

## РЕЦЕНЗІЯ

офіційного рецензента  
докторки технічних наук, професорки, професорки кафедри технологій  
захисту навколишнього середовища та охорони праці  
Київського національного університету будівництва і архітектури  
**Кравченко Марини Василівни**

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**

Актуальність дисертаційного дослідження зумовлена тим, що будівельний сектор є одним з головних джерел споживання енергії та викидів парникових газів, а отже істотно впливає на стан довкілля, якість повітря та зміну клімату. Питання енергетичної безпеки будівель у сучасних умовах невіддільні від завдань скорочення викидів CO<sub>2</sub> протягом усього життєвого циклу об'єкта, зменшення споживання викопних енергоресурсів, розвитку відновлюваних джерел енергії та формування комфортного і здорового внутрішнього мікроклімату. У цьому контексті дисертація, орієнтована на системну оцінку енергетичної безпеки будівель із використанням концепцій nZEB, Life Cycle Assessment та Whole Life Carbon Assessment, безпосередньо спрямована на покращення екологічного стану міського середовища й виконання Україною міжнародних екологічних зобов'язань.

Запропоновані автором науково-методичні підходи дають змогу оцінювати не лише енергоспоживання, а й сукупний екологічний вплив будівлі, включаючи вуглецевий слід будівельних матеріалів, експлуатаційні викиди, вплив на локальну якість повітря та ресурсомісткість реноваційних заходів. Врахування екологічних критеріїв у поєднанні з енергетичними та економічними дозволяє знаходити збалансовані рішення, що одночасно підвищують енергетичну стійкість будівель та зменшують їх негативний вплив на довкілля. Це особливо важливо для повосної відбудови, де кожне інвестиційне рішення повинно сприяти не лише швидкому відновленню, але й переходу до більш «зелених», кліматично нейтральних міст.

Отримані результати можуть стати основою для розроблення стандартів, програм реновації будівельного фонду, а також для формування місцевих стратегій сталого енергетичного та просторового розвитку, що сприятимуть покращенню стану навколишнього середовища.

## 2. Ступінь обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій

У дисертаційній роботі наукові результати отримані на основі комплексного аналізу енергоспоживання багатопверхових будівель в Україні із залученням міжнародних та національних статистичних баз даних, звітів Міжнародного енергетичного агентства, Державного агентства з енергоефективності та енергозбереження України, а також матеріалів енергетичних аудитів реальних об'єктів житлової забудови. Достовірність результатів забезпечується використанням сучасних теоретичних і математичних методів моделювання енергетичного балансу будівель, включно з багаторівневими RC-моделями, термометричними та термографічними дослідженнями, а також застосуванням спеціалізованих пакетів для 2D/3D-моделювання теплових потоків у вузлових зонах огорожувальних конструкцій.

Обґрунтованість висновків підкріплюється поєднанням аналітичного, розрахункового та експериментального рівнів дослідження: від системного аналізу воєнних і техногенних загроз енергетичній безпеці житлового фонду до детального числового оцінювання втрат тепла, викидів CO<sub>2</sub> та показників енергетичної автономії будівель у різних сценаріях «зеленої» реконструкції. Методологічною основою роботи є сучасні підходи до життєвого циклу будівель (LCA) та енергетичного сертифікування, що відповідають вимогам чинних європейських та українських нормативних документів і концепції nZEB, а також інтеграція результатів з BIM-моделями та системами інтелектуального моніторингу (EMS, BEMS).

## 3. Наукова новизна отриманих результатів

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

*Вперше* розроблено концепцію забезпечення енергетичної безпеки багатопверхових будівель, яка на відміну від традиційних підходів, враховує не лише показники енергоефективності, а й стійкість будівель до аварійних та стабілізаційних відключень енергопостачання як невід'ємну складову енергетичної безпеки в умовах воєнних загроз.

*Вперше* обґрунтовано роль енергетичної безпеки окремих будівель як суттєвого елемента підвищення стійкості систем енергозабезпечення, що сприяє формуванню енергетичної безпеки держави в умовах енергетичного шантажу та кризових явищ за принципом сталого розвитку «діяти локально і мислити глобально».

*Удосконалено* науково-методичні підходи до забезпечення енергетичної безпеки багатопверхових будівель на засадах концепції стійкості, які передбачають інтеграцію технічних рішень щодо підвищення автономності будівель, диверсифікації джерел енергопостачання та зменшення залежності від централізованих енергетичних систем.

*Удосконалено* управлінські підходи до прийняття рішень щодо енергоефективності та екологічності будівель в умовах воєнних загроз, що

відрізняються від традиційних методів мирного часу згуртованістю стейкхолдерів та скоординованістю взаємодії.

*Набуло подальшого розвитку* дослідження принципу «насамперед, енергоефективність і екологічність» у системах оцінювання енергетичної безпеки багатоповерхових будівель під час планування відбудови. Визначення напрямків сучасних підходів до забезпечення енергетичної безпеки багатоповерхових будівель у час війни, що базуються на концепції стійкості.

Практичне значення одержаних результатів полягає в тому, що:

Розроблено та апробовано прикладний алгоритм комплексної оцінки енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, який включає розрахунок енергоефективності, визначення проблемних зон на основі теплообмінних процесів, тепловізійне обстеження та подальший моніторинг енергетичного балансу після впровадження заходів.

Сформовано практичні рекомендації та технічні рішення щодо підвищення енергетичної безпеки багатоповерхової забудови в умовах зеленої відбудови України, з урахуванням підвищення автономності та зниження енергозалежності.

Розроблено інструменти підтримки управлінських рішень, зокрема: схему моніторингу енерговитрат із використанням технологій штучного інтелекту; алгоритм прийняття енергоефективних рішень у процесі реконструкції та будівництва; підхід до впровадження енергоменеджменту будівель.

Запропоновано врахування екологічних критеріїв у системі оцінювання енергетичної безпеки будівель із застосуванням принципів аналізу життєвого циклу, що створює основу для прийняття екологічно обґрунтованих рішень під час реконструкції та нового будівництва.

Теоретичне значення дисертаційного дослідження створює новий формат вивчення енергетичної безпеки багатоповерхових будівель як комплексного об'єкта аналізу у процесі зеленої відбудови України. У межах цього формату формується інтегрований підхід, що поєднує зеленоорієнтовані технічні заходи модернізації будівель, стабілізаційні заходи розвитку енергетичного сектору в умовах воєнних дій, а також нові управлінські підходи до взаємодії стейкхолдерів та моніторингу енергетичної стійкості.

Запропонований дисертантом підхід вперше забезпечує одночасне відстеження екологічності багатоповерхових будівель, оцінку їхнього впливу на навколишнє середовище та рівень їхньої відповідності цілям сталого розвитку в умовах відбудови України.

Практичне значення результатів дисертаційного дослідження полягає у можливості їх використання під час планування відбудови та модернізації багатоповерхових житлових будівель у умовах воєнних загроз і підвищених ризиків для енергетичної безпеки; в практичній екологічній та енергетичній діяльності.

Практична значущість роботи підтверджується впровадженням результатів дослідження у навчальній роботі КНУБА та діяльності підприємств ТОВ «АТЛАНТ БУД КОНСТРАКШН» для використання у

проектній, архітектурній, будівельній діяльності, ТОВ «ФІРМА «БУД-КОМПЛЕКТ»» та Андрушківській сільській громаді для роботи як науково методична основа прийняття управлінських рішень щодо зеленої відбудови чи проектування багатоповерхової забудови.

#### **4. Загальнонаціональне та світове значення роботи**

Загальнонаціональне значення дисертаційної роботи полягає у вирішенні ключового для України завдання підвищення енергетичної та екологічної безпеки багатоповерхових будівель в умовах тривалих воєнних, енергетичних і кліматичних криз. Розроблена методика оцінки енергетичної безпеки та система підтримки управлінських рішень створюють наукову основу для «зеленої» післявоєнної відбудови житлового фонду, зменшення енергоспоживання й викидів парникових газів, підвищення стійкості до блекаутів та зниження енергетичної бідності населення.

Світове значення роботи полягає у розвитку сучасних наукових підходів до оцінювання енергетичної безпеки будівель у добу постійно зростаючих глобальних ризиків – від кліматичної й енергетичної кризи до воєнних конфліктів та техногенних катастроф. Запропонована концепція інтегрального індексу енергетичної безпеки, поєднання оцінки цифрових двійників будівель, термографічної діагностики та багатокритеріальної оптимізації може бути адаптована для міст різних країн, що впроваджують зелену відбудову й прагнуть поєднати енергетичну автономію з глибокою декарбонізацією будівельного сектору.

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

Аналіз дисертаційної роботи здобувача Гамоцького Р. О. свідчить про відсутність ознак академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації; робота виконана на належному науковому рівні із дотриманням принципів академічної доброчесності. Викладені у дисертації наукові положення, результати досліджень, висновки та рекомендації отримані автором самостійно, що підтверджується логічною послідовністю викладення матеріалу, узгодженістю результатів між собою та їх відповідністю поставленим меті й завданням дослідження. Усі використані наукові положення, ідеї, методики та результати інших дослідників супроводжуються відповідними посиланнями на джерела, наведені у списку використаних джерел; запозичення термінології й стандартних методичних підходів оформлено коректно, згідно з вимогами академічної доброчесності.

Звіт подібності за результатами перевірки дисертації в системі StrikePlagiarism (9,64%) підтверджує відсутність академічного плагіату, фабрикації та фальсифікації, а також свідчить про високий рівень дотримання принципів академічної доброчесності.

## **6. Оцінка мови, стилю та оформлення дисертації**

Дисертаційна робота здобувача Гамоцького Р. О. написана грамотною українською мовою, характеризується чіткістю викладу та послідовною науковою аргументацією. Структура роботи логічно вибудована і включає вступ, чотири розділи, висновки, список використаних джерел та додатки; кожний розділ має внутрішню завершену композицію й логічно пов'язаний з іншими частинами дисертації. Використана в дисертації наукова термінологія у сфері енергоефективності, енергетичної безпеки та екології є загальноновизнаною, а ілюстративний матеріал (рисунок, таблиці, схеми) оформлено відповідно до чинних вимог до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

Загальний обсяг дисертації становить 221 сторінку. Робота містить 14 таблиць, 24 рисунки, перелік використаних джерел із 156 найменувань та 5 додатків, що відповідає чинним вимогам до дисертаційних робіт на здобуття наукового ступеня доктора філософії.

## **7. Аналіз основного змісту роботи**

У **вступі** дисертаційної роботи обґрунтовано актуальність дослідження, пов'язану з необхідністю підвищення енергетичної безпеки багатоповерхових будівель України в умовах воєнних, енергетичних та кліматичних криз. Показано зв'язок теми з науковими програмами, планами на національному рівні, сформульовано мету й завдання, визначено об'єкт, предмет і методи дослідження, розкрито наукову новизну та практичне значення одержаних результатів, наведено відомості про особистий внесок здобувача та апробацію основних положень дисертації.

У **першому розділі** дисертаційної роботи проаналізовано сучасний стан енергоспоживання та енергетичної ефективності житлового фонду України, з особливим акцентом на багатоповерхові будівлі, а також їхній внесок у загальнонаціональне енергоспоживання й викиди парникових газів. На основі даних міжнародних організацій і національної статистики охарактеризовано масштаби енергетичних втрат, зношеність будівельного фонду, вплив воєнних дій на енергетичну інфраструктуру та визначено ключові ризики для енергетичної й екологічної безпеки міст, що обґрунтовує необхідність розроблення інтегрованої методики оцінки енергетичної безпеки будівель.

У **другому розділі** дисертації систематизовано методи оцінювання енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, що поєднують енергетичний аудит, складання енергетичних паспортів, тепловізійні обстеження, автоматизований моніторинг енергоспоживання та комп'ютерне моделювання теплових потоків. Детально описано процедури енергоаудиту й визначення класу енергоефективності згідно з ДСТУ 9190:2022, принципи використання тепловізора Testo 881–2 для виявлення містків холоду, підходи до побудови систем енергетичного менеджменту на основі інтелектуальних лічильників та спеціалізованих програмних комплексів (EnergyPlan, RETScreen, EnergyPlus, ENSI EAB, ENSI Енергомонітор), а також застосування RC-моделей, THERM 6,

TEMPER 6.14 і методики Whole Life Carbon Assessment для розрахунку теплових потоків і вуглецевого сліду будівель.

У **третьому розділі** дисертаційної роботи зосереджено основні результати досліджень, виконаних на прикладі багатоповерхового житлового комплексу «Арт-квартал Співоче» в місті Києві. Розділ поєднує дані енергоаудиту, складання енергетичного паспорта та визначення класу енергоефективності будівлі з результатами тепловізійних обстежень, які дозволили виявити найбільш критичні зони тепловтрат та оцінити фактичний рівень енергетичної безпеки об'єкта. На основі 2D- і 3D-моделювання теплових потоків у програмах типу THERM 6 і TEMPER 6.14 проаналізовано роботу огорожувальних конструкцій, кутових вузлів і містків холоду, перевірено виконання вимог ДБН щодо теплозахисту та запобігання конденсації. Розроблено енергетичні баланси будівлі, враховано вплив інженерних систем і режимів експлуатації, а також проведено розрахунки життєвого циклу (LCA/WLCA), які показали, як запропоновані заходи зеленої реновації зменшують викиди CO<sub>2</sub> та підвищують екологічну й енергетичну безпеку будівлі в умовах воєнних та кліматичних ризиків.

У **четвертому розділі** дисертаційної роботи узагальнено результати досліджень і на їхній основі сформовано концепцію комплексного управління енергетичною безпекою багатоповерхових будівель, орієнтовану на мінімізацію екологічних ризиків і вуглецевого сліду протягом усього життєвого циклу. Показано, що фрагментарні заходи термомодернізації без системного підходу до управління енергоспоживанням, вибору матеріалів, роботи інженерних систем та поведінки споживачів не здатні належним чином зменшити вразливість будівель до енергетичних та екологічних загроз, особливо в умовах воєнних ризиків. Обґрунтовано доцільність впровадження інтегрованих систем енергетичного менеджменту, які поєднують енергоаудит, тепловізійну діагностику, автоматизований моніторинг, сценарне моделювання енергобалансів і оцінку життєвого циклу для підтримки управлінських рішень. Запропонований підхід відповідає принципам зеленого будівництва та сталого розвитку, оскільки забезпечує одночасне підвищення енергетичної безпеки, скорочення викидів CO<sub>2</sub> і покращення екологічної якості міського середовища.

У **висновках** дисертаційної роботи узагальнено й сформульовано основні наукові та практичні результати дослідження, які підтверджують досягнення поставленої мети та виконання визначених завдань.

Дисертаційна робота оформлена відповідно до вимог наказу МОН України від 12 січня 2017 р. № 40 «Про затвердження вимог до оформлення дисертації».

## **8. Оприлюднення результатів дисертаційної роботи**

Наукові результати дисертації висвітлені у 33 наукових працях здобувача, серед яких 10 статей (8 – у фахових виданнях України, 2 – у закордонних фахових виданнях), 2 статті у колективних монографіях, 4 навчально-методичні видання та 17 публікацій у матеріалах вітчизняних і міжнародних наукових конференцій.

Особистий внесок автора у співавторських публікаціях полягає у постановці наукової проблеми оцінки енергетичної безпеки багатоповерхових будівель, розробленні багаторівневої методики енергоаудиту й термографічних досліджень, побудові моделей теплових потоків і життєвого циклу будівель, обґрунтуванні підходів до управління енергетичними ризиками в умовах війни, аналізі літературних джерел, інтерпретації результатів і оформленні публікацій.

Наукові результати, викладені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені в опублікованих працях здобувача.

#### **9. Зауваження та побажання до дисертаційної роботи.**

1. У розділі, де розглядаються воєнні ризики для енергетичної безпеки будівель, варто було б привести конкретні приклади (кейси) пошкоджених об'єктів і показати, як запропонована методика могла б бути застосована для обґрунтування рішень щодо їх відновлення.

2. У висновках до третього розділу, де наведено інтегральну оцінку енергетичної та екологічної ефективності рішень, доцільно було б чіткіше пояснити, як саме інтерпретувати отримані числові значення з позицій практичного вибору варіанту модернізації.

3. В рекомендаціях добре було б розрахувати економічну доцільність кожного з варіантів запропонованих рішень по енергетичній безпеці багатоповерхових будівель.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними та не зменшують загальної наукової новизни і практичної значущості отриманих результатів і не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

#### **Висновок про дисертаційну роботу**

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Гамоцького Романа Олеговича на тему «Оцінка енергетичної безпеки багатоповерхових будівель у зеленій відбудові України» виконана на високому науково-методичному рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є завершеним науковим дослідженням. У роботі комплексно розв'язано важливе для екологічної та енергетичної безпеки завдання – обґрунтовано підходи до зниження енергоспоживання, викидів парникових газів та інших забруднювачів від багатоповерхового житлового фонду в умовах воєнних ризиків і зеленої відбудови, із застосуванням методів LCA/WLCA, термографії, моделювання вузлів огорожувальних конструкцій та багатокритеріального аналізу. Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в п.п. 6–9 «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.

Здобувач Гамоцький Роман Олегович заслуговує на присудження ступеня доктора філософії в галузі знань 10 «Природничі науки» за спеціальністю 101 «Екологія».

Рецензентка,  
професорка кафедри технологій  
захисту навколишнього середовища  
та охорони праці  
Київського національного  
університету будівництва  
і архітектури,  
д.т.н., професорка



Марина КРАВЧЕНКО

Підпис д.т.н., професорки  
Марини КРАВЧЕНКО

ЗАСВІДЧУЮ

Вчений секретар  
Київського національного  
університету будівництва  
і архітектури



Микола КЛИМЕНКО