

РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента

докторки технічних наук, професорки, професорки кафедри технологій
захисту навколишнього середовища та охорони праці
Київського національного університету будівництва і архітектури
Волошкіної Олени Семенівни

на дисертаційну роботу **Гамоцького Романа Олеговича**
на тему «**Оцінка енергетичної безпеки багатоповерхових будівель
в зеленій відбудові України**»,
подану на здобуття наукового ступеня доктора філософії
в галузі знань 10 «Природничі науки»
за спеціальністю 101 «Екологія»

1. Актуальність теми дисертаційної роботи

Тема дисертації здобувача Гамоцького Р.О. є вкрай актуальною з огляду на докорінну трансформацію світових та європейських підходів до розвитку будівельного сектору, де ключовими орієнтирами стають стандарти nZEB, «зелене» будівництво, зниження енергоспоживання та викидів протягом усього життєвого циклу будівлі. Для України, яка одночасно перебуває у стані війни, проходить етап прискореної відбудови пошкодженого житлового фонду та інфраструктури й прагне інтегруватися до європейського ринку, питання енергетичної безпеки будівель набувають стратегічного характеру. Вони безпосередньо пов'язані з можливістю забезпечити комфорт та безпеку населення, стійкість критичної інфраструктури, зменшення залежності від імпорту енергоресурсів та досягнення цілей декарбонізації.

Дисертація зосереджена на розробленні й удосконаленні науково-методичних підходів до оцінювання енергетичної безпеки будівель, які інтегрують енергетичний аудит, оцінку вуглецевого сліду, цифрові інструменти моделювання (BIM, спеціалізоване програмне забезпечення для енергетичного аналізу), а також багатокритеріальні методи ухвалення рішень. Такий підхід дозволяє не лише визначати поточний стан будівлі, а й порівнювати альтернативні варіанти модернізації та реновації з погляду енергетичної стійкості, економічної доцільності, екологічного впливу й відповідності ESG-вимогам. Важливим є акцент автора на урахуванні воєнних і поствоєнних ризиків.

Очікуваний практичний результат полягає в можливості використання запропонованих підходів при формуванні екологічно орієнтованих програм енергоефективності, «зелених» стандартів відбудови та інструментів підтримки екологічних інвестицій.

2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

Наукові положення, висновки та рекомендації, сформульовані у дисертаційній роботі, є достатньо обґрунтованими, логічно послідовними та підтвердженими результатами теоретичних і експериментальних досліджень.

У дисертаційній роботі результати отримано на основі виконання значного обсягу аналізу вітчизняних і зарубіжних досліджень з енергоефективності житлового фонду, міжнародних програм післявоєнної модернізації (REPowerEU, європейські програми глибокої модернізації будівель), а також чинних нормативних документів України у сфері енергетичної ефективності та екологічної безпеки. Достовірність наукових висновків забезпечується використанням сучасних теоретичних і математичних методів визначення показників енергетичної безпеки, включно з розрахунками енергетичного балансу будівель, аналізом вуглецевого сліду та життєвого циклу конструкцій, оцінкою сталості енергопостачання та сценарним моделюванням децентралізованих енергетичних систем.

У роботі застосовано статистичну обробку багаторічних даних про споживання енергії у багатоквартирному житловому секторі, результати термографічного моніторингу будівель різних періодів забудови, а також результати чисельних розрахунків, виконаних у спеціалізованих програмних комплексах для енергетичного моделювання та аналізу теплових мостів. Комплексність методичного підходу доповнюється застосуванням PESTEL-аналізу й багатокритеріальних методів для кількісного оцінювання політичних, економічних, соціальних, технологічних, екологічних та правових факторів, що впливають на рівень енергетичної безпеки будівель.

3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- Вперше запропоновано інтерпретацію енергетичної безпеки багатоповерхових будівель як показника, що об'єднує енергоефективність, екологічний ефект та стійкість до тривалих і короткочасних відключень енергоресурсів у воєнних умовах.

- Уперше доведено, що підвищення енергетичної безпеки окремих будівель може слугувати інструментом зміцнення стійкості регіональних енергосистем і підвищення рівня енергетичної безпеки держави.

- Розвинено методологічні основи формування енергетичної безпеки на принципах стійкості за рахунок інтеграції технічних, організаційних та управлінських рішень, спрямованих на автономізацію будівель та диверсифікацію енергопостачання.

- Удосконалено управлінські підходи до вибору енергоефективних і екологічних рішень у період війни, коли ключову роль відіграє консолідація стейкхолдерів та прозора координація рішень.

- Подальшого розвитку набула концепція пріоритету «energy & eco first» у системі показників енергетичної безпеки багатоповерхових будівель при формуванні стратегій зеленої відбудови.

Теоретичне значення дисертаційного дослідження полягає у розробленні нового підходу до аналізу енергетичної безпеки багатоповерхових будівель як цілісного об'єкта у контексті зеленої відбудови України. У цьому підході поєднано технічні рішення модернізації будівель, заходи стабілізації енергетичного сектору в умовах воєнних дій та інноваційні управлінські механізми взаємодії стейкхолдерів і моніторингу енергетичної стійкості.

З практичного погляду у роботі сформовано комплексний алгоритм прикладної оцінки енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, що об'єднує енергоаудит, аналіз теплових потоків, тепловізійну діагностику, постмонтажний моніторинг споживання енергії та інтерпретацію результатів у контексті енергетичних ризиків. Розроблені рекомендації для зеленої відбудови спрямовані на підвищення енергоавтономності житлової забудови, оптимізацію інженерних систем і зниження загальної енергозалежності. Створено інструментарій підтримки рішень – структуру інтелектуального моніторингу, алгоритм прийняття рішень з урахуванням альтернативних енерготехнологій та модель організації енергоменеджменту, а також вперше системно запропоновано обов'язкове врахування екологічних критеріїв на основі LCA при оцінці енергетичної безпеки будівель. Отримані результати вже використовуються в освітньому процесі КНУБА та впроваджені в практику проєктних і будівельних організацій (ТОВ «АТЛАНТ БУД КОНСТРАКШН», ТОВ «ФІРМА «БУД- КОМПЛЕКТ») та органів місцевого самоврядування, що підтверджує їх прикладну важливість.

4. Загальнонаціональне та світове значення роботи

Загальнонаціональне значення дисертаційної роботи полягає у тому, що вона пропонує інструменти для одночасного підвищення енергоефективності житлового фонду та зменшення негативного впливу будівель на довкілля, що є ключовим для екологічної безпеки та якості життя населення України в умовах післявоєнного відновлення. Оцінка життєвого циклу будівель, зниження викидів CO₂ і забруднюючих речовин, розвиток міських систем моніторингу та «зелених» технологій роблять результати роботи важливим підґрунтям для реалізації національної кліматичної політики та цілей сталого розвитку.

Світове значення роботи полягає у внеску в глобальну дискусію про те, як забезпечити енергетичну безпеку без подальшого виснаження планети, поєднуючи декарбонізацію будівельного сектору з адаптацією до кліматичних змін. Запропоновані у дисертації підходи до оцінки енергетичної та екологічної ефективності житлових будівель можуть бути використані в інших країнах для розроблення стратегій низьковуглецевої урбанізації, скорочення шкідливих викидів та захисту екосистем у період частих кризових потрясінь.

5. Оцінка змісту дисертації, її завершеність та дотримання принципів академічної доброчесності.

Дисертаційна робота здобувача Гамоцького Ростислава Олександровича характеризується повнотою розкриття теми, узгодженістю мети, завдань, методів і отриманих результатів, що дає змогу розцінювати її як завершене наукове дослідження у галузі оцінки енергетичної безпеки будівель.

Перевірка рукопису в системі StrikePlagiarism засвідчила ступінь текстових співпадінь 9,64%, що відповідає прийнятим у вищій освіті критеріям оригінальності й не вказує на наявність академічного плагіату. Використані в дисертації теоретичні положення, розрахункові методики, програмні засоби та результати інших дослідників належним чином процитовані, а наведені автором власні дані не мають ознак фабрикації чи фальсифікації, що повністю узгоджується з вимогами щодо дотримання академічної доброчесності.

6. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації

Мова дисертаційної роботи в цілому відповідає нормам сучасної української літературної мови, стиль викладу науковий, послідовний і достатньо лаконічний. Дисертація має структуровано організований зміст: анотація, вступ, чотири змістовні розділи, підсумкові висновки, список використаних джерел та додатки; загальний обсяг рукопису – 221 сторінка, з яких 133 сторінки припадає на основний текст.

Ілюстративний апарат роботи налічує 24 рисунки та 14 таблиць, а список літератури охоплює 156 найменувань, що забезпечує належний рівень наочності та документального підтвердження результатів дослідження.

Наукові терміни, пов'язані з енергетичною безпекою, зеленою реконструкцією, життєвим циклом будівель та цифровим моделюванням, застосовано коректно, уніфіковано й у відповідності з профільними нормативними документами та фаховими стандартами оформлення дисертаційних робіт.

7. Аналіз основного змісту роботи

У *вступі* логічно обґрунтовано вибір теми та її актуальність для підвищення енергетичної та екологічної безпеки житлового фонду України в процесі зеленої післявоєнної відбудови. Визначено зв'язок дисертації з науковими проєктами, чітко подано мету й завдання, об'єкт, предмет, методи дослідження, а також коротко окреслено наукову новизну, практичне значення та апробацію результатів.

Перший розділ дисертації присвячено теоретико-аналітичному обґрунтуванню проблеми енергетичної безпеки багатоповерхових будівель у контексті зеленої післявоєнної відбудови. Розглянуто існуючі підходи до трактування понять «енергетична безпека будівлі», «енергоефективність», «декарбонізація» та «стійкість до кризових впливів», узагальнено європейські та міжнародні нормативні вимоги (nZEB, «зелена» реконструкція, стандарти

LCA/WLCA) і показано їх релевантність для українських умов. На цій основі сформульовано вихідні методологічні засади дисертаційного дослідження та окреслено місце багатопверхових житлових будівель у системі національної енергетичної безпеки.

Другий розділ присвячено обґрунтуванню комплексу інструментів, за допомогою яких здійснюється вимірювання, моделювання та екологічно орієнтована оцінка енергоспоживання будівель. Описано методику проведення енергетичних аудитів із формуванням енергетичних паспортів і присвоєнням класів енергоефективності, метод тепловізійної діагностики, підходи до автоматизованого обліку та дистанційного моніторингу енергоресурсів, а також використання дво- та тривимірних чисельних моделювань (TEMP 6, TEMPER 6.14, PHPP, Hottgenroth, Optima, ArchiPHYSIK, EcoDesigner STAR) для аналізу теплових полів, містків холоду й розрахунку показників життєвого циклу та вуглецевого сліду будівлі.

Третій розділ дисертації містить комплекс прикладних досліджень, що дають кількісну оцінку екологічних і енергетичних ефектів від впровадження заходів з підвищення енергоефективності багатопверхових будівель. На основі енергоаудиту та енергетичного паспорта досліджуваної будівлі сформовано базовий сценарій її стану, для якого за результатами тепловізійних зйомок і аналізу теплових потоків ідентифіковано основні джерела тепловтрат у фасадах, вузлах примикання та світлопрозорих конструкціях. Далі за допомогою 2D/3D-моделювання, розрахунків приведенного опору теплопередачі та оцінки параметрів мікроклімату побудовано енергетичні баланси «до» і «після» реновації, що дозволило визначити очікуване скорочення споживання тепла й електроенергії та підвищення енергетичної безпеки в кризових умовах. Завершальним етапом стали розрахунки життєвого циклу й вуглецевого сліду за методикою WLCA, які продемонстрували зменшення парникових викидів і екологічних ризиків у разі переходу від типової до енергоефективної будівлі із застосуванням «зелених» матеріалів та рішень.

Четвертий розділ дисертації присвячено розробленню та обґрунтуванню комплексної моделі управління енергетичною безпекою багатопверхових будівель, яка враховує екологічні загрози та довгострокові цілі декарбонізації. На основі результатів попередніх розділів автор формує систему критеріїв і показників (енергетичних, екологічних, експлуатаційних), що дозволяє порівнювати різні сценарії реновації та обирати ті рішення, які забезпечують максимальне скорочення енергоспоживання й викидів парникових газів за прийнятних економічних витрат. Особливу увагу приділено тому, що відсутність керованості на рівні будинку й житлового фонду в цілому посилює вразливість до воєнних та енергетичних криз, сприяє зростанню локального забруднення та підриву екологічної стійкості міст. Запропонована автором управлінська модель, що інтегрує інструменти енергетичного менеджменту, цифрового моніторингу, оцінки життєвого циклу й пріоритизації «зелених» інвестицій, розглядається як необхідна умова

реалізації принципів зеленого будівництва й сталого розвитку у процесі відбудови України.

Висновки до дисертації логічно впливають із змісту роботи, відображають новизну отриманих результатів і демонструють вирішення поставлених завдань у сфері оцінки енергетичної безпеки будівель.

Дисертаційна робота оформлена згідно з чинними вимогами до дисертаційних досліджень, затвердженими наказом МОН України від 12.01.2017 № 40.

8. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи

Основні результати дисертаційного дослідження відображені у 33 наукових працях автора, до яких належать 10 статей (8 надруковано у фахових виданнях України, 2 – у закордонних журналах), 2 розділи в колективних монографіях, 4 навчально-методичні видання та 17 публікацій у матеріалах конференцій різного рівня.

У співавторських роботах здобувач здійснив провідний внесок у формування проблематики дослідження, розроблення методики оцінки енергетичної безпеки (енергоаудит, термографія, моделювання, LCA/WLCA), побудову моделей теплових потоків і життєвих циклів будівель, аналіз енергетичних ризиків та участь у підготовці текстів і висновків.

Усі ключові положення дисертаційної роботи повністю репрезентовані в цих публікаціях.

9. Зауваження та побажання до дисертаційної роботи.

1. На нашу думку, у другому розділі слід було б приділити більше уваги сучасним відкритим базам даних щодо енергоспоживання та викидів будівель (у тому числі європейським), оскільки автор декларує можливість використання цифрових платформ і хмарних сховищ даних, але не дає їх короткої характеристики.

2. В другому розділі у формулі (2.2), стр.68 слід було врахувати прогнозу динамку підвищення температури зовнішнього повітря внаслідок глобальних температурних змін. В даному випадку параметр T_i збільшується на прогнозу величину Δt , що дозволяє більш коректно визначати показники енергоефективності будівлі на протязі життєвого циклу (20-25років).

3. У третьому розділі, де наведені багатокритеріальні моделі оцінювання та ранжування варіантів модернізації, бажано було б більш детально пояснити процедуру нормування показників та вибору вагових коефіцієнтів, оскільки наразі це подано досить стисло.

4. Не зовсім зрозуміло, на підставі яких кліматичних даних автор приймає для І кліматичної зони (м.Києва) температуру зовнішнього повітря - 22° С (стр.70).

5. На рис.3.2. стр.94 не зовсім зрозуміло, чи робилося інфрачервоне термографічне обстеження для покрівлі житлового будинку.

6. Чи є пропонований в роботі підхід управління енергозабезпеченням в багатоповерхових будівлях уніфікованим для всіх кліматичних зон України?

7. Як побажання на перспективу, у четвертому розділі було б корисно навести більш чіткий алгоритм впровадження запропонованих підходів у практику муніципального енергетичного менеджменту (послідовність кроків, необхідні дані, приклад регламенту).

Зазначені зауваження мають несуттєвий характер і не знижують загальної позитивної оцінки дисертаційної роботи та її наукової і практичної цінності.

Висновок про дисертаційну роботу

Враховуючи викладене, вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Гамоцького Романа Олеговича «Оцінка енергетичної безпеки багатоповерхових будівель у зеленій відбудові України» є вагомим внеском у розвиток екологічної науки та практики сталого будівництва. Автором обґрунтовано екологічно орієнтовану концепцію енергетичної безпеки будівель та наведено підходи, які безпосередньо сприяють реалізації принципів зеленої післявоєнної відбудови, декарбонізації та підвищення екологічної стійкості громад.

Дисертаційна робота відповідає вимогам до кваліфікаційних праць на здобуття ступеня доктора філософії, зокрема «Порядку присудження ступеня доктора філософії та скасування рішення разової спеціалізованої вченої ради закладу вищої освіти, наукової установи про присудження ступеня доктора філософії», затвердженого Постановою Кабінету Міністрів України від 12 січня 2022 р. № 44, а здобувач Гамоцький Роман Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 101 «Екологія».

Рецензент:

Докторка технічних наук, професорка
професорка кафедри технологій
захисту навколишнього середовища
та охорони праці
Київського національного
університету будівництва
і архітектури

Олена ВОЛОШКІНА

Підпис проф. О.С.Волошкиної засвідчую



Проректор з наукової та інноваційної роботи
Олександр Селавський