

## ВІДГУК

офіційного опонента на дисертаційну роботу

Сердечного Павла Юрійовича

на тему «Покращення енергетичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням їх термічної неоднорідності»,

представлену на здобуття ступеня доктора філософії

з галузі знань 14 «Електрична інженерія»

за спеціальністю 144 «Теплоенергетика»

### **Актуальність теми дисертації.**

Актуальність теми дисертаційного дослідження зумовлена комплексом глобальних та національних чинників, що визначають стратегічний курс України на підвищення енергоефективності будівель у контексті сталого розвитку, декарбонізації та інтеграції до європейського енергетичного простору. В умовах зростання цін на енергоресурси, посилення вимог до зниження викидів парникових газів і переходу до будівель з майже нульовим споживанням енергії (nZEB), особливого значення набуває оптимізація теплозахисних властивостей огорожувальних конструкцій.

Одним із ключових факторів, що визначає ефективність теплової оболонки будівлі, є теплопровідні включення – локальні ділянки конструкцій, через які виникають непропорційно великі тепловтрати. Їх вплив на енергетичний баланс споруд залишається недостатньо врахованим у чинних національних методиках, які часто спираються на спрощені або застарілі підходи. При цьому міжнародна практика і численні дослідження доводять, що теплові містки у вузлах будівельних конструкцій можуть спричиняти додаткові втрати на рівні 20–40% від загальних тепловтрат, погіршуючи не лише рівень енергоефективності, а й показники мікроклімату, сприяючи утворенню зон конденсації та розвитку цвілі.

Врахування реального впливу термічної неоднорідності конструкцій стає критично важливим у світлі впровадження Директив ЄС (2010/31/ЄС, 2024/1275/ЄС) та національної політики, яка з 2030 року передбачає обов'язкове проектування нових будівель за стандартами nZEB. У цьому контексті особливо актуальною є розробка удосконалених методик чисельного моделювання теплових потоків у вузлах будівельних конструкцій із застосуванням сучасних програмних комплексів (THERM, EnergyPlus, DesignBuilder) та створення бази даних лінійних і точкових коефіцієнтів теплопередачі для типових та інноваційних вузлів.

Рецензоване дослідження, присвячене оцінці впливу теплопровідних включень на показники енергоспоживання будівель із застосуванням динамічного енергетичного моделювання, має вагомий науковий і практичний цінність. Отримані результати можуть слугувати підґрунтям для оновлення



наявної нормативної бази з метою підвищення точності розрахунку енергетичних сертифікатів, оптимізації проєктних рішень та впровадження конструкцій, що відповідають сучасним вимогам з енергоефективності та сталого будівництва. Таким чином, результати дисертаційного дослідження сприятимуть підвищенню якості проєктування та експлуатації будівель, зниженню енергетичних витрат і досягненню національних та міжнародних кліматичних цілей.

### **Оцінка обґрунтованості наукових результатів дисертації, їх достовірності та новизни.**

Наукова новизна результатів дисертаційного дослідження полягає в наступному:

- 1) Поглиблений аналіз теплового стану типових вузлів термічно неоднорідних огорожувальних конструкцій будівель різного призначення, виконаний з урахуванням чинних вимог законодавства до енергетичної ефективності та стандартів nZEB.
- 2) Розвинуто підходи використання динамічних 3D-моделей громадських та житлових будівель для детального моделювання енергопотреби на опалення та охолодження з урахуванням різного рівня теплового захисту та теплопровідних включень.
- 3) Вперше проведена оцінка впливу конструктивного виконання вузлів та теплопровідних включень на енергопотребу будівель на опалення та охолодження для кліматичних умов України, із застосуванням комплексу інструментів: числового моделювання у THERM та динамічного енергетичного моделювання у DesignBuilder/EnergyPlus.

Наукові результати, отримані в ході дисертаційного дослідження, повністю узгоджуються з поставленими завданнями та підтверджені їх апробацією на науково-технічних конференціях. Достовірність отриманих наукових результатів додатково засвідчує їх практичне впровадження у діяльність ГО «Асоціація енергетичних аудиторів України».

Отже, в дисертаційній роботі поставлене наукове завдання виконано повністю, здобувач повною мірою оволодів методологією наукової діяльності.

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

За своїм змістом дисертаційна робота здобувача Сердечного Павла Юрійовича повністю відповідає Стандарту вищої освіти зі спеціальності 144 «Теплоенергетика» та напрямкам досліджень відповідно до освітньо-наукової програми «Теплоенергетика».



Дисертаційна робота є завершеною науковою працею і свідчить про наявність особистого внеску здобувача у науковий напрям підвищення рівня ефективності кінцевих споживачів енергії.

Розглянувши звіт подібності за результатами перевірки дисертаційної роботи на текстові співпадіння, можна зробити висновок, що дисертаційна робота Сердечного П. Ю. є результатом самостійних досліджень здобувача і не містить елементів фальсифікації, компіляції, фабрикації, плагіату та запозичень. Використані ідеї, результати і тексти інших авторів мають належні посилання на відповідне джерело. Тому дисертаційна робота Сердечного П. Ю. є оригінальною роботою та не порушує принципів академічної доброчесності.

### **Мова та стиль викладення результатів.**

Дисертаційна робота написана українською мовою.

Дослідження викладено структуровано та логічно, з чітким дотриманням послідовності викладу матеріалу. Ключові положення підкріплені належними обґрунтуваннями й аргументами, що базуються на сучасних наукових підходах. Виклад здійснено науковою мовою із використанням усталеної в галузі енергетики та енергоефективності термінології, що забезпечує точність і зрозумілість прийнятих формулювань. Дисертація має достатній обсяг, а її зміст і результати наочно підтверджені інформативними рисунками, таблицями та іншими ілюстративними матеріалами, які сприяють кращому сприйняттю та аналізу проведених досліджень.

Дисертація складається з вступу, 4 розділів, висновків, списку літератури та додатків. Загальний обсяг дисертації 178 сторінок.

У вступі обґрунтовано актуальність теми в контексті енергетичної безпеки, кліматичних цілей та вимог nZEB. Визначено мету, завдання, об'єкт і предмет дослідження, методи роботи, наукову новизну та практичне значення, а також наведено дані про апробацію та публікації.

У першому розділі представлено методологічні основи дослідження: виконано аналіз національних та міжнародних нормативів і стандартів з енергоефективності (ДБН, ДСТУ, директиви ЄС, ASHRAE), розглянуто методи визначення теплопередачі, зокрема впливу теплопровідних включень, та узагальнено сучасні українські й зарубіжні дослідження з цієї тематики.

У другому розділі охарактеризовано об'єкти моделювання — школу та багатоквартирний житловий будинок. Подано опис їх конструктивних особливостей, інженерних систем, стану теплової оболонки. Обґрунтовано вибір програмного забезпечення (THERM, DesignBuilder, EnergyPlus) і наведено їх математичні основи.

У третьому розділі проведено числове моделювання теплопровідних включень у вузлах будівельних конструкцій (стіни, перекриття, кути, балкони, вікна). Розроблено та змодельовано як базові, так і удосконалені конструктивні



рішення, оцінено вплив запропонованих удосконалень на зменшення  $\psi$ -коефіцієнтів.

У четвертому розділі виконано динамічне енергетичне моделювання будівель за різними сценаріями врахування теплопровідних включень. Порівняно річну енергопотребу на опалення та охолодження, визначено вплив покращених вузлів на енергоспоживання та тепловий комфорт.

У висновках підсумовано отримані результати дослідження, підтверджено значний вплив теплопровідних включень на енергопотребу будівель та доведено ефективність запропонованих удосконалень. Наведено практичні рекомендації з удосконалення наявних методик з проектування, сертифікації та термомодернізації споруд відповідно до стандартів nZEB.

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

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

Наукові результати дисертації висвітлені у семи наукових публікаціях здобувача, серед яких: п'ять статей у наукових виданнях, включених на дату опублікування до переліку наукових фахових видань України.

Також результати дисертації були апробовані на двох наукових фахових конференціях.

Публікації здобувача вирізняються високою науковою якістю та відповідністю сучасним вимогам академічної доброчесності, що підтверджується проходженням рецензування й перевірки на плагіат у фахових наукових виданнях. Автор зробив суттєвий внесок у підготовку кожної опублікованої роботи. Тематика та зміст публікацій повністю охоплюють усі ключові положення та здобутки дисертаційного дослідження, забезпечуючи їх комплексне висвітлення.

Таким чином, отримані наукові результати, наведені в дисертаційній роботі, повністю висвітлені у наукових публікаціях здобувача.

### **Недоліки та зауваження до дисертаційної роботи.**

Загалом робота складає позитивне враження, але варто відмітити декілька зауважень:

1. У першому розділі (стор. 27) було б доцільно додатково навести порівняння лінійних коефіцієнтів теплопровідних включень, які наведено в національному стандарті ДСТУ 9191:2022 та в міжнародному стандарті ANSI/ASHRAE/IES 90.1-2022.

2. У першому розділі (стор. 41) в числі «0.026» наявний одрук в розділовому знаці.



3. Обмеження дослідження лише двома типами будівель (школа та багатоквартирний будинок) дещо звужує універсальність висновків для інших об'єктів.

4. При розгляді вузлів лінійних теплопровідних включень до переліку найбільш типових теплопровідних включень, які характерні для будівель України, варто було б додати вузол кутового сполучення, примикання зовнішніх стін з цегли (ніздрюватого бетону) з вентильованим повітряним прошарком до плити міжповерхового (балконного) перекриття з огляду на більшу кількість і масивність кронштейнів фасадної системи з вентильованим повітряним прошарком у порівнянні з дюбелями, які використовуються для кріплення теплоізоляційного шару в фасадній системі з опорядженням штукатуркою.

5. У третьому розділі (стор. 67, таблиця 3.2 та стор. 123, таблиця 3.29), коефіцієнт теплопровідності екструдованого пінополістиролу (ЕППС) прийнятий, згідно даних таблиці А.1 ДСТУ 9191:2022, без урахування лінійних теплопровідних включень викликаних особливістю його розміщення в конструктиві наведеного вузла: дерев'яне покриття підлог (дуб, поперек волокон) по шару ЕППС. У такому випадку, шар дубового покриття повинен розміщуватись по шару клейового розчину та/або шару цементно-піщаного розчину (для паркетів), в іншому випадку - по дерев'яним лагам (для дощатого покриття підлоги) між якими і має розміщуватись шар ЕППС, але аж ніяк не прямо по шару екструдованого пінополістиролу. Тому прийняті у таблицях 3.2 та 3.29 відповідно значення коефіцієнта теплопровідності для шару ЕППС потребують уточнень, як і отримані результати моделювання, наведені у таблиці 3.3 (стор. 70) та таблиці 3.30 (стор. 126) відповідно.

6. У третьому розділі (стор. 96), не вистачає аргументованого обґрунтування чому значення лінійного коефіцієнту теплопередачі, для покращеного випадку, приблизно на 24% перевищує допустиме для рівня nZEB, яке наведене у першому розділі дисертації.

7. У дисертаційному дослідженні, у повній мірі не досліджено вплив найбільш поширених точкових теплопровідних включень різних конфігурацій на загальний коефіцієнт теплопередачі розглянутих типів огорожувальних конструкцій, що також могло вплинути на точність отриманих в дослідженні кінцевих результатів.

8. Додаткова верифікація отриманих результатів моделювання на основі експериментальних чи натурних вимірювань значно збільшила б прикладну достовірність наведених результатів, характерних та наближених до умов експлуатації об'єкту.

9. Не зрозумілим є проведення порівняння енергопотреби на опалення будівлями з різним функціональним призначенням, а саме будівлі навчального закладу та багатоквартирного будинку, оскільки графік роботи системи



опалення (охолодження), температурний режим та кратність повітрообміну в приміщеннях вищезгаданих будівель є різними. Крім того, при оцінці рівня енергопотреб на охолодження такими будівлями в літній період, липень та серпень місяці не можуть бути прийняті для порівняння, оскільки навчальні заклади в цей час не працюють. Доцільніше було б порівняти житловий багатоквартирний будинок із громадською будівлею адміністративного типу.

10. Викладення матеріалу загалом чітке та стилістично виважене, однак наявна певна кількість орфографічних, стилістичних та синтаксичних помилок, які суттєво не впливають на розуміння та сприйняття матеріалу.

Вважаю, що висловлені зауваження не є визначальними і не зменшують загальну наукову новизну та практичну значимість отриманих результатів та не впливають на позитивну оцінку дисертаційної роботи.

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

Вважаю, що дисертаційна робота здобувача ступеня доктора філософії Сердечного Павла Юрійовича на тему «Покращення енергетичних характеристик огорожувальних конструкцій будівель з урахуванням їх термічної неоднорідності» виконана на високому науковому рівні, не порушує принципів академічної доброчесності та є закінченим науковим дослідженням, сукупність теоретичних та практичних результатів якого розв'язує наукове завдання, що має вагоме значення для галузі знань 14 «Електрична інженерія». Дисертаційна робота за актуальністю, практичною цінністю та науковою новизною повністю відповідає вимогам чинного законодавства України, що передбачені в 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, а її автор, Сердечний Павло Юрійович, заслуговує на присудження йому ступеня доктора філософії в галузі знань 14 «Електрична інженерія» за спеціальністю 144 «Теплоенергетика».

### **Офіційний опонент:**

Завідувач кафедри інженерії енергосистем  
Національного університету біоресурсів і  
природокористування України,  
кандидат технічних наук, доцент

М.П.

« 21 » серпня

2025 року

