

DOI: <https://doi.org/10.32839/2304-5809/2020-2-78-45>

УДК 690.9

Шовкалюк Ю.В., Шовкалюк М.М.

Національний технічний університет України
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

ПОГЛИБЛЕНИЙ ЕНЕРГОАУДИТ ЖИТЛОВОГО БАГАТОКВАРТИРНОГО БУДИНКУ З УРАХУВАННЯМ ВПЛИВУ СОЦІАЛЬНИХ ТА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ФАКТОРІВ

Анотація. Підвищення енергоефективності будівельного фонду є актуальною проблемою України, зважаючи на її енергетичну залежність. Виконання енергетичного аудиту є необхідною умовою для виділення коштів на заходи з енергозбереження. В рамках поглибленого аудиту багатоквартирної житлової будівлі дослідження виконувалося в декілька етапів: енергообстеження, анкетування мешканців, моделювання. Проведено розрахунки за розробленою моделлю в середовищі EXEL за національною методикою розрахунку енергоспоживання будівель. Розроблено пакет енергозберігаючих заходів за декількома пакетами з визначенням їх економічної доцільності. Побудовано модель оболонки будинку в Audytor OZC та виконано розрахунки теплової потужності та енергопотребности на опалення (існуючий стан та після термомодернізації).

Ключові слова: енергозбереження, енергоефективність, витрати енергії, будівлі, моделювання, енергетичний аудит.

Shovkaliuk Yuriy, Shovkaliuk Maryna

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

DEEPENING ENERGY AUDIT OF APARTMENT BUILDINGS TAKING INTO ACCOUNT THE INFLUENCE OF SOCIAL AND OPERATIONAL FACTORS

Summary. Increasing the energy efficiency of a building stock is a topical issue for Ukraine, given its energy dependency. Performing an energy audit is a prerequisite for allocating funds to energy conservation measures. As part of an in-depth audit of the multi-family residential building, the study was conducted in several stages. The first stage: the implementation of the energy audit, which resulted in the creation of energy-saving measures. Second stage: interviewing residents to assess the impact of different social factors and behaviors on building energy use. Third stage: creation of a 3D model based on the actual characteristics of the building and modeling in the Audytor OZC software product, which is used by energy auditors from different countries and takes into account the requirements of the existing regulatory framework of Ukraine in the field of energy efficiency of buildings. During the energy survey of the existing apartment building with a roof boiler, the necessary measurements of geometric, thermal and microclimate conditions were made. Information on the efficiency of engineering equipment and systems for heating, air conditioning and ventilation, as well as electricity and water supply was collected. The calculations for the developed model in the EXEL environment according to the national method of calculation of energy consumption of buildings have been made. A package of energy-saving measures has been developed in several packages (maximum, optimum, minimum) with determination of necessary investments, energy savings and costs of energy supply, simple and discounted payback period, NPV and NPVQ. A questionnaire was developed and a survey was conducted of residents to assess the impact of behavior and various operational factors on the level of satisfaction with the heating and energy consumption of a residential apartment building. The model of the house shell at Audytor OZC was constructed and the heat capacity and energy requirements for heating (existing condition and after thermal modernization) were calculated. The results of the calculations were performed on two models with the determination of energy characteristics.

Keywords: energy saving, energy efficiency, energy consumption, buildings, modeling, energy audit.

Постановка проблеми. Комплексній термомодернізації багатоквартирних будівель із залученням інвестицій передують виконання енергетичного аудиту та розробка енергетичного сертифікату [1,2]. Крім того, енергетичний аудит будівель є невід'ємною частиною ефективної системи енергетичного менеджменту будівельного фонду [3]. Виконання енергетичних обстежень житлових багатоквартирних будівель в Україні зазвичай не містить вивчення соціальних аспектів, проте для отримання державного фінансування термомодернізації будівель з Фонду енергоефективності [2] потрібно на загальних зборах співвласників ОСББ узгодити перелік енергозберігаючих заходів більшістю голосів (2/3 від загальної кількості). Результати енергетичного обстеження будинку з обґрунтуванням економічної доцільності кожного заходу презентують енергоаудитор.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Нормативна база України у сфері енергоефективності будівель постійно розвивається [4] та відбувається її гармонізація з європейською [5–8]. Під час оцінки можливостей реалізації енергоефективних заходів кожному будівлю потрібно розглядати комплексно з урахуванням джерел теплової енергії, інженерних систем та обладнання [9; 10]. Під час виконання розрахунків енергоаудитори можуть застосовувати програмні продукти [11; 12], під час поглибленого аналізу теплового стану та оцінювання умов комфортності будівель можуть використовуватися математичні моделі [13].

Виділення не вирішених раніше частин загальної проблеми. Зважаючи на те, що інвестиційні програми по комплексній термомодернізації житла реалізуються за умови наявності

власних внесків мешканців, урахування соціальної думки та індивідуальних особливостей експлуатації є надзвичайно важливим. Тому стандартні техніко-економічні розрахунки з визначенням терміну окупності, що наводяться у енергетичних аудитах, повинні супроводжуватися детальним аналізом інших соціальних аспектів.

Мета статті. Метою даного дослідження є поглиблений аналіз впливу соціальних факторів та оцінка енергетичних параметрів на прикладі існуючого багатоквартирного будинку з даховою котельною у Київській області.

Опис об'єкту дослідження. Основні характеристики будівлі наведено у таблиці 1. Зовнішні стіни із силікатної цегли, товщиною 50 см з облицюванням червоною цеглою з утепленням внутрішньої поверхні стіни (за проектом) мінераловатними плитами 50 мм. Опір теплопередачі стін $2,32 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$, що не відповідає нормативному $3,3 \text{ м}^2 \cdot \text{К/Вт}$ [2], проте вище, ніж у серійних будівлях масової забудови. Будівля має неопалювальний підвал та горизонтальну покрівлю над «теплим» технічним поверхом (де виведено витяжні шахти системи вентиляції). Дахова котельня, де встановлено 6 водогрійних модулів Колві, працює лише в опалювальний період, гаряче водопостачання – за рахунок електробойлерів. Теплова потужність на опалення – 1,152 МВт. Автоматичне регулювання параметрів теплоносія по зовнішній температурі – не працює (в ручному режимі). Фактичний ККД котлів 85% (паспортний 92%).

Таблиця 1
Основні характеристики будівлі

Найменування, одиниця виміру	Величина
Кількість поверхів, шт.	9
Кондиціонований об'єм, м ³	41500
Опалювальна площа, м ²	15400
Кількість мешканців	1000
Компоновка	П-подібна

Ведеться загальнобудинковий облік витрат газу, теплоти та електроенергії. В квартирах

встановлено по квартирні лічильники холодної води та електроенергії (день/ніч). Розрахунок за спожиту теплову енергію здійснюється відповідно до показів приладу обліку природного газу за встановленим на початку року тарифом [грн/м³], проте у разі економії в наступному сезоні відбувається перерахунок. Експлуатація дахової котельні дозволяє встановлювати тарифи для опалення будинку значно нижче, ніж у регіоні, а також для централізовано опалення (рис. 1).

Тариф на опалення для ОСББ складається з:

- абонентської плати за обслуговування котельні (сплачується цілий рік);
- тарифу за спожите паливо та електроенергію (за лічильниками).

Система опалення – двотрубна з супутнім рухом теплоносія, подача гарячої води зверху-вниз, на опалювальних приладах за проектом встановлені ручні вентиляції. Наявні численні втручання в систему з заміною та перенесенням опалювальних приладів, внаслідок чого система розбалансована (температура зворотного теплоносія на стояках відрізняється до 7 градусів).

Дослідження виконувалося в декілька етапів:

- перший етап: виконання енергетичного обстеження, в результаті якого було сформовано пакети енергозберігаючих заходів;

- другий етап: опитування мешканців з оцінюванням впливу різних соціальних факторів та особливостей поведінки на енергоспоживання будівлі з метою формування найбільш доцільного пакету заходів;

- третій етап: побудова моделі у програмному продукті Audytor OZC з оцінкою ефекту від термомодернізації огорожувальних конструкцій.

Енергетичне обстеження включало:

- збір вихідних даних: вивчення режимів експлуатації, уточнення фактичних геометричних і теплотехнічних показників огорожень і порівняння з проектними характеристиками;

- дослідження умов мікроклімату (температури внутрішнього повітря у найбільш типових і проблемних приміщеннях);

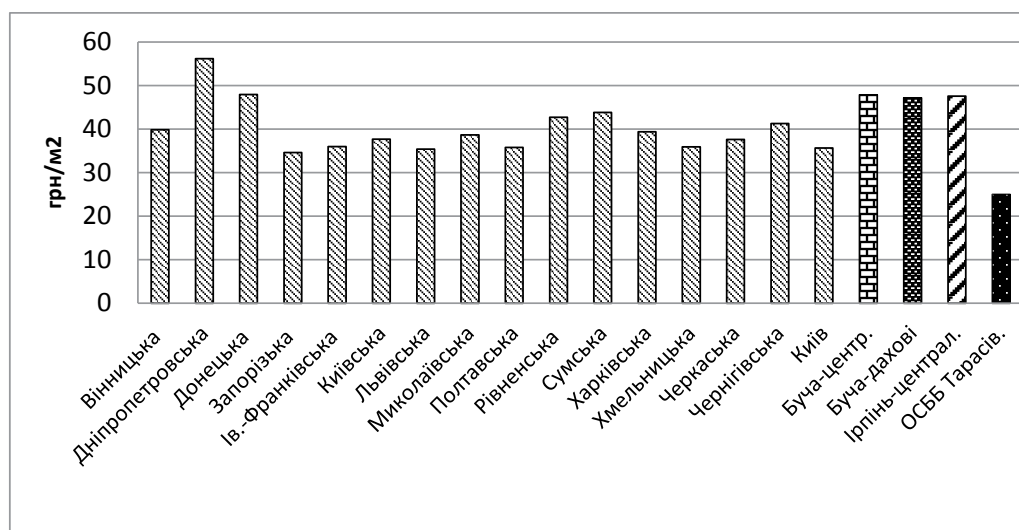


Рис. 1. Порівняльний аналіз вартості за централізоване опалення по областям України [14], тарифу ОСББ та тарифів у регіоні

Джерело: розроблено авторами

- виконання необхідних інструментальних вимірювань і розрахунків;
- тепловізійну зйомку (огорожень та систем опалення);
- фінансово-економічну оцінку доцільності заходів з енергозбереження;
- розробку трьох пакетів заходів (максимальний, мінімальний, оптимальний).

Результати енергетичного обстеження.

При обстеженні інженерних систем було виявлено, що внаслідок змін конфігурації системи опалювальні прилади квартир «середніх поверхів» в холодні періоди не прогріваються та існує велика різниця між температурами по стоякам будинку. Фактична температура в приміщеннях по одному стояку коливається від 17°C до 26°C. Незважаючи на розбалансованість системи опалення, температура повітря в приміщеннях не знижується нижче 17 градусів за рахунок перетоків з сусідніх приміщень та теплових надходжень від сонця, людей та приладів. Це показали вимірювання, виконані протягом 5 днів у декількох найбільш типових квартирах (перший, останній, середній поверх та кутові квартири) та у проблемних квартирах, де мешканці скаржилися на непрацюючі батареї.

Під час розробки пропозицій метою було визначення усіх можливих для даної будівлі заходів з енергозбереження з оцінкою економічної доцільності на конкретних цифрах для можливості їх обговорення на загальних зборах ОСББ.

Результати наведено у таблицях 2 та 3. В розрахунках прийнято горизонт планування – 10 років.

Потрібно зазначити, що на термін окупності заходів суттєво вплинули низькі тарифи на опалення. Результати детально обговорювалися на загальних зборах, в результаті найбільшу кіль-

кість голосів набрали такі заходи: модернізація освітлення, квартирний облік теплоти, погодозалежна автоматика. Незважаючи на те, що захід з встановлення приладів-розподільвачів для поквартирного обліку теплової енергії є довгоочікуваним, мешканці обрали його як один з найбільш пріоритетних, що пояснюється в першу чергу особливостями менталітету та тим, що частина квартир не отримує якісні послуги через розбалансованість системи.

Проведення анкетування мешканців

Кількість квартир, що взяли участь у опитуванні – 137, причому розподіл респондентів по п'яти парадним приблизно рівномірний. Варто зазначити, що тарифи на опалення та утримання будинку розраховуються Правлінням ОСББ раз на рік, детальні розрахунки доступні кожному співвласнику на сайті для вивчення. Незважаючи на те, що тарифи на теплову енергію майже вдвічі нижче, ніж у сусідніх житлових будинках, що опалюються централізовано, близько 20% мешканців вважають їх завищеними, а близько 40% не знають та не цікавляться рівнем тарифів у регіоні та в Україні. Пільгами та субсидіями користуються 12 квартир.

На питання щодо рівня задоволеності послугами на опалення мешканці відповіли наступним чином: 55% – цілком задоволені; 35% – задоволені, але є зауваження; здебільшого незадоволені – 5%; незадоволені – 5%. До постачання холодної води (а саме її якості) є зауваження у більшості (53%), а близько 30% незадоволені цією послугою.

Більшість мешканців не обізнані щодо нормативних параметрів мікроклімату під час експлуатації будівлі взимку та влітку: лише 37% вважають для себе взимку комфортною температурою повітря 20-22°C, а влітку лише 8% мешкан-

Таблиця 2

Очікувані результати впровадження енергозберігаючих заходів (пакет максимальний)

№	Назва заходу з енергозбереження	Інвестиції, грн	Економія енергії, кВт-год/рік	Термін окупності, років	NPV	NPVQ
1	Автоматика погодного регулювання	50000	64945	0,93	0,33	6,55
2	Частотне регулювання насосів	7500	1267	3,52	0,01	1,09
3	Рекуператори в квартирах	1600000	245740	7,7	0,04	0,02
4	Модернізація освітлення	207130	126280	0,98	1,28	6,2
6	Балансування системи опалення	1279900	127890	11,9	-0,37	-0,25
7	Поквартирний облік теплоти	590300	63945	11	-0,14	-0,24
8	Утеплення стін	5645670	121642	55	-4,2	-0,74
9	Утеплення техноверху	1022500	60495	20,1	-0,5	-0,49
10	Утеплення входів у підвал	18000	14281	1,5	0,07	3,73
11	Тамбурні двері	30000	20637	1,73	0,09	3,12
12	Заміна вікон квартир	2600000	77500	39,95	-1,8	-0,7
13	Заміна вікон на сходах	347130	16318	25,32	-0,21	-0,6
14	Заміна частини котлів	697500	130344	6,36	0,15	0,22
	Пакет	14095630	1071284	14,29	-5,84	-0,39

Таблиця 3

Порівняльна оцінка різних пакетів заходів

№	Назва пакету заходів	Питомі інвестиції, \$/м ²	Економія енергії, кВт-год/рік	Термін окупності, років	NPV	NPVQ
1	Максимальний	35	1071284	14,29	-5,8	-0,39
2	Оптимальний	6	588200	4,3	1,9	0,73
3	Мінімальний	1	286600	1,1	1,69	5,13

ців вважають комфортною температуру більше 24°C. Тобто існує великий резерв економії у разі дотримання рекомендованих вимог по температурам внутрішнього повітря (20°C взимку та 26°C влітку).

Користування додатковими обігрівачами: 56% мешканців використовують додаткові обігрівачі у зимовий і перехідні періоди; 31% – не використовує, тому що економить, а 13% – не використовує, тому що в квартирах комфортні умови. Користування кондиціонерами: близько 45% мають додаткові витрати на кондиціонування в літній та перехідні періоди, а 30% вважають умови в квартирах комфортними (в основному вони мають орієнтацію зовнішніх огорожень на північ та схід).

Незважаючи на наявність у кожній квартирі ручних вентилів на опалювальних приладах, лише 44% мешканців використовують їх для регулювання витрат теплоенергії, а 26% відповіли, що технічної можливості немає (або холодні прилади, або непрацюючі вентиля). Також потрібно зазначити, що лише 49% мешканців економлять грошові витрати з рахунок нічних тарифів на

електроенергію. Таким чином, існує суттєвий резерв економії у разі більш свідомого відношення до енерговитрат. Частіше можливість економії витрат використовують мешканці тих квартир, де проживають діти:

– вентиля на батареях: 2 дитини – використовують 44%, 3 дитини – 72%;

– нічний тариф: 2 дитини – використовують 58%, 3 дитини – 55%.

На рис. 2 наведено витрати електричної енергії на 1 квартиру.

Також цікавим було оцінювання інформованості мешканців стосовно фінансування проектів тепло модернізації, результати наведено на рис. 3.

Отже, абсолютна більшість респондентів загалом підтримує участь у програмах з підвищення енергоефективності багатоквартирних будівель, проте перелік заходів, що буде впроваджуватися, обирається мешканцями не лише з точки зору економічної доцільності, тому потрібно враховувати й інші фактори.

Висновки щодо проведеного опитування та виконаних вимірювань:

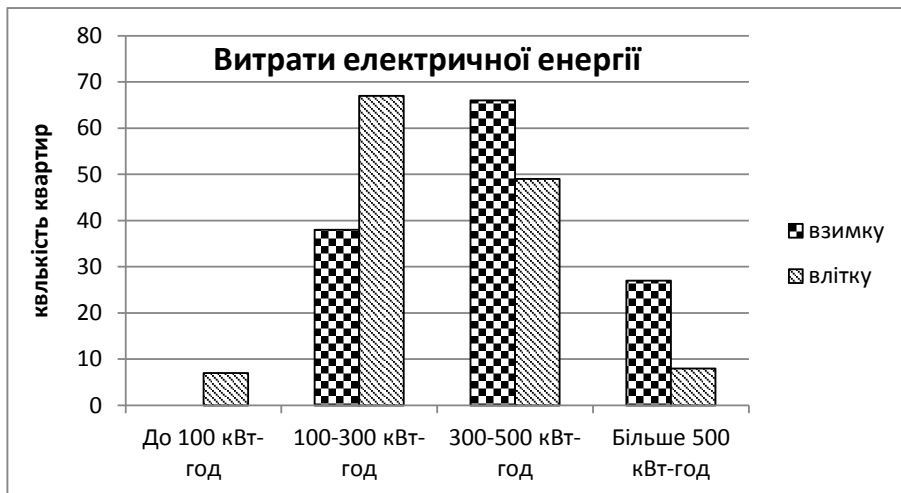


Рис. 2. Порівняльний аналіз витрат на електричну енергію

Джерело: розроблено авторами

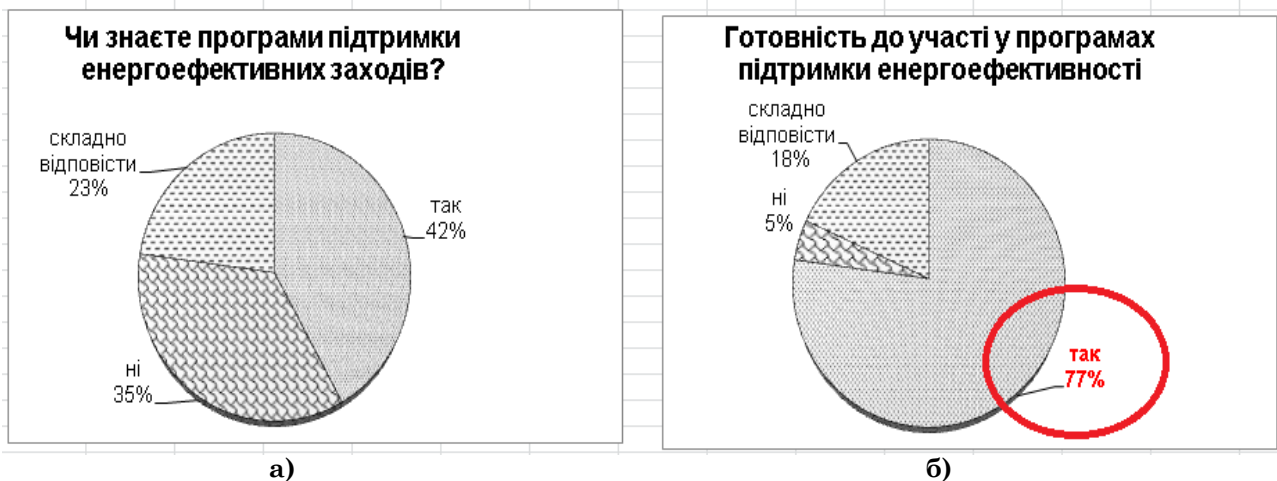


Рис. 3. Опитування мешканців стосовно програм підтримки впровадження енергоефективних заходів (а – інформованість щодо програм підтримки; б – готовність до участі у кредитних програмах)

Джерело: розроблено авторами

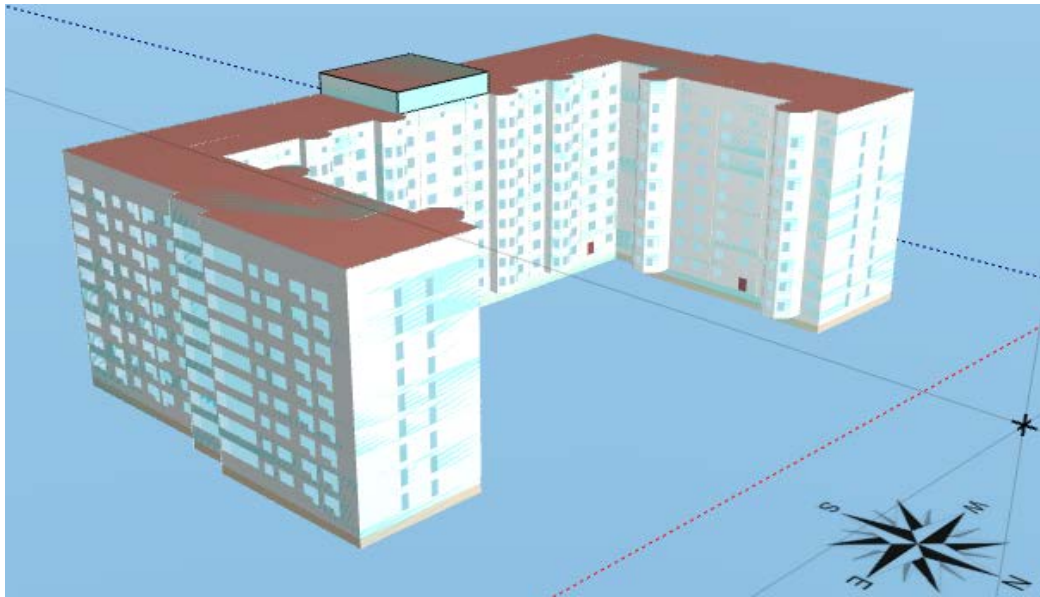


Рис. 4. Модель будівлі у програмному продукті Audytor OZC

Джерело: розроблено авторами

– умови експлуатації будівель – дуже впливовий фактор під час вибору заходів з енергозбереження, так як фактичний стан будівель відрізняється від проектних характеристик;

– суттєвий вплив на рівень задоволеності послугами та відчуття комфортності параметрами мікроклімату має людський фактор;

– незважаючи на те, що у більшості квартир проживають молоді люди найбільш активного віку, вони не використовують можливості місцевого регулювання енерговитрат, якщо це не впливає на щомісячні платежі;

– можливість поквартирного обліку теплової енергії багатоквартирних житлових будівель є передумовою для успішного впровадження комплексних проектів термомодернізації будівель;

– перетоки теплової енергії між сусідніми приміщеннями є суттєвими, для будівель з більшим ступенем теплового захисту їх роль зростатиме, тому урахування їх у затвердженій методиці розрахунку [15] є обґрунтованим;

– для будівель з досить високим рівнем теплового захисту зростає вплив орієнтації огорожень по сторонам світу та внутрішніх теплонаходжень від людей та приладів.

Моделювання будівлі у програмному продукті Audytor OZC

Програмний продукт Audytor OZC дозволяє побудувати 3D модель будівлі з урахуванням теплотехнічних характеристик огорожень і їх орієнтації по сторонам світу та визначити енергетичні характеристики будівлі до та після утеплення будівлі. Перевагами даної програми є: розрахунки за допомогою нормативною базою України, база даних будівельних матеріалів, візуалізація об'єкту (що запобігає уникненню багатьох помилок), автоматичні підрахунки геометричних розмірів огорожень, врахування містків холоду, автоматичний підбір опалювальних приладів для окремих приміщень. Даний програмний продукт рахує також теплову потужність системи за діючим стандартом ДСТУ EN 12831-1:2017, результати розрахунку від проектних даних відрізняються в межах 10%. Крім того, існує можливість перенесення даних у програмний продукт Audytor CO з подальшим виконанням гідравлічних розрахунків мереж опалення до та після виконання модернізації системи з встановленням вентилів на опалювальних пристроях та балансувальних кранів на стояках.

Таблиця 4

Результати моделювання у Audytor OZC

Найменування, одиниці виміру	Значення
Існуючий стан (фактичні дані)	
Найвище теплове навантаження на опалення, МВт	1,152
Фактичне споживання, ГДж/рік – нормалізоване 3 роки з перерахунком на стандартні погодні умови та кількість днів опалення	3605
Існуючий стан (розрахунки за Audytor OZC)	
Проектне теплове навантаження на опалення, МВт	1,043
Розрахункова енергопотреба існуючої будівлі [7], ГДж/рік	3763
Після термомодернізації	
Теплове навантаження (пакет максимальний), МВт: – утеплення стін, заміна вікон квартир та сходових клітин, утеплення перекриття підвалу та неопалювального горища, тамбурні двері	0,723
Розрахункова енергопотреба будівлі [7], ГДж/рік	1882

Для досліджуваної будівлі було побудовано модель (рис. 4) та виконано розрахунки ефекту від заходів щодо огорожень, результати зведено до табл. 4.

Висновки і пропозиції. Проведено енергетичне обстеження багатоквартирної будівлі, де створено ОСББ, виконано необхідні інженерні розрахунки і вимірювання та запропоновано три пакети заходів з урахуванням не тільки технічних аспектів, але й соціальних. Під час виконання енергетичних аудитів багатоквартирних житлових будівель доцільним є не тільки виконання техніко-економічних розрахунків доцільності впровадження заходів з енергозбереження, але й проведення опитувань мешканців із метою врахування громадської думки та особливостей експлуатації будівлі, адже для виділення коштів на фінансування енергоефективних проектів за різними програмами необхідно мати консолідоване рішення власників на загальних зборах. Крім того, подібні опитування дозволять підвищити інформованість і зацікавленість мешканців щодо існуючого стану у будинку, що в подальшому дозволить аудиторі донести результати розрахунків

замовнику та отримати підтримку у вигляді результативного голосування, адже не завжди лише економічні показники є вирішальними. Використання спеціалізованого програмного забезпечення як інструменту для проведення інженерних розрахунків дозволяє запобігти «механічним» помилкам під час вибору заходів щодо термомодернізації. Результати розрахунків енергопотреб будинку за методикою ДСТУ Б А.2.2-12:2015 та за програмним продуктом відрізняються незначно (8%), що говорить про можливість застосування програмного продукту Audytor OZC для роботи аудиторів під час вибору заходів по утепленню огорожень, а використання створеної 3D моделі в подальшому у програмного продукту Audytor SO дозволить виконувати якісно гідравлічні розрахунки системи опалення до та після виконання модернізації. Таким чином, комплексний підхід до виконання енергетичних аудитів із урахуванням інженерно-технічних та соціальних аспектів дозволить покращити якість звітів з енергетичних аудитів та впроваджувати проекти з підвищення енергоефективності багатоквартирних будівель за рахунок залучених коштів.

Список літератури:

1. Про енергетичну ефективність будівель : Закон України від 22 червня 2017 р. № 2118-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (дата звернення: 10.02.2020).
2. Про Фонд енергоефективності: Закон України від 08 червня 2017 р. № 2095-VIII / Верховна Рада України. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19> (дата звернення: 10.02.2020).
3. Дешко В.І., Майстренко О.Ю., Євтухов В.Я., Шевченко О.М. Тепловий аудит будівель як обов'язкова складова системи енергетичного менеджменту. *Новини енергетики*. 2011. № 9. С. 41–47.
4. Шовкалюк М.М. Підвищення енергоефективності будівельного фонду шляхом удосконалення законодавчої та нормативної бази. *Енергетичний менеджмент: стан та перспективи розвитку – PEMS'2017* : збірник наук. праць IV міжнар. наук.-техн. та навч.-метод. конф. (Київ, 25-27 квітня 2017 р.). Київ, 2017. С. 132.
5. ДСТУ Б В.2.2-39:2016. Методи та етапи проведення енергетичного аудиту. Київ, 2016. 50 с.
6. ДСТУ ISO 50002:2016 Енергетичні аудити. Вимоги щодо їх проведення. Київ, 2016. 25 с.
7. ДСТУ Б А.2.2-12:2015 Енергетична ефективність будівель. Метод розрахунку енергоспоживання при опаленні, охолодженні, вентиляції та ГВП. Київ, 2015. 145 с.
8. ДСТУ Б EN ISO 13790:2011 Енергетична ефективність будівель. Розрахунок енергоспоживання на опалення та охолодження. Київ, 2013. 150 с.
9. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Communities*. 2010. L153, pp. 13–35.
10. Directive 2012/27/eu of the European parliament and of the council of 25.10.2012 on the energy performance of buildings *Official Journal of the European Communities*. 2012. L315, pp. 8–18.
11. Офіційний сайт ENSI. URL: <http://www.ensi.no> (дата звернення: 10.02.2020).
12. D.B. Crawley, L.K. Lawrie. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*. 2001. Vol. 33, pp. 319–331.
13. Дешко В.І., Шовкалюк М.М., Ленькин А.В. Моделирование теплового состояния помещений при изменении режимных параметров отопления. *Промышленная теплотехника*. 2009. Т. 31. № 6. С. 75–80.
14. Офіційний сайт НКРЕКП. URL: <http://www.nerc.gov.ua> (дата звернення: 10.01.2020).
15. Методика розподілу між споживачами обсягів спожитих у будівлі комунальних послуг. Київ, 2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18> (дата звернення: 10.02.2020).

References:

1. Pro enerhetychnu efektyvnist budivel [On the energy efficiency of buildings]: Zakon Ukrainy № 2118 vid 22.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2118-19> (accessed: 10.02.2020).
2. Pro Fond enerhoefektyvnosti [About the Energy Efficiency Fund]: Zakon Ukrainy № 2095-19 vid 08.06.2017. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/2095-19> (accessed: 10.02.2020).
3. Deshko, V.I., Maistrenko, O.Yu., Yevtukhov, V.Ya., & Shevchenko, O.M. (2011). Teplovyi audyt budivel yak обов'язкова складова systemy enerhetychnoho menedzhmentu [Thermal audit of buildings as a mandatory component of the energy management system]. *Novyny enerhetyky*, no. 9, pp. 41–47.
4. Shovkaliuk, M.M. (2017). Pidvyshchennia enerhoefektyvnosti budivelnogo fondu shliakhom udoskonalennia zakonodavchoi ta normatyvnoi bazy. [Improving the energy efficiency of the building stock by improving the legislative and regulatory framework]. *Proceedings of the IV mizhnar. nauk.-tekhn. ta navch.-metod. konf. "Enerhetychnyi menedzhment: stan ta perspektyvy rozvytku (Ukraine, Kyiv, April 25–27, 2017)*. Kyiv: PEMS'2017, p. 132.
5. DSTU B V.2.2-39:2016. Metody ta etapy provedennia enerhetychnoho audytu [Methods and stages of energy audit]. Kyiv, 2016, p. 50.
6. DSTU ISO 50002:2016. Enerhetychni audyty. Vymohy shchodo yikh provedennia [Energy audits. Requirements for their implementation]. Kyiv, 2016, p. 25.

7. DSTU BA.2.2-12:2015. Enerhetychna efektyvnist budivel. Metod rozrakhunku enerhospozhyvannia pry opalenni, okholodzhenni, ventyliatsii ta HVP [Energy efficiency of buildings. Method of calculating energy consumption for heating, cooling, ventilation and DHW]. Kyiv, 2015, p. 145.
8. DSTU B EN ISO 13790:2011. Enerhetychna efektyvnist budivel. Rozrakhunok enerhospozhyvannia na opalennia ta okholodzhennia [Energy efficiency of buildings. Calculation of energy consumption for heating and cooling]. Kyiv, 2013. P. 150.
9. Directive 2010/31/eu of the European parliament and of the council of 19 May 2010 on the energy performance of buildings (recast). *Official Journal of the European Communities*. 2010. L153, pp. 13–35.
10. Directive 2012/27/eu of the European parliament and of the council of 25.10.2012 on the energy performance of buildings. *Official Journal of the European Communities*. 2012. L315, pp. 8–18.
11. Official site ENSI. URL: <http://www.ensi.no> (accessed: 10.01.2020).
12. D.B. Crawley, & L.K. Lawrie. EnergyPlus: creating a new-generation building energy simulation program. *Energy and Buildings*. 2001. Vol. 33, pp. 319–331.
13. Deshko, V.I., Shovkaliuk, M.M., & Lenkin, A.V. (2009). Modelyrovanye teplovoho sostoiannya pomeshchenyi pry yzmenenyy rezhymnykh parametrov otopleniia [Simulation of the thermal state of rooms when changing heating parameters]. *Promyshlennaia teplotekhnika*, Vol. 31, no. 6, pp. 75–80.
14. Official site NKREKP. URL: <http://www.nerc.gov.ua> (accessed: 20.12.2020).
15. Metodyka rozpodilu mizh spozhyvachamy obsiahiv spozhytykh u budivli komunalnykh posluh [Methods of distribution between consumers of volumes consumed in the building of public utilities]. Kyiv, 2018. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z1502-18> (accessed: 10.02.2020).