

# **ВІДГУК ОФІЦІЙНОГО ОПОНЕНТА**

на дисертаційну роботу

**Якусевича Сергія Григоровича,**

**«Геометричне моделювання ефективних конструкцій систем  
фасадного утеплення будинків»,**

представлену на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка виконану у Київському національному університеті будівництва та архітектури

## **1. Актуальність теми дослідження**

На сьогоднішній день, питання вітчизняного енергоресурсозбереження, як стратегічного розвитку країни, виходять на перший план. Саме тому на теперішній момент переглядаються державні норми та впроваджуються нові підвищені вимоги до покращення енергетичних показників будівель, особливо у розділах утеплення зовнішніх огороджувальних конструкцій.

Вказана проблематика на практиці вирішується за допомогою типових методик підбору товщини теплоізоляційного шару. У випадку складних конструктивних рішень необхідне моделювання температурних полів та аналізу характеру розподілу їх ізотерм.

Ввикористання чисельного моделювання, на основі якого отримуються дані щодо значень температур у деяких точках наперед визначеної сітки, ускладнюють точне визначення інших важливих фізичних показників таких, як тепловтрати у довільній точці поверхні огороджувальної конструкції або температура поверхні у будь-якій іншій (зокрема внутрішній) точці, що не належить до сітки базових вузлів чисельної моделі.

На фоні вище зазначеного, стає очевидним, що питання розробки

більш зручних і дієвих методик оптимізації конструктивних рішень огорожувальних конструкцій будівель на основі геометричного моделювання температурних полів є актуальним напрямом наукового дослідження.

Представлене на розгляд дисертаційне дослідження присвячено розробці геометрично інтерпретованого способу та алгоритмів побудови температурних полів енергоефективних огорожувальних конструкцій будівель та вдосконаленню на цій основі процесу проектування енергоефективних огорожувальних конструкцій загалом. Тому актуальність дисертаційного дослідження не викликає сумнівів.

Дана робота виконувалася відповідно до плану наукових досліджень Київського національного університету будівництва і архітектури згідно з тематикою науково-дослідної роботи кафедри архітектурних конструкцій за напрямом: «Розробка геометричних моделей складних об'єктів і процесів» за темою: «Організаційно-технологічне проектування будівельною діяльністю» (ДР № 0115U001646), де автором запропоновано методику ефективної термореконструкції будівель (Довідка про впровадження від 13.11.2020 р)..

## **2. Аналіз змісту дисертації, її завершеності й оформлення**

Дисертація складається зі вступу, чотирьох розділів, висновків, списку використаної літератури та відповідає нормам для технічного наукового дослідження.

*Вступ* присвячено обґрунтуванню актуальності теми дослідження та наукових завдань; наведено інформацію про зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами; визначено об'єкт та предмет дослідження; сформульовано мету й завдання дослідження; описано методи дослідження; розкрито наукову новизну, практичне значення

держаних результатів та визначено особистий внесок здобувача; наведено відомості про апробацію результатів роботи, публікації, структуру та обсяг роботи.

*У першому розділі* основна увага звертається на сучасний стан досліджень геометричного та чисельного моделювання фізичних процесів в огорожувальних конструкціях будівель. Обґрунтовано застосування підходів геометричного моделювання до проблеми дослідження. Автор демонструє ефективність застосування таких підходів до вирішення проблеми енергоефективності конструкцій будівель, аналізуючи існуючі методи та підходи, виокремлюючи проблемні питання. Наприкінці розділу сформульовано проблему дослідження, мету дослідження, об'єкт та предмет, визначені завдання, вирішення яких дозволить досягти мету, описано отриманий науковий результат.

*У другому розділі* автор пропонує свій підхід щодо застосування геометричного моделювання температурних полів конструктивних вузлів огорожувальних конструкцій будівель та споруд, який дозволяє вирішити поставлену проблему.

Автор застосовує інтегральні рівняння потенціалу та принципи побудови крайових та початкових умов моделювання температурного поля суцільних огорожувальних конструкцій.

У розділі описано концептуальні основи раціонального проектування теплоізоляційної оболонки будівлі, на основі яких запропоновано відповідна послідовність дій. Крім того розділ представляє алгоритм побудови неперервного температурного поля та принципів алгоритм пошуку та усунення містків холоду. Зазначені основи та алгоритми ґрунтуються на чітких математичних підходах та проілюстровано відповідними прикладами.

*У третьому розділі* автор описує практичні аспекти моделювання температурних полів конструкторських огорожувальних конструкцій будівель. Приклади представляють практичне застосування, запропонованих у розділі другому, теоретичних основ, що демонструють відтворення температурних полів вузлів суцільних огорожувальних конструкцій, визначення товщини теплової ізоляції огорожувальних конструкцій на основі геометричного моделювання температурних полів у їх товщі та алгоритм конструювання вузлів зовнішніх огорожувальних конструкцій при проектуванні теплової оболонки будівлі на основі аналізу містків холоду.

Практична реалізація здійснювалась із застосуванням програмного розрахункового комплексу Mathcad, що дозволило представити графічне відображення змодельованого температурного поля заданого конструктивного вузла огорожувальної конструкції.

*У четвертому розділі* автор описує програмну реалізацію та впровадження результатів досліджень. Розділ присвячено детальному опису автоматизації алгоритмів, описаний у розділі другому.

*У висновках* стисло сформульовані основні наукові і практичні результати дисертаційної роботи.

Усі положення, винесені на захист, висвітлені в дисертації.

Дисертаційна робота написана грамотною науковою мовою та оформлена відповідно до існуючих стандартів, текст і графічний матеріал виконані з використанням комп'ютерної техніки.

### **3. Новизна наукових положень роботи**

Основний науковий результат дисертації полягає у розробці геометрично інтерпретованого способу та алгоритмів побудови температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу.

Автором вперше розроблено та запропоновано до використання геометрично інтерпретований спосіб побудови температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу та розроблено комплекс алгоритмів побудови неперервного температурного поля суцільних огорожувальних конструкцій, визначення та усунення містків холоду;

Запропонований підхід до відтворення температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу доповнює удосконалює методологію визначення раціональних теплофізичних параметрів огорожувальних конструкцій на основі змодельованих температурних полів; а також є доповнюють інструментарій програмної реалізації розрахунків температурних полів у огорожувальних конструкціях;

Отримані результати розширюють концептуальні засади раціонального проектування енергоефективних огорожувальних конструкцій за рахунок використання інтерпретаційного способу побудови температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу.

#### **4. Оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій, сформульованих у дисертації, їх достовірності і**

##### **новизни**

Викладені в дисертаційній роботі положення та отримані автором теоретичні і практичні результати мають належний ступінь обґрунтованості, який було досягнуто за рахунок розробки та удосконалення геометричних моделей побудови температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу, що дозволяють здійснювати оптимізацію використання

утеплюючи матеріалів будівель, забезпечуючи при цьому енергоефективність та економічний підхід.

Достовірність теоретичних та практичних результатів роботи підтверджені актами впровадження:

– при розробці проектів термореконструкції теплових оболонки житлових будівель в ТОВ «ГРАДОБУД-К» (Акт від 17.08.2020 р. № 23/20);

– при викладанні спецкурсу «Енергоефективність будівель» на кафедрі архітектурних конструкцій КНУБА (Акт від 04.08.2020 р. № 015-61);

– при формуванні спецкурсу підготовки енергоаудиторів у науково-освітньому центрі з дослідження будівель з близьким до нульового енергоспоживанням (БНЕС-Центр) КНУБА (Акт від 06.09.2020 р. № 446-61).

Враховуючи зазначене вище, можна зробити висновок, що оцінка обґрунтованості наукових положень, висновків і рекомендацій дисертаційної роботи відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів».

## **5. Важливість результатів дисертаційної роботи для науки і практики.**

Отримані в дисертаційній роботі Якусевича С.Г. наукові результати є теоретичною базою вдосконалення та подальшого розвитку застосування запропонованих геометрично інтерпретаційного способу побудови температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу.

Способи побудови температурних полів огорожувальних конструкцій лежать в основі раціонального проектування енергоефективних огорожувальних конструкцій.

Результати також мають важливе практичне значення для подальшого розвитку основ архітектурно-будівельного проектування енергоефективних огорожувальних конструкцій за допомогою використання інтерпретаційного способу побудови суцільних температурних полів огорожувальних конструкцій на основі інтегральних рівнянь потенціалу.

## **6. Рекомендації щодо використання результатів дисертації**

Отримані в цьому дослідженні теоретичні та практичні результати можуть бути використані при розробці проектів нових і реконструкції існуючих будівель, розробці сучасних енергоефективних будівельних конструкцій та під час перевірки та аналізу експлуатаційних якостей огорожувальних конструкцій. Результати даного дослідження також можуть бути застосовані у навчальному процесі при підготовці фахівців із будівництва та цивільної інженерії.

## **7. Повнота викладення основних результатів дисертації**

Матеріали публікацій охоплюють значну частину питань, розглянутих в дисертаційній роботі. Основні результати, наведені в дисертації, в повній мірі висвітлені у 8 друкованих наукових працях, в т. ч. :

– у 3 фахових наукових статтях, опублікованих у виданнях, що входять до наукометричних баз та внесені до переліку фахових видань МОН України;

– у 1 міжнародному виданні – Scientific letter of Academes Society of Michail Baludyansky.

Результати досліджень пройшли апробацію та доповідались на міжнародних науково-практичних конференціях:

– у 2017 та 2020 на Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених "Build-Master-Class" (м. Київ, 2017, 2020 pp.);

– у 2017 та 2019 на VII та IX міжнародній науково-практичній конференції «Інтегровані енергоефективні технології в архітектурі та будівництві: «Енергоінтеграція» (м. Київ, 2017, 2019 р.).

## **8. Дискусійні положення та зауваження по змісту дисертаційної роботи**

1. З огляду на використані у дисертаційній роботі теоретичні положення та означення, зокрема у висновках до другого розділу, універсальний характер запропонованого інтерполяційного підходу до моделювання температурних полів на основі інтегральних рівнянь потенціалу, доцільним було б розширити область досліджень задачі моделювання температурних полів і в неоднорідних багатошарових конструкціях.

2. При визначенні траєкторії поширення містків холоду автором у другому розділі (стор. 53) було запропоновано застосувати класичний метод градієнтного спуску, що відноситься до методів теорії оптимізації. Як рекомендація було б доречно розглянути й інші методи пошуку найшвидшого спуску та надати порівняння їх переваг та недоліків.

3. У четвертому розділі представлено концептуальний опис алгоритму програмної реалізації процесів пошуку і перевірки містків холоду у досліджуваній конструкції, однак не надано відповідної блок-схеми та вказання особливості реалізації кожної з компонент зазначеного алгоритму. Тому доцільно було б дещо розширити даний підпункт.

4. У третьому розділі, який присвячено практичним аспектам моделювання температурних полів конструктивних вузлів огорожувальних конструкцій будівель, автор на тестових прикладах аналізує характер розповсюдження температурного поля в товщі прямолінійних та ламаних ділянок фасадів (варіанти тестових прикладів 1-4). Однак для розширення інструментальної бази, запропонованої



автором методики моделювання температурних полів, доцільно було б розглянути варіанти з криволінійним поверхнями огорожувальних конструкцій.

5. Було б цікавим розглянути задачу з моделювання тривимірних температурних полів за запропонованою методикою, що повинно розширити ще більше потенціал наукового дослідження.

6. Серед недоліків можна зазначити наявні у тексті дисертації деякі термінологічні неточності (наприклад «суцільне» чи «неперервне» температурне поле), одруки та невірні відмінювання слів, дублювання номеру літературного джерела.

Зазначені зауваження та недоліки дисертаційної роботи не впливають на сутність отриманих наукових результатів дослідження, а розглянуту дисертаційну роботу слід вважати закінченою науковою працею, яка містить важливі наукові і практичні результати.

## **9. Відповідність дисертації встановленим вимогам і загальні**

### **ВИСНОВКИ.**

В цілому дисертаційна робота, представлена на розгляд, є завершеним науковим дослідженням та відповідає встановленим стандартам та вимогам до кандидатської дисертаційної роботи

Назва і зміст дисертаційної роботи відповідають паспорту спеціальності 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка.

Запропоновані підходи та геометричні інтерпретації є важливим науковим внеском у розвиток геометричного моделювання фізичних явищ та процесів; мають практичне спрямування при проектуванні, будівництві та експлуатації зовнішніх огорожувальних конструкцій, що дозволяє суттєво підвищити енергоефективність конструкцій будівель, з урахуваннях економічної та екологічної складових.

Зміст автореферату відповідає змісту дисертації та повною мірою відображає її основні положення. Дисертація та автореферат написані хорошою науковою мовою, оформлені з урахуванням вимог щодо оформлення дисертаційних досліджень.

Враховуючи все вище наведене, дисертаційна робота на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук «Геометричне моделювання ефективних конструкцій систем фасадного утеплення будинків» відповідає вимогам «Порядку присудження наукових ступенів і присвоєння вченого звання старшого наукового співробітника», затвердженого постановою КМУ № 567 від 24.07.2013р., а здобувач Якусевич Сергій Григорович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.01.01 – прикладна геометрія, інженерна графіка.

Офіційний опонент  
доцент кафедри нарисної геометрії,  
інженерної та комп'ютерної графіки  
Національного технічного університету  
України «Київський політехнічний  
інститут» імені Ігоря Сікорського»,  
кандидат технічних наук

