи з 2019 року) з виконанням порівняльного аналізу витрат енергії на одну особу. За останні рік у нормативній базі України відбулися зміни, зокрема змінилися підходи до розрахунків контрольних показників енергоспоживання. Для можливості здійснення порівняльних оцінок до уваги бралися сертифікати, розроблені за вимогами, які діяли до моменту вступу в дію нових граничних показників [22].

Аналіз нормативних вимог для житлових будівель

Житловий фонд України становить 6,74 млн. будинків загальною площею 1086 млн. м², а саме [23]:

- житловий фонд індивідуальної забудови – 6,5 млн. будинків загальною площею 622 млн. м²;
- житловий фонд багатоквартирної забудови – 240 тис. будинків загальною площею 464 млн. м².

Технічні характеристики більшості житлових будинків в Україні не відповідають сучасним вимогам до приведеного опору теплопередачі огорожень [7], показників споживання енергоресурсів та умов комфорту. В основному найнижчий клас енергоефективності G серед усіх сертифікованих будівель мають житлові будівлі (47,2%), навчальні заклади (59,7%) та заклади охорони здоров'я (46,2%). Як показано на рисунку 1, переважна кількість житлових будівель, для яких розроблено енергетичний сертифікат, мають клас енергоефективності G (розраховано за встановленою методикою розрахунку [3-5]). За вимогами [1,7] клас енергоефективності нових житлових будівель має бути не нижче, ніж C.

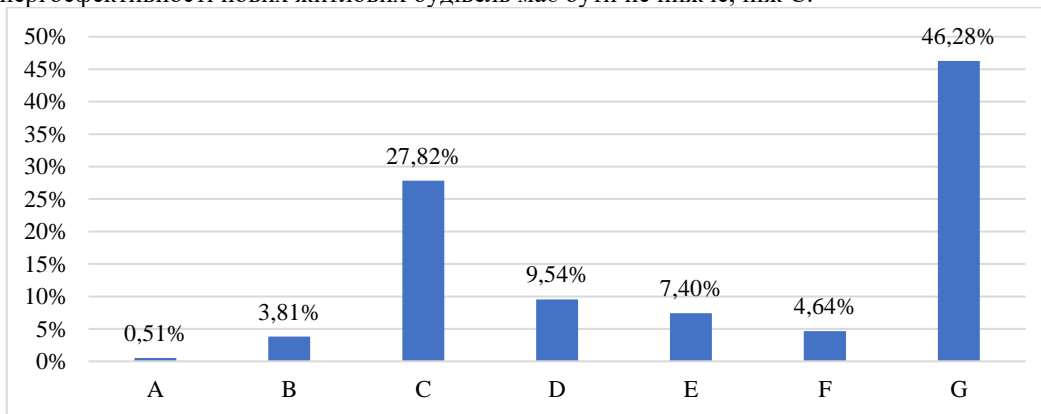


Рисунок 1 – Розподіл сертифікованих житлових будівель в Україні за класами енергоефективності

Проведене дослідження сертифікатів, внесених у базу даних [9] дозволило встановити, що середнє питоме споживання енергії для будівель житлового сектору, сертифікація для яких здійснювалося починаючи з 2019 року (вид будівництва – нове будівництво або реконструкція), знаходиться на рівні 100,8кВт·год/м². Середній показник питомого енергоспоживання для Європи знаходиться у діапазоні від 50 до 80кВт·год/м², тобто Україна має значний потенціал енергозбереження, зважаючи також на середнє значення 183 кВт·год/м² для усіх житлових будівель, представлених у відкритій базі енергетичних сертифікатів [9, 30].

Подальші дослідження будуть направлені на аналіз споживання енергії житловими будівлями із розрахунку на одну людину. Існуюча норма житлової площі в Україні складає 13,65 м² на одну особу [24]. Зважаючи, що фактичне значення щодо використання площі на одну особу для новобудов визначити складно, для подальших досліджень будемо використовувати саме цей показник, а надалі уточнимо його виходячи із даних [28].

Житлове приміщення може використовуватися із перевищенням норми жилої площі, передбачені випадки надання житла понад норму для окремих категорій громадян [24]. Крім того, приватні власники можуть мати і більшу житлову площу. У таблиці 1 наведено значення норм споживання паливно-енергетичних ресурсів.

Площа підлоги на одного мешканця є одним із ключових показників комфортності проживання. Це результат співвідношення розміру помешкання (м² площі підлоги) та кількості осіб, які проживають у помешканні. Середня площа підлоги на одну особу в ЄС становить 42,56 м² на людину. Різниця між найвищим значенням показника (на Кіпрі) та найнижчим (у Румунії) досить велика - близько 45 м² на

людину. Також у країнах з досить великим населенням, таких як Нідерланди, Франція та Німеччина, значення середньої площі підлоги на одну людину перевищують середні показники для ЄС.

Таблиця 1 – Норми надання послуг у комунальному господарстві [24]

| Послуга | Норма |
|---|---|
| Споживання природного газу | |
| На опалення | 4,0 м³ природного газу на 1 м ² опалюваної площі *коригувальний коефіцієнт (в опалювальний період) |
| На газову плиту (приготування їжі) | 3,3 м³ (на особу) |
| На газову плиту за відсутності гарячого водопостачання (приготування їжі і підігрів води) | 5,4 м³ (на особу) |
| На газову плиту і водонагрівач | 10,5 м³ (на особу) |
| Споживання теплової енергії | |
| На опалення | 0,0383 Гкал/м² опалюваної площі на місяць в опалювальний період*коригувальний коефіцієнт |
| Централізоване водопостачання та водовідведення | |
| Постачання холодної води | 2,0 м³ холодної води на одну особу на місяць (за наявності послуги з постачання гарячої води) |
| | 3,6 м³ холодної води на одну особу на місяць (за відсутності послуги з постачання гарячої води) |
| Постачання гарячої води | 1,6 м³ (на особу) |
| Водовідведення | 3,6 м³ (на особу) |
| Споживання електричної енергії | |
| На опалення | 30 кВт·год на 1м² опалювальної площі * коригувальний коефіцієнт (в опалювальний період) |
| У будинках, обладнаних стаціонарними електроплитами (централізоване постачання холодної та гарячої води) | 70 кВт·год на місяць на сім'ю (домогосподарство) з однієї особи і додатково 30 кВт·год на місяць на кожного іншого члена сім'ї (домогосподарства), але не більш як 190 кВт·год на місяць |
| У будинках, не обладнаних стаціонарними електроплитами (централізоване постачання холодної та гарячої води) | 100 кВт·год на місяць на сім'ю (домогосподарство) з однієї особи і додатково 30 кВт·год на місяць на кожного іншого члена сім'ї (домогосподарства) на житлове приміщення (будинок), але не більш як 220кВт·год на місяць |
| У будинках, обладнаних стаціонарними електроплитами (централізоване постачання гарячої води) | 110 кВт·год на місяць на сім'ю (домогосподарство) з однієї особи і додатково 30 кВт·год на місяць на кожного іншого члена сім'ї (домогосподарства) на житлове приміщення (будинок), але не більш як 230кВт·год на місяць |
| У будинках обладнаних стаціонарними електроплитами (без централізованого постачання гарячої води) | 130 кВт·год на місяць на сім'ю (домогосподарство) з однієї особи і додатково 30 кВт·год на місяць на кожного іншого члена сім'ї (домогосподарства) на житлове приміщення (будинок), але не більш як 250кВт·год на місяць |

На рисунку 2 показано аналіз питомого споживання енергії на потреби опалення, охолодження та гарячого водопостачання, яку отримує 1 особа, для житлових будівель нового будівництва (2019-2020 років) в Україні, наведених у [9], з урахуванням норм для утримання житла. До вибірки, що аналізувалася, потрапило 1305 будівель.

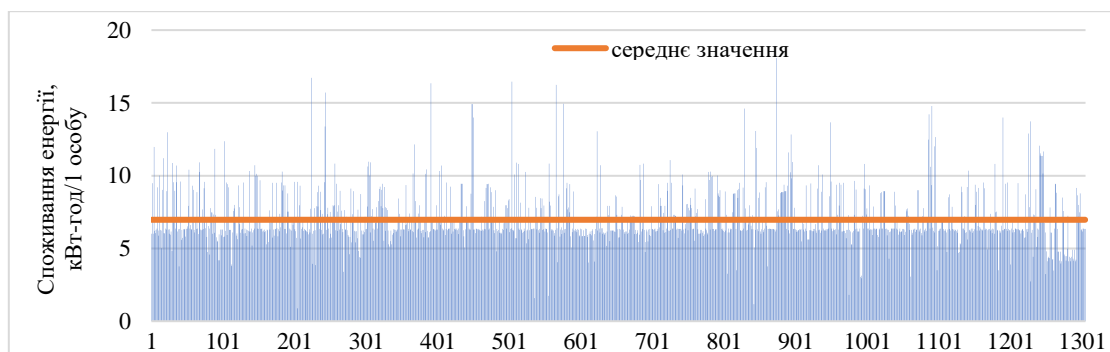


Рисунок 2 – Питоме споживання енергії на 1 особу для житлових будівель нового будівництва

Аналіз показав, що середнє значення споживання енергії на потреби опалення, охолодження та гарячого водопостачання становить 6,97 кВт·год/людину за рік. Під час виконання подібного аналізу лише для нових будівель з класом енергоефективності А-С (849 будівель) було отримано значення 6,07 кВт·год/людину за рік, що на 15% менше. У таблиці 2 наведено середнє питоме споживання енергії, кВт·год/людину для кожного міста (тільки будівлі нового будівництва).

Таблиця 2 – Споживання енергії для різних міст України

| Населений пункт | Середнє питоме споживання енергії на потреби опалення, охолодження та гарячого водопостачання, кВт·год/людину |
|-----------------------|---|
| Київ | 5,72 |
| Вінниця | 6,02 |
| Дніпро | 6,07 |
| Житомир | 5,91 |
| Івано-Франківськ | 6,02 |
| Кам'янець-Подільський | 6,18 |
| Кременчук | 6,01 |
| Луцьк | 6,01 |
| Львів | 6,02 |
| Миколаїв | 6,13 |
| Одеса | 5,42 |
| Полтава | 5,86 |
| Рівне | 6,55 |
| Суми | 6,24 |
| Тернопіль | 6,24 |
| Ужгород | 6,25 |
| Харків | 6,00 |
| Херсон | 6,36 |
| Хмельницький | 6,21 |
| Черкаси | 6,60 |
| Чернівці | 6,61 |
| Чернігів | 5,93 |

Споживання енергії на комунальні послуги з опалення, охолодження та гарячого водопостачання та ін. корелює з валовим національним продуктом та кліматом, але існує велика різниця навіть між найбільш високорозвиненими країнами, такими як Японія та Німеччина з 6 кВт·год на людину та США з 11,4 кВт·год на людину (включно з освітленням) [25]. У країнах, що розвиваються, особливо субтропічних або тропічних, таких як Індія, споживання енергії на людину становить близько 0,7 кВт·год/людину. Найнижче споживання має Бангладеш - 0,2 кВт·год/людину [26].

США споживають 25% світової енергії при частці світового ВВП 22% та частці світового населення 4,59%. В даний час найбільш значне зростання споживання енергії відбувається в Китаї, яке протягом останніх 25 років зросло на 5,5% на рік [26].

Дублінським університетом була створена модель споживання енергії, приведеної до 1 людини (пересічного громадянина Ірландії), на основі введених користувачем характеристик [21]. Було встановлено, що середньостатистичний ірландець споживає 69,943 кВт·год за рік (в тому числі включаючи енергію, яку споживають житлові і громадські будівлі, де він проживає та працює, транспорт та інші послуги). Також дослідниками було проаналізовано [21] споживання енергії по різних регіонах Ірландії. Як показали опитування, споживання електроенергії було відносно постійним по всій країні, тоді як частка газу та твердого паливо різко змінилося в залежності від регіону. На одну особу споживання енергії по всій країні було на 13% менше, ніж у середньому в Дубліні, тоді як у Мідленді споживання на людину було на 20% більше, ніж у середньому по країні. Аналогічні відхилення між ми спостерігаємо під час аналізу енергоспоживання для житлових будівель у різних населених пунктах України. В Ірландії середнє енергоспоживання для житлових будівель на 1 особу складає 8,284 кВт·год/рік. Це значення у 1,2 рази вище за середнє питоме споживання нових будівель, що проєктуються в Україні і у 1,34 рази вище за показник для Києва (для нових житлових будівель класів А, В та С), адже питомий показник використання житлової площі на одну людину в Ірландії та Україні різняться. Діапазон річних коливань зовнішніх температур в Києві більше, ніж в Дубліні, відповідно витрати на енергозабезпечення мають бути більшими. Проте потрібно зазначити, що для аналізу враховувалося лише споживання на опалення, охолодження та гаряче водопостачання, а в [21] враховано усі витрати на життєзабезпечення будівель, в тому числі освітлення, причому розрахунки проведено для стандартного будинку.

Витрати домогосподарств на житлово-комунальні послуги.

У таблиці 3 наведено структуру сукупних витрат, які домогосподарство (власні будинки та багатоквартирні будівлі) в Україні витрачає на різні види товарів, в тому числі оплату житлово-комунальних послуг, за даними Державної служби статистики України [27].

Таблиця 3 - Структура сукупних витрат на одне домогосподарство в Україні¹

| | 2010 | 2011 | 2012 | 2013 | 2014 | 2015 | 2016 | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 |
|--|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| В цілому оплата житла, комунальних продуктів та послуг | 8,7 | 9,7 | 9,8 | 10,2 | 10,7 | 11,4 | 14,4 | 17,2 | 16,6 | 16,2 | 15,6 |

¹З 2014 по 2020 роки - без урахування частини тимчасово окупованих територій у Донецькій та Луганській областях, Автономної республіки Крим та м.Севастополя

Частка витрат на оплату комунальних послуг невинно зростає і досягає близько 16 %, при цьому зростання витрат не пов'язано з підвищенням комфортності у житлових приміщеннях. Таблиця 4 ілюструє відсоток домогосподарств в Україні, які потерпають від відсутності необхідних умов проживання та спроможності сплачувати комунальні послуги за даними Державної служби статистики України [28].

Велика частина населення потерпає від відсутності комфортних житлових умов у зв'язку з недостатністю коштів (близько 7% міського населення та більше 10% сільського населення). Не мають можливості підтримувати достатню температуру у своєму житлі протягом опалювального сезону більше 17% міського населення та більше 30% населення сіл, що є третиною всіх домогосподарств (причому частка жінок, незадоволених умовами мікроклімату, більша, ніж частка чоловіків).

У багатоповерхових будівлях причиною незадовільних параметрів мікроклімату і низької температури у приміщенні квартир часто стає розбалансування системи опалення, відсутність регулювання джерела системи опалення, а також якісного індивідуального обліку спожитої енергії. У той час, як частина будинку може потерпати від підвищення температури у квартирі, інша частина будинку може мати низькі значення внутрішньої температури, але сплачувати однакову вартість опалення. У сільській місцевості низькі температури в будівлях під час опалювального сезону пов'язані в першу чергу із рівнем доходів населення.

Таблиця 4 - Рівень якості житлових умов домогосподарств (сільське та міське населення)

| Показник | Міське населення, % | | | | | | Сільське населення, % | | | | | |
|--|---------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|-----------------------|-------------|-------------------|-------------|-------------|-------------------|
| | чоловіки | | | жінки | | | чоловіки | | | жінки | | |
| | 18-29 років | 30-59 років | 60 років і старші | 18-29 років | 30-58 років | 59 років і старші | 18-29 років | 30-59 років | 60 років і старші | 18-29 років | 30-58 років | 59 років і старші |
| Відсутність у зв'язку з недостатністю коштів житла у нормальному стані (протікає дах, вологі стіни/ фундамент або гнилі віконні рами чи підлога) | 7,4 | 6,9 | 6,5 | 6,2 | 4,7 | 8,2 | 9,7 | 8,7 | 11,6 | 9,7 | 9,8 | 12,5 |
| недостатність коштів для: | | | | | | | | | | | | |
| - своєчасної та в повному обсязі оплати рахунків за житло та необхідні послуги з його утримання або оплати газу для приготування їжі | 16,9 | 14,6 | 15,3 | 18,3 | 22,2 | 27,8 | 17,9 | 12,6 | 15,7 | 16,7 | 22,4 | 23,9 |
| - підтримування достатньо теплої температури у своєму житлі (на придбання палива, обігрівача тощо) протягом опалювального сезону | 15,5 | 12,7 | 15,4 | 16,6 | 20,3 | 24,2 | 26,4 | 27,0 | 28,6 | 29,1 | 35,6 | 34,8 |

Висновки. Дане дослідження містить порівняльний аналіз питомого енергоспоживання житлових будівель нового будівництва, починаючи з 2019 року, енергетичні сертифікати яких розроблено за національною методикою розрахунку класу енергоефективності та внесено до порталу державної електронної системи у сфері будівництва України. Проаналізовано нормативні вимоги щодо споживання енергоресурсів на різні потреби в житлових будівлях, питома енергоспоживання із розрахунку на 1 м² опалювальної площі та на одну особу для умов України та країн ЄС. Висвітлено також соціальні аспекти, що впливають на рівень ефективності енергоспоживання: здатність населення України сплачувати комунальні послуги, оцінка рівня якості житлових умов домогосподарств згідно із опитуваннями, а також інші показники комфортності проживання. Відмінності у споживанні можуть пояснюватися різним станом житлових будівель у різних країнах, адже більшість будівель України було збудовано до 2000-х років. До того ж, для розрахунку було взято нормативні значення будівельних норм та взято максимальну кількість мешканців, які могли б проживати у будинку. Як видно з дослідження, рівень споживання на 1 особу в Україні майже дорівнює споживанню в країнах Європи, але при цьому велика частина населення потерпає від відсутності комфортних житлових умов, пов'язаних з мікрокліматом у приміщенні. Також важливим фактором у процесі сертифікації в країнах Європи та США є показник комфортності проживання, у той час як система сертифікації в Україні передбачає лише оцінку кількості споживаної будівлею енергії на м² або м³ площі або об'єму. Зважаючи на обмежений характер та невизначеність стандартних/нормативних та фактичних даних по Україні, для подальших досліджень впливу соціальних і експлуатаційних факторів на енергоефективність житлових будівель доцільним буде створення імітаційних моделей, які враховують сукупність усіх характеристик енергетичного стану будівлі та соціальні аспекти.

Список використаної літератури

1. Закон України «Про енергетичну ефективність будівель» №2118-VIII від 22.06.2017. Голос України. 22.07.2017. №134.
2. Закон України «Про Фонд енергоефективності» № 2095-VIII від 01.12.2020. Відомості Верховної Ради, 2017, № 32, с. 344.
3. ДСТУ Б А.2.2-12:2015. Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції, освітленні та гарячому водопостачанні. К. Мінрегіонбуд України, 2016. 205 с.

4. Про затвердження Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. №169. Офіційний вісник України. 2018, № 55. С. 301.
5. Про затвердження Змін до Методики визначення енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. № 261. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
6. Про затвердження Порядку проведення сертифікації енергетичної ефективності та форми енергетичного сертифіката: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 11.07.2018 р. № 172. Офіційний вісник України. 2018, № 55. С. 334.
7. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. К.: Мінбуд України, 2017. 37 с.
8. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
9. Портал державної електронної системи у сфері будівництва. Режим доступу: <https://e-construction.gov.ua/>
10. Borodinecs, A., Zemitis, J., Sorokins, J., Baranova, D.V., Sovetnikov, D.O. Renovation need for apartment buildings in Latvia. Magazine of Civil Engineering. 2016. 68. Pp. 58–64. DOI:10.5862/MCE.68.6.
11. Kostenko, V.A., Gafiyatullina, N.M., Semchuk, A.A., Kukolev, M.I. Geothermal heat pump in the passive house concept. Magazine of Civil Engineering. 2016. 68. Pp. 18–25. DOI:10.5862/MCE.68.2.
12. Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O. (2020). Building energy modeling using hourly infiltration rate. Magazine of Civil Engineering, 96(4), 27-41.
13. Efficiency of using energy in the housing sector / under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.
14. Bilous, I., Deshko, V., Sukhodub, I. (2018). Parametric analysis of external and internal factors influence on building energy performance using non - linear multivariate regression models. Journal of Building Engineering, 20, 327-336.
15. Bayramukov, S.H., Dolaeva, Z.N. Dynamic programming in optimization of comprehensive housing stock modernization. Magazine of Civil Engineering. 2017. 76. Pp. 3–19. DOI:10.18720/MCE.76.1.
16. Deshko, V., Buyak, N., Bilous, I., Voloshchuk, V. (2020). Reference state and exergy based dynamics analysis of energy performance of the “heat source – human – building envelope” system”. Energy, 200.
17. Deshko Valeriy, Bilous Inna, Shovkaliuk Maryna, Hurieiev Maksym. Evaluation of differentiated impact of apartment building occupants’ behavior on energy consumption. 2020 IEEE 7th international conference on energy smart systems. Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020. P.196-200.
18. V.I. Deshko, O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliyk. Approach to the energy evaluation of the social facilities of Ukraine at the time of the energy efficiency measures implementation / Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES), 2019. Vol.2. P. 55-75.
19. Chau C.K., Leung T.M. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment, Life Cycle Carbon Emission Assessment on buildings. Applied energy, 2015. V.143. P. 395–413.
20. Integrated Approaches to Determination of CO2 Concentration and Air Rate Exchange in Educational Institution" Deshko Valerii, Bilous Inna, Vynogradov-Saltykov Volodimer, Shovkaliuk Maryna, Hetmanchuk Hanna. Rocznik Ochrona Środowiska, Volume 22, no.1. 2020. P.82-204.
21. Interactive, bottom-up model to audit the true per-person energy consumption (direct and embedded) of Irish citizens per annum. Barry Brophy, Eoin McCormack, William Smith, David Timoney. Energy Reports 7(2021). P.1025-1045.
22. Про затвердження Мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель: Наказ Міністерства регіонального розвитку, будівництва та житлово-комунального господарства України від 27.10.2020. №260. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
23. Більовський О.А. Державна житлова політика України: проблема соціально-економічної ефективності. Аналітична доповідь. Державний інститут стратегічних досліджень, 2012. 60 с. Режим доступу: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2012-10/1016_dop-2ae1c.pdf
24. Житловий кодекс. Документ № 5464-X, поточна редакція від 01.08.2021. Режим доступу: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5464-10#Text>.
25. An official website of the European Union. URL: <https://ec.europa.eu/energy/>
26. Advanced Renewable Energy Systems, edited By S. C. Bhatia. New York, 2014. P.775.
27. Доходи та умови життя: структура загальних витрат / Державна служба статистики України. Режим доступу: http://od.ukrstat.gov.ua/stat_info/domogosp/domogosp2.htm
28. Самооцінка домогосподарств щодо наявності певних товарів та послуг (за даними вибіркового опитування домогосподарств). Режим доступу: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
29. База даних енергетичних сертифікатів. Режим доступу: <https://sae.gov.ua/>

V. Deshko, Dr. Sc. (Eng.), Prof., ORCID 0000-0002-8218-3933

Maryna Shovkaliuk, Cand. Sc. (Eng.), Assoc. Prof, ORCID 0000-0002-1898-3493

Yuliia Kuzmyna, Ph.D. student, ORCID 0000-0002-4217-4901

National Technical University of Ukraine "Igor Sikorsky Kyiv Polytechnic Institute"

VALUATION OF ENERGY INDICATORS FOR NEW RESIDENTIAL BUILDINGS IN UKRAINE TAKING INTO ACCOUNT SOCIAL ASPECTS

One of the most serious problems of the housing and communal state is the inefficient use of energy resources. The condition of the enclosing structures of buildings does not meet current standards, and internal engineering networks are outdated and in need of modernization. The cost of maintaining the construction fund in Ukraine is several times higher than in European countries. Given Ukraine's energy dependence, increasing the energy efficiency of housing is an extremely important issue. One of the direct reforms in construction is the introduction of new energy efficiency standards in the regulatory framework, as well as the introduction of mandatory energy certification of buildings with the specified energy efficiency class. At the same time, the requirements for the level of housing quality and comfort in buildings are growing. The purpose of the study is to analyze the specific energy consumption of new residential buildings (starting in 2019) and a comparative assessment of energy consumption per capita for different cities in Ukraine and other countries. The study was conducted on the basis of statistical data and data from energy certificates for residential buildings provided in the Unified State System in the field of construction. The class of energy efficiency in the energy certificate is determined by certified energy auditors, taking into account European approaches to the calculation of energy consumption for different needs of buildings. With the entry into force of the Law of Ukraine "On Energy Certification of Buildings", the development of an energy certificate has become mandatory for new buildings, state-owned buildings, local government buildings and in case of attracting public funds for thermal modernization of buildings. The study also examined other social aspects, in particular, the results of assessing the ability of the population of Ukraine to pay for utilities and the level of quality of housing conditions in households.

Keywords: *residential apartment building, energy efficiency, energy certification, specific energy consumption, energy efficiency class.*

References

1. On the energy efficiency of buildings: Law of Ukraine № 2118-VIII, 22.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19>.
2. About the Energy Efficiency Fund: Law of Ukraine №2095-VIII, 08.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19>.
3. DSTU B A.2.2-12: 2015. Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation, lighting and hot water supply. K. Ministry of Regional Development of Ukraine, 2016. 205 p.
4. On approval of the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 11.07.2018 №169. Official Gazette of Ukraine. 2018, № 55. S. 301.
5. On approval of Amendments to the Methodology for determining the energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №261. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1254-20>.
6. On approval of the Procedure for certification of energy efficiency and forms of energy certificate: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 11.07.2018 № 172. Official Gazette of Ukraine. 2018, № 55. S. 334.
7. DBN B.2.6-31:2016. Thermal insulation of buildings. K.: Ministry of Construction of Ukraine, 2017. 37p
8. On approval of the Minimum requirements for energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №260. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
9. Portal of the state electronic system in the field of construction. Access mode: <https://e-construction.gov.ua/>
10. Borodinecs, A., Zemitis, J., Sorokins, J., Baranova, D.V., Sovetnikov, D.O. Renovation need for apartment buildings in Latvia. Magazine of Civil Engineering. 2016. 68. Pp. 58–64. DOI:10.5862/MCE.68.6.
11. Kostenko, V.A., Gafiyatullina, N.M., Semchuk, A.A., Kukolev, M.I. Geothermal heat pump in the passive house concept. Magazine of Civil Engineering. 2016. 68. Pp. 18–25. DOI:10.5862/MCE.68.2.
12. Bilous, I.Yu., Deshko, V.I., Sukhodub, I.O. (2020). Building energy modeling using hourly infiltration rate. Magazine of Civil Engineering, 96(4), 27-41.
13. Efficiency of using energy in the housing sector / under the general editorship of A.M. Pavlenko. Politechnika Świętokrzyska. Kielce, 2020, Pp. 155.

14. Bilous, I., Deshko, V., Sukhodub, I. (2018). Parametric analysis of external and internal factors influence on building energy performance using non - linear multivariate regression models. *Journal of Building Engineering*, 20, 327-336.
15. Bayramukov, S.H., Dolaeva, Z.N. Dynamic programming in optimization of comprehensive housing stock modernization. *Magazine of Civil Engineering*. 2017. 76. Pp. 3–19. DOI:10.18720/MCE.76.1.
16. Deshko, V., Buyak, N., Bilous, I., Voloshchuk, V. (2020). Reference state and exergy based dynamics analysis of energy performance of the “heat source – human – building envelope” system”. *Energy*, 200.
17. Deshko Valeriy, Bilous Inna, Shovkaliuk Maryna, Hurieiev Maksym. Evaluation of differentiated impact of apartment building occupants’ behavior on energy consumption. 2020 IEEE 7th international conference on energy smart systems. Kyiv, Ukraine, May 12-14, 2020. P.196-200.
18. V.I. Deshko, O.M. Shevchenko, M.M. Shovkaliyk. Approach to the energy evaluation of the social facilities of Ukraine at the time of the energy efficiency measures implementation / *Journal of New Technologies in Environmental Science (JNTES)*, 2019. Vol.2. P. 55-75.
19. Chau C.K., Leung T.M. A review on Life Cycle Assessment, Life Cycle Energy Assessment, Life Cycle Carbon Emission Assessment on buildings. *Applied energy*, 2015. V.143. P. 395–413.
20. Integrated Approaches to Determination of CO2 Concentration and Air Rate Exchange in Educational Institution" Deshko Valerii, Bilous Inna, Vynogradov-Saltykov Volodimer, Shovkaliuk Maryna, Hetmanchuk Hanna. *Rocznik Ochrona Środowiska*, Volume 22, no.1. 2020. P.82-204.
21. Interactive, bottom-up model to audit the true per-person energy consumption (direct and embedded) of Irish citizens per annum. Barry Brophy, Eoin McCormack, William Smith, David Timoney. *Energy Reports* 7(2021). P.1025-1045.
22. On approval of the Minimum requirements for energy efficiency of buildings: Order of the Ministry of Regional Development, Construction and Housing of Ukraine dated 27.10.2020. №260. Access mode: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1257-20>.
23. O.A. Bilyovsky. State housing policy of Ukraine: the problem of socio-economic efficiency: an analytical report Kyiv: National Institute for Strategic Studies, 2012. 60 p. Access mode: https://niss.gov.ua/sites/default/files/2012-10/1016_dop-2a1c.pdf
24. Housing Code of Ukraine. Document № 5464-X, edition dated 01.08.2021. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/5464-10#Text>.
25. An official website of the European Union. URL: <https://ec.europa.eu/energy/>
26. *Advanced Renewable Energy Systems*, edited By S. C. Bhatia. New York, 2014. P.775.
27. Income and living conditions: the structure of total costs / State Statistics Service of Ukraine. Access mode: http://od.ukrstat.gov.ua/stat_info/domogosp/domogosp2.htm
28. Household self-assessment of the availability of certain goods and services (according to a sample household survey) Access mode: <http://www.ukrstat.gov.ua/>
30. Database of energy certificates URL: <https://sae.gov.ua/>

Надійшла 18.04.2022

Received 18.04.2022