



УДК 338.45:620.9

ДЕТЕРМІНАНТИ ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ У ЖИТЛОВОМУ БУДІВНИЦТВІ

Марія Кіржецька

Національний університет «Львівська
політехніка», Львів, Україна
ORCID: 0000-0002-5695-7843

Юрій Кіржецький

Львівський державний університет
внутрішніх справ, Львів, Україна
ORCID: 0000-0002-8323-3605

Резюме. Досліджено тенденції розвитку наукових публікацій у сфері енергоефективності житлового будівництва, що є ключовим чинником відновлення України в умовах воєнних руйнувань та післявоєнної відбудови. Актуальність теми зумовлена високою енергоємністю економіки, що у 2–3 рази перевищує показники країн ЄС, а також зобов'язаннями України скоротити споживання енергії на 30% до 2030 р. Ключові напрями існуючих досліджень зосереджені на економічних перевагах та інвестиційних аспектах, бізнес-моделях і механізмах фінансування, а також на державній політиці та регуляторних інструментах у сфері енергоефективності житлового будівництва. Метою дослідження є візуалізація, визначення тенденцій та ключових напрямів наукових досліджень у галузі енергоефективності житлового будівництва шляхом проведення бібліометричного аналізу публікацій з бази даних Scopus за 2015–2025 рр. Науковою новизною є систематизація результатів кількісного аналізу, що охоплює економічні, технологічні, екологічні та управлінські аспекти розвитку енергоефективності житлового будівництва. У ході дослідження виявлено стабільне зростання кількості публікацій, з різким збільшенням у 2019–2020 рр., незначним спадом у 2022 р. та новим піком у 2024 р. Визначено чотири основні кластери досліджень: екологічний (сталий розвиток, циркулярна економіка, скорочення викидів), технологічний (інновації, оптимізація, будівельні практики), економіко-політичний (інвестиції, фінансові інструменти, державна політика), а також інноваційно-управлінський (AI, IoT, автоматизовані системи). Просторовий аналіз засвідчив лідерство Китаю та США, тоді як Україна демонструє потенціал до зростання. Хронологічний зріз показав еволюцію наукового дискурсу від економічних і екологічних акцентів (2015–2018) до технологічних та цифрових інновацій (2020–2025). Практичне значення дослідження полягає у виокремленні наукових орієнтирів для формування стратегій післявоєнної відбудови та забезпечення енергетичної незалежності України, зокрема через інтеграцію цифровізації, оптимізації та систем управління енергоспоживанням у житловому секторі.

Ключові слова: енергоефективність, житлове будівництво, сталий розвиток, бібліометричний аналіз, інновації, штучний інтелект, циркулярна економіка, післявоєнна відбудова.

Отримано 27.09.2025

UDC 338.45:620.9

DETERMINANTS OF ENERGY EFFICIENCY IN RESIDENTIAL BUILDINGS

Mariia Kirzhetska

Lviv Polytechnic National University,
Lviv, Ukraine

Yuriy Kirzhetsky

Lviv State University of Internal Affairs,
Lviv, Ukraine

Summary. The article examines the trends in the development of scientific publications on energy efficiency in residential construction, which is a key factor in Ukraine's recovery in the context of wartime destruction and post-war reconstruction. The relevance of the topic is determined by the high energy intensity of the economy, which exceeds EU indicators by 2–3 times, as well as Ukraine's commitments to reduce energy consumption by 30% by 2030. The main directions of existing research focus on economic benefits and investment aspects, business models and financing mechanisms, as well as state policy and regulatory instruments in the field of energy efficiency in residential construction. The aim of the study is to visualise, identify trends, and define the

key research directions in the field of energy efficiency in residential construction through a bibliometric analysis of publications from the Scopus database for 2015–2025. The scientific novelty lies in the systematisation of quantitative analysis results covering economic, technological, environmental, and managerial aspects of energy efficiency development. The study revealed a stable increase in the number of publications, with a sharp rise in 2019-2020, a slight decline in 2022, and a new peak in 2024. Four main research clusters were identified: environmental (sustainable development, circular economy, emission reduction), technological (innovation, optimisation, construction practices), economic and political (investments, financial instruments, state policy), and innovation and management (AI, IoT, automated systems). Spatial analysis confirmed the leading positions of China and the USA, while Ukraine shows significant potential for growth. Chronological analysis demonstrated the evolution of the scientific discourse from economic and environmental focuses (2015–2018) to technological and digital innovations (2020–2025). The practical significance of the study lies in identifying research benchmarks to guide post-war reconstruction strategies and ensure Ukraine's energy independence, in particular through the integration of digitalization, optimisation, and energy management systems in the residential sector.

Key words: energy efficiency, residential construction, sustainable development, bibliometric analysis, innovation, artificial intelligence, circular economy, post-war reconstruction.

Received 27.09.2025

Постановка проблеми. Енергетична ефективність у житловому будівництві є одним із ключових чинників забезпечення енергетичної безпеки України, особливо в умовах воєнних руйнувань, коли понад 10% житлового фонду країни зазнало пошкоджень [1]. Зростання енергоємності економіки, яка у 2–3 рази перевищує показники країн ЄС, створює серйозні бар'єри на шляху інтеграції до європейського енергетичного простору. Водночас Україна взяла на себе зобов'язання скоротити споживання енергії на 30% до 2030 року [2], що потребує системних рішень у сфері будівництва та реновації. Також є розуміння того, що в умовах післявоєнної відбудови, значна кількість житлових об'єктів потребуватимуть відновлення чи реконструкції, а енергоефективність стане не лише технічною, але й соціально-економічною проблемою. Саме тому визначення тенденцій і ключових напрямків наукових досліджень щодо забезпечення енергоефективності в житловому будівництві є важливим.

Аналіз останніх досліджень і публікацій. Все більше літературних джерел присвячено дослідженню стану та прогресу наукових публікацій у галузі моделей енергоефективності будівництва загалом та житлового зокрема. Аналіз цих праць дає підстави виокремити кілька ключових напрямів.

По-перше, дослідження *економічних переваг та інвестицій*. У наукових роботах наголошується, що заходи з підвищення енергоефективності будівництва, зокрема й житлового є фінансово доцільними як для приватних домогосподарств, так і для держави. Найчастіше акцент робиться на зниженні експлуатаційних витрат: утеплення будівель та оптимізація енергоспоживання, що дає змогу суттєво скоротити витрати на опалення, кондиціонування та електроенергію [3–4]. Окремо наголошується на підвищенні ринкової вартості нерухомості з низьким енергоспоживанням, яка користується зростаючим попитом і забезпечує власникам додаткові конкурентні переваги [5]. Водночас у літературі розглядаються й макроекономічні наслідки: створення нових робочих місць, стимулювання суміжних галузей та загальний позитивний вплив на економічну динаміку [6]. По-друге, виокремлюється напрям, пов'язаний із формуванням *бізнес-моделей та механізмів фінансування енергоефективності*. Серед них аналізуються інструменти зеленого кредитування, державні програми компенсацій та механізми державно-приватного партнерства [7]. Значна увага приділяється також поведінковим аспектам: досліджується, як власники житла сприймають упровадження заходів з енергоефективності та що впливає на готовність інвестувати [8]. Окремо розглянуто розвиток нових бізнес-моделей: енергосервісних компаній (ESCO), консалтингових та інжинірингових структур, що пропонують комплексні вирішення у сфері енергоефективності. По-третє, важливим

об'єктом дослідження є *державна політика та регуляторні механізми*. У працях відзначається, що саме нормативно-правове забезпечення значною мірою визначає масштаби впровадження інновацій у будівельному секторі. Йдеться про посилення будівельних норм і стандартів, запровадження енергетичної сертифікації будівель та розвиток систем моніторингу досягнення державних цілей зі зниження енергоспоживання [9]. Окрім того, широко проаналізовано політику стимулювання, що охоплює податкові пільги, субсидії та грантові програми, спрямовані на зменшення фінансового навантаження на домогосподарства та бізнес [10]. Узагальнюючи результати аналізу можемо зробити висновок: опублікованих робіт у цьому науковому напрямі є доволі багато, що зумовлює потребу їх подальшої систематизації та визначення нових дослідницьких орієнтирів, які відповідатимуть сучасним викликам у сфері енергоефективності житлового будівництва.

Метою статті є візуалізація, визначення тенденцій та ключових напрямків досліджень енергоефективності будівництва загалом та житлового будівництва зокрема шляхом проведення бібліометричного аналізу наукових публікацій з бази даних Scopus.

Постановка завдання. Провести кількісний аналіз наукових публікацій з енергоефективності будівництва з акцентом на житлове будівництво у період 2015–2025 рр. із використанням даних, отриманих у вересні 2025 року з бази даних Scopus.

Виклад основного матеріалу. Для досягнення поставленої мети здійснено кількісний бібліометричний аналіз наукових публікацій, присвячених тематиці енергоефективності у будівництві, з акцентом на житлове будівництво. Джерелом інформації слугувала міжнародна наукометрична база даних Scopus. Пошук проводився у вересні 2025 р за трьома ключовими запитами: «*energy efficiency*», «*energy efficiency of buildings*» та «*energy efficiency of residential buildings*». Предметом аналізу стали назви, анотації та ключові слова публікацій, опублікованих у період 2015–2025 рр. у галузях *економіки, економетрії та фінансів, бізнесу, менеджменту й обліку*.

Отримані результати (табл. 1) згруповано за частотністю використання ключових слів, а також із розподілом за країнами, які демонструють найвищу наукову активність у відповідному напрямі. Зокрема, окрему увагу приділено позиціям України у загальній структурі публікаційної активності, що дозволяє зробити висновки щодо рівня наукової зацікавленості темою вітчизняними дослідниками.

Таблиця 1. Результати аналізу публікацій за ключовими словами та географією

Ключові слова	Кількість публікацій	Топ 3+ Ukraine
Енергетична ефективність (energy efficiency)	227 894	Китай: 29% США: 12% Індія 8% Україна: 1.8%
Енергетична ефективність у будівництві (energy efficiency of buildings)	81 087	Китай: 25% США: 12% Велика Британія 9,5% Україна: 0,5%
Енергетична ефективність у житловому будівництві (energy efficiency of residential buildings)	16 100	Китай: 25% США: 134% Велика Британія 9% Україна: 1,6%

Джерело: систематизовано авторами за інформацією, отриманою з бази даних Scopus.

З даних рис. 1 бачимо, що кількість наукових публікацій із зазначеної тематики демонструє стабільне зростання, з особливо різким стрибком між 2019 і 2020 рр., незважаючи на незначний спад у 2022 р. У 2024 р. кількість публікацій досягла нового

Значну групу складають економічні терміни, зокрема економічне зростання («economic growth»), інвестиції («investments»), інновації («innovation»), зелені фінанси («green finance»), що підкреслюють важливість взаємозв'язку енергоефективності, зокрема житлового будівництва, з економічними показниками. Технологічні аспекти представлені поняттями енергетична ефективність («energy efficiency»), будівництво («building») та оптимізація («optimization»), що демонструють тісний зв'язок енергоощадних практик із технічними інноваціями. Екологічна проблематика відображена термінами циркулярна економіка («circular economy»), парникові гази («greenhouse gas»), вуглецевий слід («carbon footprint») та переробка («recycling»), що свідчить про зростаючу увагу до впливу житлового будівництва на довкілля.

Досліджуючи взаємозв'язки, які формують основні дослідницькі напрями у сфері енергоефективності житлового будівництва, бачимо формування чотирьох основних кластерів, які репрезентують провідні напрями досліджень за темою енергоефективності будівництва (рис. 3). Проведені дослідження, у яких провідним є ключове слово «energy efficiency», перетинається з проблематикою глобальних екологічних викликів. Цей аспект відображено у зеленому кластері, що репрезентує напрями сталого розвитку та екології. Така структура підкреслює екологічний вимір енергоефективності, зокрема й у житловому будівництві, що безпосередньо пов'язано із кліматичними змінами та використанням відновлюваних джерел енергії, що відповідає сучасним глобальним пріоритетам. Синій кластер репрезентує технологічні та інноваційні аспекти. Він відображає тенденцію інтеграції штучного інтелекту та автоматизації задля підвищення рівня енергоефективності загалом та у житловому будівництві зокрема. Жовтий кластер об'єднав економічні й політичні виміри енергоефективності: через дослідження енергетичної політики інвестицій, енергетичного ринку, інновацій, міського розвитку, що підтверджує, що одним із важливих напрямів досліджень є аналіз взаємозв'язків між енергоефективністю та економічними й регуляторними аспектами, зокрема інвестиційними та ринковими механізмами.

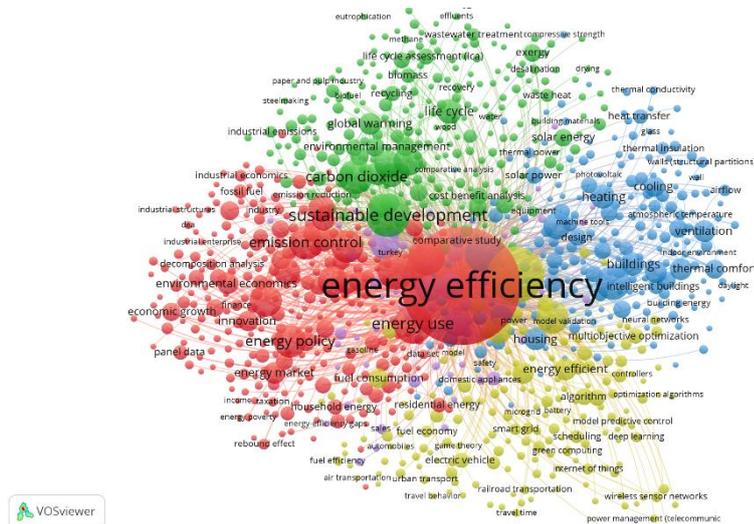


Рисунок 3. Мережева карта зв'язків між ключовими словами

Джерело: побудовано авторами за допомогою програми VOSviewer [11] за даними Scopus у 2015–2025 рр.

Варто зазначити, що просторовий розподіл досліджень у вигляді кластерної структури доповнюється їхнім аналізом у часовій динаміці. Результати

бібліометричного дослідження (рис. 4) свідчать, що у 2015–2018 рр. науковий дискурс був зосереджений переважно на економічних аспектах енергоефективності та питаннях переходу до екологічного будівництва. Інтенсивне зростання кількості публікацій простежується у 2018–2020 рр., коли увага дослідників змістилася на практичні рішення енергозбереження та впровадження технологій підвищення ефективності будівель. В останні роки (жовті ключові слова) домінують роботи, пов’язані з інтеграцією штучного інтелекту, Інтернету речей (IoT) та автоматизованих систем управління енергією, що демонструє формування нового інноваційного напрямку досліджень у сфері енергоефективності.

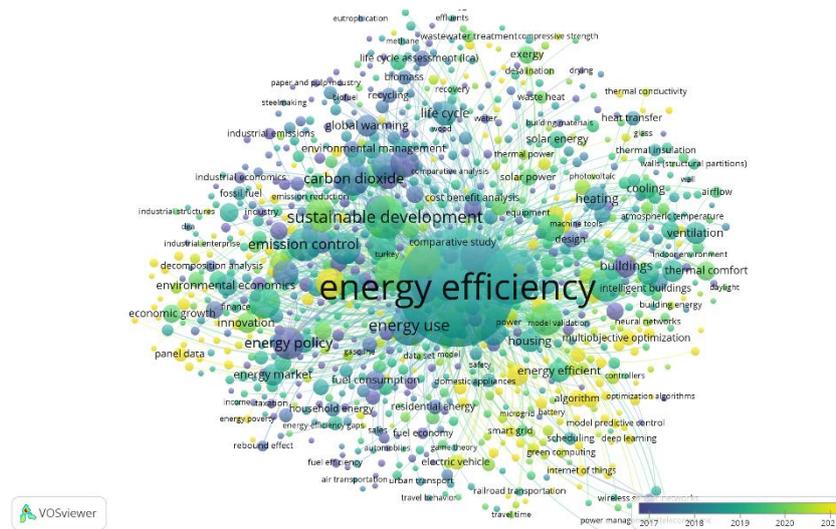


Рисунок 4. Хронологічна мережева карта ключових слів

Джерело: побудовано авторами за допомогою програми VOSviewer [11] за даними Scopus у 2015–2025 рр.

Висновки. Кількість публікацій з теми енергоефективності будівель постійно зростає, особливо після 2019 р., що свідчить про глобальну актуальність теми та підвищену увагу наукової спільноти. Лідерами за обсягом досліджень є Китай та США, тоді як Україна, хоча й має помітні позиції, все ще демонструє значний потенціал розвитку. Аналіз показує інтегрований характер досліджень, які охоплюють технічні, екологічні, економічні та управлінські аспекти, виділяючи три взаємопов’язані напрями: екологічний, техніко-технологічний та інноваційні технології і управлінські підходи, включно зі штучним інтелектом, оптимізацією та автоматизованими системами. Хронологічний аналіз демонструє поступовий перехід від економічних та екологічних тем (2015–2018) до інноваційно-технологічного фокусу в останні роки, пов’язаного з інтеграцією IoT, AI та автоматизованих систем. Висока насиченість наукового простору потребує систематизації та визначення ключових тенденцій, що можуть слугувати орієнтиром для майбутніх досліджень, зокрема у сфері цифровізації, оптимізації та управління енергоспоживанням у житловому секторі.

Conclusions. The number of publications on building energy efficiency has steadily increased, particularly since 2019, reflecting the global relevance of the topic and growing attention from the scientific community. Leading research outputs come from China and the USA, while Ukraine, despite notable contributions, still has significant potential for development. The analysis shows that research integrates technical, environmental, economic, and managerial aspects, highlighting three interconnected directions:

environmental issues; technical and technological building characteristics; and innovative technologies and management approaches, including artificial intelligence, optimisation, and automated systems. Chronological trends indicate a shift from economic and environmental topics (2015–2018) to an innovation-driven focus in recent years, linked to the integration of the Internet of Things (IoT), AI, and automated systems. The high density of research outputs calls for systematic organization and identification of key trends, offering guidance for future studies, particularly in areas such as digitalisation, optimisation, and energy management in the residential sector.

Список використаних джерел

1. Андрієнко Д., Горюнов Д., Грудова В. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на листопад 2024 року. URL: <https://kse.ua/about-the-school/news/damages-to-ukraine-s-infrastructure-due-to-the-war-have-risen-to-170-billion-kse-institute-estimate-as-of-november-2024/> (дата звернення: 27.09.2025).
2. Кабінет Міністрів України. Розпорядження № 587-р «Про схвалення Національного плану з енергетики та клімату на період до 2030 року». Київ. URL: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/587-2024-r#Text> (дата звернення: 27.09.2025).
3. Кіржецька М., Кіржецький Ю. Актуальні аспекти сталого бізнесу за ESG стандартами в Україні. *Вісник Національного університету «Львівська політехніка». Серія «Проблеми економіки та управління»*. 2022. № 6. С. 32–40.
4. Петренко С. В. Енергозберігаючі системи фасадів: аналіз і рекомендації: монографія. Київ: Видавництво «Будівельник», 2021. 120 с.
5. Міжнародне енергетичне агентство (МЕА). *Energy Efficiency 2020 – Analysis*. Париж: IEA, 2020. 172 с.
6. Schee J., Motherway B. *Economic Analysis of Residential and Small-Business Energy Efficiency Improvements*. Dublin: SEAI, 2020. 154 с.
7. Balsiūnaitė R., Bobinaitė V., Konstantinavičiūtė I., Lekavičius V. Assessment of Socio-Economic and Environmental Impacts of Energy Efficiency Improvements in Multi-Apartment Buildings: Case Study of Lithuania. *Sustainability*. 2025. Т. 17. № 3. С. 957. URL: <https://doi.org/10.3390/su17030957> (дата звернення: 27.09.2025).
8. Khafiso T., Adekunle S. A., Aigbavboa C. Assessment of energy-saving strategies mitigating high energy usage in residential buildings. *Property Management*. 2025. Т. 43. № 4. С. 540–561. URL: <https://doi.org/10.1108/PM-12-2024-0126> (дата звернення: 27.09.2025).
9. European Commission. *Energy efficiency targets*. 2021. URL: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets_en (дата звернення: 27.09.2025).
10. Фонд енергоефективності. Стратегія Фонду енергоефективності на 2020–2025 роки. Київ: Фонд енергоефективності, 2020. 102 с.
11. Van Eck N. J., Waltman L. VOSviewer (Version 1.6.20) [Комп'ютерна програма]. Центр наукових та технологічних досліджень, Лейденський університет, 2024. URL: <https://www.vosviewer.com/> (дата звернення: 27.09.2025).

References

1. Andriienko D., Horyunov D., Hrudova V. (2024) Zvit pro pryami zbytky infrastruktury vid rujnuvan vnaslidok vijskovoї agresii rosii proty Ukrainy` stanom na lystopad 2024 roku [Report on direct infrastructure damages from the destruction as a result of russia's military aggression against Ukraine as of November 2024]. Available at: <https://kse.ua/about-the-school/news/damages-to-ukraine-s-infrastructure-due-to-the-war-have-risen-to-170-billion-kse-institute-estimate-as-of-november-2024/> (accessed: 27 September 2025).
2. Kabinet Ministriv Ukrainy. (2024) Rozporyadzhennya No. 587-r “Pro skhvalennya Natsionalnoho planu z enerhetyky ta klimatu na period do 2030 roku” [Order No. 587-r “On the approval of the National Energy and Climate Plan for the period until 2030”]. Kyiv. Available at: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/587-2024-r#Text> (accessed: 27 September 2025).
3. Kirzhetska M., Kirzhetskyi Yu. (2022) Aktualni aspekty staloho biznesu za ESG standartamy v Ukraini [Current aspects of sustainable business according to ESG standards in Ukraine]. *Visnyk Natsionalnoho universytetu “Lvivska politekhnikha”*. Seriya “Problemy ekonomiky ta upravlinnya”, no. 6, pp. 32–40. (In Ukrainian).
4. Petrenko S. V. (2021). Enerhozberihayuchi systemy fasadiv: analiz i rekomendatsiyi. Monohrafiya [Energy-saving facade systems: analysis and recommendations. Monograph]. Kyiv, Budivelnyk. (In Ukrainian).

5. The International Energy Agency (IEA) (2020) *Energy Efficiency 2020 – Analysis*. Paris: IEA.
6. Schee J., Motherway B. (2020). *Economic Analysis of Residential and Small-Business Energy Efficiency Improvements*. Dublin: SEAI. 154 p.
7. Balsiūnaitė R., Bobinaitė V., Konstantinavičiūtė I., Lekavičius V. (2025) Assessment of Socio-Economic and Environmental Impacts of Energy Efficiency Improvements in Multi-Apartment Buildings: Case Study of Lithuania. *Sustainability*, vol. 17, no. 3, pp. 957. Available at: <https://doi.org/10.3390/su17030957> (accessed: 27 September 2025).
8. Khafiso T., Adekunle S. A., Aigbavboa C. (2025) Assessment of energy-saving strategies mitigating high energy usage in residential buildings. *Property Management*, vol. 43, no. 4, pp. 540–561. Available at: <https://doi.org/10.1108/PM-12-2024-0126> (accessed: 27 September 2025).
9. European Commission (2021) *Energy efficiency targets*. Available at: https://energy.ec.europa.eu/topics/energy-efficiency/energy-efficiency-targets_en (accessed: 27 September 2025).
10. Fond enerhoefektyvnosti (2020), *Stratehiya Fondu enerhoefektyvnosti na 2020–2025 roky* [Energy Efficiency Fund Strategy for 2020-2025]. Kyiv, Fond enerhoefektyvnosti. (in Ukrainian)
11. Van Eck N. J., Waltman L. (2024) *VOSviewer (Version 1.6.20)* [Computer software]. Tsentr naukovykh ta tekhnolohichnykh doslidzhen, Leidenskyi universytet. Available at: <https://www.vosviewer.com/> (accessed: 27 September 2025).