



УДК 620.9:504

THE ROLE OF BUILDINGS THERMOGRAPHIC MONITORING IN THE ENVIRONMENTAL SAFETY SYSTEM

РОЛЬ ТЕПЛОВІЗІЙНОГО МОНІТОРИНГУ БУДІВЕЛЬ В СИСТЕМІ ЕКОЛОГІЧНОЇ БЕЗПЕКИ

Kryvomaz T. / Кривомаз Т.І.

d.t.s., prof.

ORCID: 0000-0002-4161-9702

Hamotskyi R. / Гамоцький Р.О.

PhD student

ORCID: 0000-0002-5469-8606

Tsyba A. / Циба А.М.

PhD student

ORCID: 0009-0006-4532-0982

*Kyiv National University of Construction and Architecture,**Kyiv, Air Force Avenue 31, 03680**Київський національний університет будівництва та архітектури,**Київ, проспект Повітряних Сил 31, 03680*

Анотація. У статті розглядається екологічний аспект енергетичної безпеки будівель, з акцентом на роль тепловізійної діагностики та заходів енергоефективності у скороченні викидів CO₂. Показано, що житловий фонд України є значним джерелом енергоспоживання та парникових газів, а термомодернізація здатна істотно зменшити екологічне навантаження. Методологія оцінки екологічної ефективності будівель базується на стандартах ISO 14001, ISO 50001, EN 15978, ДБН В.2.6-31:2021 та RICS WLCA, а тепловізійний моніторинг є обов'язковим елементом екологічного менеджменту, що забезпечує обґрунтовані рішення для енергетичної безпеки та зеленого відновлення України.

Ключові слова: тепловізійний моніторинг, енергоефективність, енергетична безпека, екологічне управління.

Вступ.

Стратегічне планування для посилення енергетичної безпеки України включає модернізацію інфраструктури, підвищення енергоефективності, диверсифікацію енергозабезпечення та підключення до європейських енергетичних мереж. Це гарантуватиме стабільність енергетичної системи, підвищить економічну стійкість та екологічну безпеку країни [2]. У сучасному контексті енергетична безпека дедалі більше розглядається як багатовимірне поняття, що поєднує екологічні, економічні та політичні чинники. Скорочення імпорту палива знижує геополітичні ризики та витрати, а також зменшує залежність від викопних джерел енергії. Зниження вуглецевого сліду оптимізує енергоспоживання в будівлях і сприяє декарбонізації сектору будівництва, який



є одним із найбільших джерел викидів CO₂. Для оцінювання показників енергетичної ефективності житлових будинків, інженерних систем та теплотехнічних характеристик огорожувальних конструкцій широко використовується тепловізійне обстеження [1].

Основний текст.

Методологія оцінки екологічної ефективності будівель базується на стандартах ISO 14001:2015 Системи екологічного управління: вимоги та настанови щодо застосування, ISO 50001:2011 Система управління енергією, EN 15978:2011 Методологія оцінки екологічних характеристик будівель на основі життєвого циклу, ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель: нормативні вимоги до енергоефективності та RICS WLCA (2023) Whole Life Carbon Assessment for the Built Environment: методика оцінки вуглецевого сліду протягом життєвого циклу будівлі.

Тепловізійне обстеження будинків – це не лише метод виявлення тепловтрат, а й інструмент екологічного моніторингу, що дозволяє візуалізувати енергетичні втрати через огорожувальні конструкції, ідентифікувати дефекти теплоізоляції, містки холоду, несанкціоновані витоки тепла, а також оцінити ефективність термомодернізаційних заходів у динаміці.

Перед початком тепловізійного обстеження здійснюється комплекс попередніх вимірювань, зокрема: температура зовнішніх поверхонь визначається контактним методом; додатково фіксується температура в приміщеннях та на відстані приблизно 10 см від внутрішньої поверхні зовнішніх стін. Паралельно проводяться вимірювання параметрів зовнішнього середовища – температури, вологості повітря та швидкості вітру. Обстеження зовнішніх огорожувальних конструкцій виконується у вечірній, нічний або ранковий період, за умови відсутності прямого сонячного освітлення. Тепловізійна зйомка проводиться лише при наявності достатнього температурного перепаду між внутрішнім і зовнішнім середовищем – не менше 10–15 °C. Поверхні, що підлягають обстеженню, повинні бути чистими без снігу, льоду, пилу чи інших забруднень. Зйомка здійснюється поетапно, на заздалегідь визначених ділянках,



із покадровим записом термограм та паралельною фотофіксацією. Повний цикл робіт включає такі етапи: 1) аналіз проектної та виконавчої документації; 2) візуальний огляд об'єкта та визначення його конструктивної схеми; 3) оцінка мікрокліматичних умов у приміщеннях; 4) підготовка до проведення тепловізійного обстеження; 5) безпосереднє виконання тепловізійної зйомки; 6) обробка отриманих термограм та супутніх даних; 7) розрахунок опору теплопередачі огорожувальних конструкцій; 8) складання технічного звіту за результатами обстеження.

Сучасні тепловізійні технології забезпечують оперативне та точне виявлення зон дефектів із чітким визначенням їхніх меж. Подальша кількісна оцінка виявлених порушень здійснюється в лабораторних умовах із застосуванням типових математичних моделей та спеціалізованого програмного забезпечення. Тепловізійна діагностика забезпечує кількісні дані для оцінки впливу на довкілля, зокрема для розрахунку скорочення викидів CO₂ після модернізації. Ці заходи не лише підвищують енергоефективність, а й зменшують екологічне навантаження, сприяючи досягненню цілей декарбонізації та адаптації до змін клімату (Табл. 1).

Таблиця 1 - Заходи термомодернізації як інструмент скорочення викидів та енергоспоживання

Заходи термомодернізації	Орієнтовне скорочення енергоспоживання / викидів
Теплова ізоляція стін, даху, підвалу	30–50 % зменшення тепловтрат
Вікна з низьким коефіцієнтом теплопередачі	10–15 % економії електроенергії
Вентиляція з рекуперацією	20–40 % скорочення втрат
Теплові насоси / мережі 4-го покоління	50–70 % зменшення CO ₂
Сонячні колектори / фотоелектричні системи	5–10 % економії електроенергії
Системи «розумного» управління енергією	5–10 % оптимізації споживання

Енергетична безпека на рівні об'єктів нерухомості є багатовимірною категорією, що поєднує екологічні, економічні та технічні аспекти, тому її



забезпечення потребує системного підходу до оцінки та оптимізації енергоспоживання (Рис. 1).

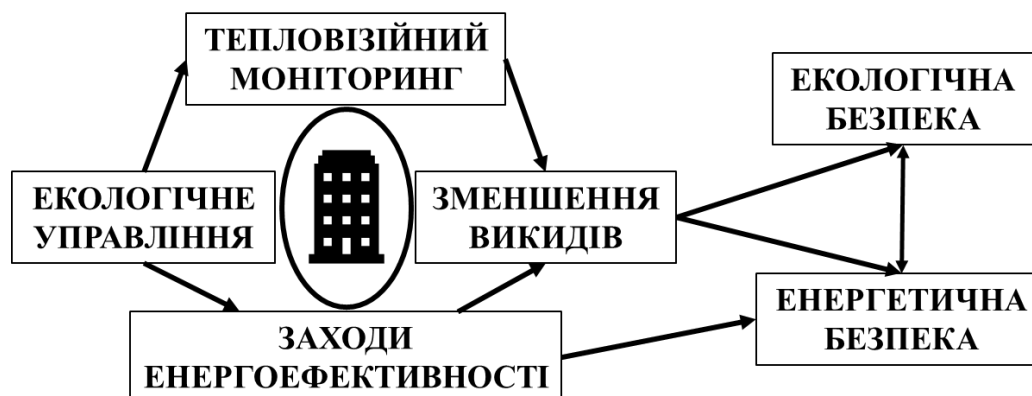


Рисунок 1 – Вплив тепловізійного моніторингу на енергетичну і екологічну безпеку

Тепловізійне обстеження підтвердило свою ефективність як інструмент екологічного моніторингу, дозволяючи виявити критичні зони тепловтрат та обґрунтувати необхідність термомодернізації. Розрахункові дані свідчать про суттєве зменшення енергетичних витрат і викидів CO₂ після впровадження енергоефективних заходів, що підтверджує їхню екологічну та економічну доцільність. Інтеграція міжнародних стандартів (ISO 14001, ISO 50001, EN 15978, RICS WLCA) та національних нормативів (ДБН В.2.6-31:2021) забезпечує методологічну узгодженість оцінки екологічної ефективності будівель.

За оцінками Української асоціації енергосервісних компаній, в Україні від 80 до 250 тисяч багатоквартирних будинків, серед яких 70-100 тисяч бюджетних установ. Для термомодернізації всіх бюджетних будівель до сучасних стандартів енергоефективності, за різними оцінками необхідно витратити від 8 до 13 млрд євро, а потреби житлового сектору оцінюються у 5-7 разів вище. Наразі середня вартість термомодернізації багатоквартирного будинку становить 20 млн грн. Комплексне впровадження енергоефективних заходів потребує спільних зусиль держави, органів місцевого самоврядування, громад і донорських організацій. Планується створення єдиної бази даних та запровадження системи енергетичного менеджменту в органах державної влади та органах місцевого



самоврядування для досягнення визначеного показника щорічного скорочення споживання енергії. Передбачається глобальний перехід до відновлюваних джерел енергії та впровадження дієвого механізму подолання енергетичної бідності на державному рівні.

У контексті зеленої відбудови України, енергетична безпека набуває чітко вираженого екологічного виміру. Будівлі є одним із найбільших джерел енергоспоживання та викидів парникових газів. Зокрема тільки житловий сектор України споживає понад 30–35% первинної енергії, генеруючи при цьому до 40% викидів CO₂. Таким чином, зменшення споживання електроенергії скорочує викиди CO₂ та забруднення атмосферного повітря, тобто енергоефективність безпосередньо впливає на кліматичні зміни. Екологічний менеджмент будівель націлений на зменшення вуглецевого сліду енергопостачання, а енергетична безпека передбачає зниження залежності від імпортованих енергоносіїв.

Висновки.

Енергетична безпека будівель повинна розглядатися як екологічно орієнтована стратегія, що поєднує зменшення споживання енергії з мінімізацією викидів парникових газів. Тепловізійне обстеження є ключовим інструментом екологічного моніторингу, який дозволяє кількісно оцінити ефективність термомодернізації та її вплив на довкілля. Комплексні заходи термомодернізації забезпечують істотне скорочення енергетичних витрат та викидів CO₂, що є критично важливим для кліматичної стабільності та енергетичної незалежності України. Інтеграція тепловізійного моніторингу та енергоефективних технологій у практику відбудови житлового фонду сприятиме формуванню стійкої, низьковуглецевої інфраструктури, відповідно до міжнародних екологічних стандартів.

Література:

1. Мацак Н.А. Правові та нормативні аспекти термомодернізації об'єктів нерухомості / Н.А. Мацак // Юридичний науковий електронний журнал. 2022. №7. С. 398–400. DOI: 10.32782/2524-0374/2022-7/96



2. Семененко О. Енергетична безпека як ключовий фактор економічної стійкості України під час війни / О. Семененко, В. Куравський, Ю. Клят, Р. Чернявський, І. Чернишова // Науковий вісник Мукачівського державного університету. Серія «Економіка». 2025. Том 12. №1. С 118–133. DOI: 10.52566/msu-econ1.2025.118

Literature:

1. Macak N.A. Legal and regulatory aspects of thermal modernization of real estate. Law and Safety Engineering Journal. 2022. Issue 7. P. 398–400. DOI: 10.32782/2524-0374/2022-7/96
2. Semenenko O., Kuravskiyi V., Kliat Y., Cherniavskiyi R., Chernyshova I. (2025). Energy security as a key factor in Ukrainian economic resilience in the time of war. Scientific Bulletin of Mukachevo State University. Series “Economics”. 12(1). P. 118-133. DOI: 10.52566/msu-econ1.2025.118

Abstract. *This article explores the ecological dimension of energy security in buildings, emphasizing the role of thermal imaging diagnostics and energy efficiency measures in reducing carbon emissions. It highlights how residential buildings in Ukraine contribute significantly to energy consumption and CO₂ output, and how targeted retrofitting can mitigate environmental impact. Thermal imaging is presented not only as a technical tool but as part of ISO 14001-aligned environmental management, enabling data-driven decisions for sustainable reconstruction. The methodology for assessing the environmental performance of buildings is based on ISO 14001, ISO 50001, EN 15978, DBN V.2.6-31:2021, and RICS WLCA standards, and thermographic monitoring is a mandatory element of environmental management, providing well-founded solutions for the energy safety and green recovery of Ukraine.*

Key words: *thermographic monitoring, energy efficiency, energy safety, environmental management.*

Article sent: 25.08.2025

© Kryvomaz T., Hamotskyi R., Tsyba A.