

67-72-07/1
01.02.2021

1

ВІДГУК

офіційного опонента – доктора технічних наук, професора
ГАНЖІ Антона Миколайовича на дисертаційну роботу **ЛИМАРЕНКА
Олексія Миколайовича** «Тепломасообмін у вентиляованих шарах
огороджуючих конструкцій будинків і споруд», яка представлена на здобуття
наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 - «Технічна
тепloffізика та промислова теплоенергетика»

1. Актуальність обраної теми Дисертаційна робота є закінченою науковою
працею і присвячена теоретичному та експериментальному дослідженню процесів
тепломасообміну, що відбуваються в огороджувальних конструкціях будинків та
споруд, а саме: дослідженню процесів нагрівання елементів вентиляованих
каналів та визначенню втрат тепла в цих елементах; обґрунтуванню способу
теплового захисту огороджувальних конструкцій; розробці математичних моделей
процесу теплообміну та методики визначення основних технологічних параметрів;
розробці перспективних технологій теплового захисту будівель та енергетичного
обладнання; розробці комплексної методики теплового захисту та
енергозбереження для будинків і споруд.

Експериментально досліджені процеси теплообміну та вологопроникнення в
різних огороджуючих конструкціях, як в натурних об'єктах, так і на спеціально
створених лабораторних стендах. Розроблена експериментальна установка, яка
дозволила визначити закономірності теплопередачі у вертикальних вентиляованих
каналах, на основі яких отримані дані, що дозволяють здійснити оцінку
теплообмінних характеристик цих каналів, необхідних для технологічних
розрахунків. Створена комплексна математична модель тепловологісного режиму
будівлі, а також методика керування енергозабезпеченням будинків, що дає
можливість визначити основні енергетичні характеристики.

2. Основні наукові положення, висновки і рекомендації, що сформульовані у дисертації, ступінь їх обґрунтованості і достовірності

Наукові положення, висновки і рекомендації, які сформульовані в дисертаційній роботі Лимаренка О.М. є достатньо обґрунтованими із застосування інноваційних методів дослідження, базуються на математичному моделюванні з залученням сучасних прикладних програм, експериментальних лабораторних дослідженнях, узагальнені та аналізі результатів моделювання та отриманих експериментальних даних.

Наведені в роботі теоретичні положення є обґрунтованими, експериментальні дослідження виконанні коректно на достатньо високому науковому рівні.

Висновки, які сформульовані в дисертаційній роботі, містять нові наукові положення щодо особливостей використання та створення теплового захисту будівель та споруд. У висновках обґрунтована доцільність використання комплексного підходу до створення теплового захисту будівель і споруд, що дозволяє зменшити втрати тепла через їх огорожувальні конструкції в холодний період року, і зменшення надходження до них тепла в теплий період року.

3. Наукова новизна дисертаційної роботи.

Автором отримані наступні основні наукові результати:

– уперше експериментально досліджено процеси теплообміну у вентиляованих каналах з урахуванням конструктивних особливостей відкритих (вентилюваних) огорожувальних конструкцій (ВОК): довжини, ширини, товщини каналу і зовнішніх температур, теплових потоків, вологості, що дозволило визначити раціональні геометричні параметри каналів в залежності від наведених факторів;

– уперше експериментально досліджено вплив зовнішніх кліматичних факторів на теплову інерційність будинку при використанні вертикальних ВОК,

що дозволило отримати узагальнені рівняння для оцінки теплового балансу будинку та розробити методика регулювання системи енергопостачання;

– отримали подальший розвиток теоретичні й технологічні основи теплового захисту будівель і споруд, на основі яких установлені раціональні конструктивні параметри ВОК, а саме розміри, вплив вологи на інтенсивність теплообміну та теплові втрати через огорожувальні конструкції;

– удосконалені методи аналізу, розрахунку й інтенсифікації теплообміну у вентиляційних повітряних каналах, що дозволило розробити технологічні прийоми використання теплової енергії в системах теплового захисту будівель і споруд.

4. Практичне значення одержаних результатів.

Практичне значення роботи полягає в наступному:

– розроблена експериментальна методика аналізу енергообміну у ВОК;

– розроблена технологія теплового захисту будівель;

– використання результатів дисертаційних досліджень у промислових умовах ТОВ «Миргородтеплоенерго» та ПП МЕТАН (м. Миргород) дозволило скоротити витрати на тепловий захист будівель на суму 1106584 гривень на рік;

– результати досліджень упроваджені в підготовку фахівців за напрямом «Теплогазопостачання та вентиляція» ІФНТУНГ;

– комплекс лабораторного обладнання використовується для проведення наукових досліджень під час виконання держбюджетних НДР МОН України «Формування теплофізичних властивостей елементів конструкції теплового захисту енергетичного обладнання шляхом створення прогнозованих пористих структур для промисловості України» ДР № 0113U00857 та роботи № Д-13-17-П «Розробка нових методів оцінювання технічного стану металоконструкцій довготривалої експлуатації з використанням засобів фізичної мезомеханіки».

5. Повнота викладення наукових положень, висновків та рекомендацій в опублікованих працях.

Основні положення дисертації доповідалися і обговорювалися на розширених міжкафедральних семінарах на кафедрі відновлюваної енергетики, енергоефективних споруд та інженерних мереж Івано-Франківського національного технічного університету нафти і газу та на кафедрі теплотехніки та енергоефективних технологій Харківського національного технічного університету «Харківський політехнічний інститут».

Отримані наукові результати доповідались на міжнародних конференціях:

I - Konferencja Naukowo-techniczna «Aktualne zagadnienia energetyki, budownictwa i inżynierii środowiska» (27-29 01. 2016 r., Koszalin (Polska); II - Międzynarodowa Konferencja Naukowo-techniczna «Aktualne zagadnienia energetyki, budownictwa i inżynierii środowiska» (23-25 listopada 2017 r., Kielce); International Conference "Problem of energy saving and nature use" (2014, Budapest); Міжнародна наукова конференція «Використання теплових насосів для отримання тепла і холоду» (2014, Умань); International Conference «Actual tasks of Energy and Construction and Engineering» (2016, Oradea, Romania).

За темою дисертації опубліковано 6 наукових праць, у тому числі: 1 – у виданні, що входить до наукометричних баз даних (Scopus), 4 – у наукових фахових виданнях України, 1 – у закордонних виданнях.

6. Аналіз змісту дисертації

Дисертаційна робота складається із вступу, п'яти розділів, висновків, списку використаних джерел зі 126 найменувань. Загальний обсяг дисертації становить 161 сторінку, зокрема 136 сторінок основного тексту, 60 рисунків, 18 таблиць, 1 додаток.

У вступі автором обґрунтовано актуальність теми, сформульовано мету та задачі дослідження, визначено предмет і об'єкт дослідження, наведено положення, що визначають наукову новизну і практичне значення отриманих результатів, відзначено особистий внесок здобувача й апробацію результатів дисертації.

У першому розділі виконувався аналіз стану проблеми та науково-технічних робіт, що присвячені технологіям теплового захисту будівель та споруд. Розрахунковим методом проаналізовано ефективність відкритих (вентильованих) огорожуючих конструкцій (ВОК) та можливість їх використання для керування теплопостачанням в пасивних системах опалення.

Досить глибокий аналіз і розуміння процесів теплообміну, що відбуваються у ВОК дозволить скоротити втрати тепла через конструктивні елементи будинку в холодний період року, а також зменшити надходження тепла в теплий період. Для того, щоб виконати додаткові дослідження, які мають на меті зменшення витрат на формування відповідного мікроклімату в приміщеннях, проаналізовано існуючі методики розрахунку та проектування ВОК, а також фізичні та математичні моделі теплообміну, які використовуються у цих методиках.

На основі проведеного аналізу літературних джерел можна стверджувати, що класична методика оцінки теплообмінних процесів у ВОК базується на рівняннях теплового балансу повітря, які підходять для нескінченно малого їх об'єму. При використанні цього підходу неможливо врахувати розподіл променевого та конвективного потоків тепла, а також оцінити вплив втрат енергії. Для створення коректної математичної моделі необхідно дослідити експериментально процеси теплообміну повітря у вентильованих каналах та на цьому підґрунті створити уточнену математичну модель.

На основі аналізу стану проблеми та наукових розробок сформульовано напрямок та задачі подальших досліджень.

У другому розділі дисертаційної роботи описано математичне моделювання процесів теплообміну у ВОК в холодний період року для непрозорої вертикальної огороджувальної конструкції з відкритим каналом. Запропоновано математичну модель процесу теплообміну і руху повітря з урахуванням того, що температура внутрішньої та зовнішньої поверхні каналу змінюється у напрямку руху повітря та можна її розрахувати при розв'язанні системи рівнянь.

У третьому розділі досліджувалися процеси теплообміну у вентиляованих ВОК у теплий період року та розроблено відповідну математичну модель. В даному розділі розглянуто різні схеми ВОК та математичні моделі, що враховують відповідні конструктивні особливості (для ВОК з розміщеною всередині повітряного каналу сонцезахисною завіскою, а також для непрозорої ВОК). Запропоновані математичні моделі можна використовувати для розрахунків ВОК для випадків поєднання повітряного каналу, як з зовнішнім, так і з внутрішнім повітрям (у приміщенні).

У четвертому розділі представлені результати експериментальних досліджень, метою яких було порівняння одержаних даних з розрахунковими та формування рівнянь граничних умов для запропонованих математичних моделей. Експериментальні дані процесу теплообміну в непрозорих ВОК отримано в результаті реалізації дослідів на реальному об'єкті.

У п'ятому розділі дисертаційної роботи виконувалася оцінка впливу різних факторів на процес теплообміну у ВОК. Дана задача розглядалася на прикладі існуючої ВОК за допомогою розробленої математичної моделі теплообміну для холодної пори року. Із отриманих у попередньому розділі результатів випливає, що інтенсивність теплообміну у ВОК можна оцінювати по керуючих факторах: числу Re , зовнішній та внутрішній температурах. Якщо у реальних умовах зовнішня температура не може бути керованою і залежить від кліматичних умов, а внутрішня визначається умовами комфорту у приміщеннях, то число Re можна

змінювати шляхом керування швидкістю повітря у ВОК. Отримані експериментальні дані свідчать про те, що завдяки такому керуванню можна змінювати у бажаному напрямі розподіл температур в огорожувальній конструкції, а також її теплову інерційність. Це дозволить більш ефективно впроваджувати програмоване тепlopостачання у будинки.

На основі отриманих даних в п'ятому розділі розроблено рекомендації для зменшення надходження тепла через ВОК у теплий період року та втрат тепла у холодний період року. Всі ці напрацювання використані у новій методиці регулювання енергозабезпеченням будинку в залежності від зовнішніх умов.

Дана методика була перевірена шляхом порівняльного аналізу результатів розрахунків на основі математичної моделі з експериментальними результатами, виконаними для одного й того ж об'єкта. У досліджуваній будівлі був використаний метод регулювання часу роботи теплового вузла з метою зниження енергоспоживання для опалення. Також регулювалася швидкість руху повітря у ВОК (тобто числом Re).

Для додаткової економії теплової енергії запропоновано регулювання центрального опалення, де теплова потужність котла або теплового пункту буде залежати не тільки від зміни температури зовнішнього повітря, а – і від інтенсивності сонячного випромінювання.

Використання запропонованих у даній роботі науково обгрунтованих пропозицій суттєво підвищує теплову інерцію огорожуючих конструкцій, завдяки чому при вимкненні системи опалення будинок повільно охолоджується і потім нагрівається відносно швидко.

Мова та стиль написання дисертації відповідають вимогам до науково-технічних текстів та публікацій.

Текст автореферату повністю відображає зміст дисертації та сформульовані у ній положення.

7. Дискусійні положення та зауваження щодо дисертаційного дослідження

1. На мій погляд, у формулах (1.6) та (1.7) на стор. 32 присутні помилки. Показник степені (аргумент) при експоненті повинен бути зі знаком мінус, це також впливає з фізичного смислу процесу зміни температури повітря в каналі.

2. На мою думку розв'язання (1.10)–(1.15) – це теж саме розв'язання (1.7), записане у інших позначеннях.

3. Немає пояснень до формули (1.19) на стор. 37. Напевно, це є результат усереднення експонентної залежності температури по довжині каналу. Не наведено опис параметра Al .

4. На стор. 47 присутній текст "точність розрахунків зменшує припущення", який невідомо що означає та є некоректним.

5. На мою думку припущення до моделі (2.19), що температура поверхні не залежить від координати по довжині та що біля поверхонь плине рівно половина витрати повітря є не зовсім коректними.

6. На мою думку, результат табл. 2.2. на стор. 63–64, що відношення прирістів температур стінок до прирістів температур повітря біля цих стінок у каналі є постійним (не залежить від довжини) впливає з граничних умов третього роду та припущення одновимірності моделі теплообміну поперек стіни. Якщо б задача теплопровідності у самих стінах розв'язувалась у двовимірній або у трьохвимірній постановці (тобто тепловий потік був би не тільки поперек стіни) це б не виконувалось, а результати табл. 2.2 були б іншими.

7. Пункт 3.4. "Математична модель процесів тепломасообміну в огороджуючих конструкціях ВОК" необхідно було б розглянути у двовимірній або у трьохвимірній постановці, тобто нестационарний тепловий потік можна передбачити не тільки поперек стіни.

8. У висновках до розділу 3 присутня некоректна фраза "Розроблені моделі характеризують стаціонарний процес теплообміну для перехідних процесів нагрівання повітря".

9. У поясненнях до табл. 4.5 на стор. 104 і 105 не наведено як враховувалась погрішність самих вимірювань в експериментах.

10. Текст дисертації містить орфографічні, стилістичні помилки та описки, також помилки оформлення рисунків і пояснень до них та формул.

Наведені зауваження та дискусійні питання не зменшують наукову та практичну цінність дисертаційної роботи.

8. Висновок

На основі вивчення змісту дисертаційної роботи, автореферату та основних публікацій за темою досліджень вважаю, що дисертація є завершеною науковою працею автора, яка містить важливі теоретичні і практичні результати.

У роботі поставлена та розв'язана важлива науково-практична проблема підвищення теплової ефективності огорожувальних конструкцій будівель, що є вагомим внеском в розвинення енергоефективних технологій у сфері теплопостачання та опалення, кондиціонування повітря та є актуальною для всієї теплоенергетичної галузі.

Загальна оцінка дисертаційної роботи позитивна, вона виконана на високому науковому рівні та має вагоме практичне значення.

Вважаю, що дисертація задовольняє вимогам п. 9, 11, 12 та 13 «Порядку присудження наукових ступенів», затвердженого постановою Кабінету Міністрів України від 24 липня 2013 р. №567, які пред'являються до кандидатських дисертацій, а її автор – Лимаренко Олександр Миколайович заслуговує присудження йому наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 05.14.06 – Технічна теплофізика та промислова теплоенергетика.

Офіційний опонент,
завідувач кафедри теплотехніки
та енергоефективних технологій
Національного технічного університету
«Харківський політехнічний інститут»,
доктор технічних наук за спец. 05.14.06,
професор

