

ТЕХНІЧНИЙ СТАН, РЕКОНСТРУКЦІЯ ТА ВІДНОВЛЕННЯ БУДІВЕЛЬ І СПОРУД

ISSN 2218-1873

DOI: <https://doi.org/10.31713/budres.v0i49.26>

УДК 692: 699.86

КОЕФІЦІЄНТ ТЕПЛОВІДАЧІ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ ЗОВНІШНЬОЇ СТІНИ І ТЕРМОМЕТРИЧНИЙ МЕТОД

HEAT TRANSFER COEFFICIENT OF THE INTERNAL SURFACE OF THE EXTERNAL WALL AND THERMOMETRIC METHOD

Босецький М.В., аспірант, ORCID 0009-0005-2311-3862; **Боднар Ю.І.**, к.т.н., доцент, ORCID 0000-0002-7196-2157; (Львівський національний університет ветеринарної медицини та біотехнологій імені С.З. Гжицького, м. Дубляни)

Bosetskyi M., PhD student, ORCID 0009-0005-2311-3862; **Bodnar Yu.**, candidate of technical sciences, associate professor, ORCID 0000-0002-7196-2157, (Stepan Gzhytskyi National University of Veterinary Medicine and Biotechnologies Lviv, Dublyany)

Запропоновано методику визначення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни будівлі, яка враховує реальні умови. Методика апробована при натурному визначенні коефіцієнтів теплопередачі стін житлових будинків із використанням термометричного методу (ТНМ).

A method for determining the heat transfer coefficient of the inner surface of the outer wall is proposed. The method takes into account real conditions. The heat transfer coefficient is presented as the sum of the radiative and convective parts. The radiative part takes into account the surface emission coefficients, the temperature of the outer wall surface, and the average radiation temperature, which is taken equal to the weighted average temperature of the inner surfaces. The average surface temperature is proposed to be determined using infrared thermography. The convective component of the heat transfer coefficient is determined according to the values of certain dimensionless parameters. To assess the dominant mechanism of air movement near the surface, the speed of movement is measured with hot-wire anemometer. A formula is obtained to determine the transition point from the laminar flow regime to the turbulent one. A choice of equations is proposed to determine the local values of the Nusselt number, and accordingly, the convective component of the heat transfer coefficient. A ratio for the average values of the convective

component is obtained. Field studies were performed for real multi-stored residential buildings. The local and averaged values of the heat transfer coefficient of wall surfaces were obtained. This can be useful both for determining the average value of the wall U-value and for comparison with the results of local experimental measurements by other methods. Using the determined heat transfer coefficients and the thermometric method (THM), of the wall U-value were obtained. For conditions of low temperature in the room and a well-insulated wall, a significant decrease in the heat transfer coefficient of the wall surface, and accordingly, of the wall U-value, was obtained in comparison with the results obtained using the standard constant value of the heat transfer coefficient.

Ключові слова: коефіцієнт, теплопередача, конвекція, випромінювання, вимірювання, температура, стіна, будинок
coefficient, heat, convection, radiation, measurement, temperature, wall, building

Вступ. Вимірювання фактичного коефіцієнта теплопередачі стін будівель є критично важливим для точної оцінки реальних тепловтрат та прогнозування енергоспоживання. Це особливо актуально в умовах зростання вартості енергоресурсів та необхідності скорочення викидів CO₂.

Розбіжність між розрахунковими та фактичними значеннями коефіцієнта теплопередачі U у наявних будівлях істотно впливає на точність енергетичної сертифікації та економічну доцільність термомодернізації. Помилки у визначенні коефіцієнта теплопередачі можуть призводити до необґрунтованих інвестицій.

Крім економічного аспекту, коректне визначення коефіцієнта теплопередачі забезпечує нормативний рівень теплового комфорту та запобігає утворенню конденсату і плісняви в конструкціях стін. Це сприяє підвищенню довговічності будівельних матеріалів і покращенню мікроклімату приміщень.

Таким чином, визначення коефіцієнта теплопередачі стін є основою для забезпечення енергоефективності будівель, зниження енергоспоживання та досягнення цілей сталого розвитку у будівництві.

Аналіз останніх досліджень Одним із методів натурального визначення коефіцієнта теплопередачі (опору теплопередачі) огорожувальних конструкцій реальних будинків є термометричний метод (ТНМ) [1, 2]. Застосування методу ТНМ вимагає коефіцієнта тепловіддачі поверхні. Як свідчить аналіз наукових публікацій [3, 4] на даний час немає однозначної відповіді щодо величини цього коефіцієнта, яку слід застосовувати при використанні методу ТНМ. Норми [5, 6] пропонують постійні значення коефіцієнта тепловіддачі. Однак дослідниками висловлюються міркування, що використання стандартизованих сталих значень може призвести до неправильних оцінок теплового потоку, а відповідно і коефіцієнта

теплопередачі [3, 7]. Питання коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни вивчалось у працях [4, 7, 8]. Ряд дослідників наголошують на актуальності вивчення коефіцієнта у натурних умовах [4, 7].

Постановка мети і задач досліджень Метою роботи є запропонувати методику визначення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, яка базується на реальних умовах та апробувати її при визначенні коефіцієнтів теплопередачі стін реальних житлових будинків термометричним методом, дослідити вплив різних факторів на результати.

Методика досліджень При застосуванні термометричного методу необхідно знати коефіцієнт тепловіддачі внутрішньої поверхні стіни [1]. Представимо його у вигляді суми променевої (radiative) та конвекційної (convective) частин $h_{si} = h_{si,r} + h_{si,c}$. Променеву частину визначаємо згідно співвідношення, яке базується на законі Стефана-Больцмана [9]. Враховуючи приблизно однакові та близькі до одиниці коефіцієнти емісії поверхонь у приміщеннях житлових будинків будемо визначати променеву частину за формулою

$$h_{si,r} = \varepsilon_s^2 \sigma (T_s^2 + T_{sur}^2) (T_s + T_{sur}) \quad (1)$$

де ε_s – коефіцієнт емісії (випромінювання) внутрішньої поверхні зовнішньої стіни, T_s - абсолютна температура поверхні (К), T_{sur} – радіаційно-зважена температура навколишніх поверхонь (К), $\sigma = 5.670374419 \times 10^{-8}$ - константа Стефана - Больцмана.

Якщо усі поверхні в інтер'єрі мають близькі температури, немає сильного короткохвильового чи довгохвильового радіаційного впливу (наприклад яскравого сонця чи холодної зовнішньої поверхні), то можна прийняти середню радіаційну температуру рівною температурі повітря у приміщенні ($T_{sur}=T_i$) [10]. Оскільки в одній із серій експериментальних вимірювань є підозра на довгохвильовий радіаційний вплив холодних поверхонь, то середню радіаційну температуру будемо визначати з використанням інфрачервоної термометрії, як середньозважену температуру поверхонь: стеля, підлога, стіни, вікна

$$T_{sur} = \left(\sum_i F_{si} T_{si}^4 \right)^{1/4} \quad (2)$$

де T_{si} - середня температура відповідної поверхні (К), F_{si} - відношення площі цієї поверхні до сумарної площі внутрішніх поверхонь.

Для правильного вимірювання температури поверхні за допомогою інфрачервоної термографії необхідно кількісно визначити так звану відбиту температуру (T_{ref}) та коефіцієнт випромінювання (ε) поверхні. Відбиту температуру оцінювали з використанням відбивача з зім'ятої алюмінієвої фольги. Дифузний відбивач розміщували на вільній поверхні і його температуру вимірювали, встановивши в тепловізійній камері $\varepsilon = 1$ (рис. 1) . Далі визначали значення ε . Поступово знижуючи ε у тепловізійній камері

добивались рівності температури, вимірної контактним датчиком та інфрачервоною камерою. Це і буде ε поверхні. Використання тепловізора є зручним, оскільки можна виміряти температуру на поверхнях і знайти середньозважене по площі значення. При випробуваннях використовуємо тепловізор DALI LT3-P.



Рис. 1. Засоби та способи вимірювання при випробуваннях

Конвекційна складова коефіцієнта тепловіддачі визначається відповідно до значень безрозмірних комплексів (чисел Грасгофа, Нусельта та ін.). Оцінити домінуючий механізм руху повітря - природна, вимушена чи змішана конвекція можна на основі числа Архімеда, яке є відношенням числа Грасгофа і Рейнольдса ($Ar = Gr/Re^2$) і залежить від швидкості руху повітря біля стіни. При його значенні набагато більшому ніж одиниця домінує природна конвекція [9]. При дослідженнях вимірювання швидкості руху повітря здійснювалось термоанемометром Testo 405i (рис. 2).



Рис. 2. Вимірювання швидкості руху повітря термоанемометром

Оскільки температура повітря є більшою за температуру поверхні стіни то біля стіни повітря рухається зверху вниз і зверху буде мати місце ламінарний рух, а внизу - турбулентний. Перехід від ламінарного режиму потоку до турбулентного відбувається при умові $Ra_x = Ra_{crit} = 10^9$ [9]. Тоді відстань від стелі до точки переходу рівна

$$x_{crit} = \left(\frac{Ra_{crit} \nu \alpha}{g \beta |\Delta T|} \right)^{1/3} \quad (3)$$

де x - відстань від стелі (м); Ra_{crit} - критичне значення числа Релея, ν - кінематична в'язкість ($\text{м}^2/\text{с}$), α - температуропровідність повітря ($\text{м}^2/\text{с}$), g - прискорення вільного падіння ($\text{м}/\text{с}^2$), β - коефіцієнт теплового розширення (для повітря $\beta \approx 1/T$, T - температура повітряного середовища, $1/\text{К}$), ΔT - різниця температури навколишнього повітряного середовища та температури поверхні стіни (К). Тоді локальне значення коефіцієнта тепловіддачі конвекцією рівне

$$h_x = \frac{Nu_x \lambda}{x} \quad (4)$$

де λ - теплопровідність повітря ($\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$), Nu_x - локальне значення числа Нусельта.

Приймаємо [8]

$$\text{у ламінарній зоні } Nu_x = 0,508(Pr Ra_x)^{1/4} / (Pr + 0,952)^{1/4} \quad (5)$$

$$\text{у турбулентній - } Nu_x = 0,13 Ra_x^{1/3} \quad (6)$$

де Ra_x - локальне значення числа Релея, Pr - число Прандтля

$$Ra_x = g\beta|\Delta T|x^3 / (\nu\alpha), \quad Pr = \nu/\alpha \quad (7)$$

Середній коефіцієнт $h_{si,c}$ по висоті стіни H отримуємо на основі інтегрування по висоті локального коефіцієнта (4) з врахуванням прийнятих значень Nu_x . В результаті отримаємо

$$h_{si,c} = \frac{0,677\lambda}{H\alpha^{1/2}} \left(\frac{g\beta|\Delta T|}{0,952 + \nu/\alpha} \right)^{1/4} x_{cr}^{3/4} + \frac{0,13\lambda}{H} \left(\frac{g\beta|\Delta T|}{\nu\alpha} \right)^{1/3} (H - x_{cr})$$

Методика визначення опору теплопередачі термометричним методом та прилади, які при цьому застосовуються (рис.1) описані у нашій публікації [2].

Результати досліджень. Розглянемо застосування описаних методик при натурному визначенні коефіцієнта теплопередачі несучої зовнішньої стіни дев'ятиповерхового житлового будинку. Стіна із керамічної цегли облицьована ззовні силікатною цеглою. Товщина стіни 510 мм. Відстань від підлоги до стелі у приміщенні рівна 2,5 м.

Упродовж 15 годин максимальна температура повітря у приміщенні $20,7^\circ\text{C}$, мінімальна - $20,1^\circ\text{C}$, середня - $20,25^\circ\text{C}$. Максимальна температура поверхні стіни у приміщенні $16,81^\circ\text{C}$, мінімальна - $16,18^\circ\text{C}$, середня - $16,57^\circ\text{C}$. Температура зовнішнього повітря змінювалась за цей період часу в інтервалі мінус $3,89^\circ\text{C}$ - мінус $1,58^\circ\text{C}$. Мінімальна різниця між внутрішньою та зовнішньою температурою становила $22,18^\circ\text{C}$. Протягом 24 годин перед випробуваннями максимальна різниця між температурою зовнішнього повітря та температурою на початку випробувань становила 6°C (не більше ніж на 10°C). Опади в переддень та в день експериментів відсутні. Середня швидкість вітру $1,2 \text{ м}/\text{сек}$. Температури внутрішнього повітря, зовнішнього повітря та стіни реєструвались логерами з інтервалом 30 сек. Уже при розгляді інтервалу у 4 години задовольняється критерій збіжності (досягнення

квазістаціонарного стану): коефіцієнт теплопередачі обчислений за перші дві третини і за останні дві третини періоду вимірювання відрізняються на 4,7% (<5%), а різниця між коефіцієнтом визначеним за 4 години та за 15 годин складає - 3,4%.

Для визначення компонент коефіцієнта тепловіддачі використовуємо середні значення температур за період вимірювання: зовнішньої стіни 16,57 °C ($T_s = 289,72$ K), внутрішнього повітря 20.25 °C ($T_i = 293,40$ K) Визначена за допомогою інфрачервоної термографії відбита температура $T_{ref} = 18,2^\circ\text{C}$, коефіцієнт емісії стіни $\varepsilon_s = 0,91$. Середні температури внутрішніх поверхонь, їх площі та коефіцієнти F_{si} подані у табл. 1.

Таблиця !

Параметри поверхонь кімнати

№	Поверхні	Площа, м ²	F_{si}	T_{si} , °C
1	Внутрішні стіни	29.3	0.445	20.5
2	Зовнішня стіна	11.3	0.172	16.2
3	Стеля	10.55	0.160	20.3
4	Підлога	10.55	0.160	18.0
5	Вікно	2.7	0.041	17.4
6	Двері балконні	1.4	0.021	13.5
	Сума	65.8	1.000	

Тоді $T_{sur} = 292,25\text{K}$, а променева частина коефіцієнта тепловіддачі $h_{si,r} = 4,62\text{Вт}/(\text{м}^2\text{К})$. Зауважимо, що отримана температура майже рівна температурі внутрішнього повітря (різниця складає 1,15К) і в даному випадку можна прийняти $T_{sur} = T_i = 293,40$ K, що практично не змінює значення $h_{si,r}$. Це мабуть обумовлено невеликими площами холодних поверхонь.

Максимальна швидкість руху повітря біля внутрішньої поверхні зовнішньої стіни рівна 0,18 м/сек. Тоді число Архімеда рівне 9,5 і конвекцію можна вважати природною. Відстань від стелі до точки переходу від ламінарного режиму до турбулентного рівна $x_{crit} = 1,38$ м. Отже ламінарна зона займає 55% поверхні. На рис. 3 подано графік зміни коефіцієнта тепловіддачі конвекцією по висоті приміщення.

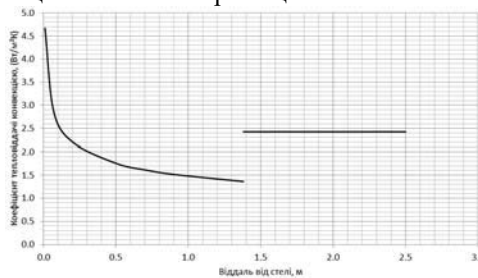


Рис. 3. Графік зміни коефіцієнта тепловіддачі конвекцією для стіни 1

Локальне значення коефіцієнта у місці вимірювання температури стіни (висота 1,6 м) дорівнює 1,52 Вт/(м²К). Усереднене по висоті значення коефіцієнта рівне 2,09 Вт/(м²К). Тоді середнє значення коефіцієнта тепловіддачі поверхні стіни дорівнює $h_{si} = h_{si,r} + h_{si,c} = 4,62 + 2,09 = 6,71$ Вт/(м²К).

Використовуючи процедуру прогресивного усереднення результатів вимірювання температур поверхні стіни і повітря всередині та ззовні отримуємо формулу для визначення коефіцієнта теплопередачі [2]

$$U = h_{si} \frac{\sum_{j=1}^n (T_{i,j} - T_{si,j})}{\sum_{j=1}^n (T_{i,j} - T_{o,j})}, \text{ де } n - \text{кількість вимірювань у період}$$

експерименту. У результаті обробки вимірювань впродовж 15 годин отримуємо коефіцієнт теплопередачі рівний 1,06. Це задовільно узгоджується із визначеним теоретично значенням рівним 1,19 (різниця 11%).

Розглянемо визначення коефіцієнта теплопередачі несучої зовнішньої стіни десятиповерхового житлового будинку із монолітним каркасом. Стіна із керамічної цегли, утеплена пінополістиролом товщиною 100 мм мокрим способом. Товщина стіни 380 мм. Відстань від підлоги до стелі рівна 2,7 м. Випробування здійснювались за методикою [2] у вечірній час із 18.00 до 24.00 11 січня 2026 року.

Впродовж 6 годин максимальна температура повітря у приміщенні 12,5°C, мінімальна - 12,0°C, середня - 12,11°C. Максимальна температура поверхні стіни у приміщенні 11,30°C, мінімальна - 11,01°C, середня - 11,09°C. Температура зовнішнього повітря змінювалась за цей період часу в інтервалі мінус 6,14°C - мінус 4,77°C. Мінімальна різниця між внутрішньою та зовнішньою температурою становила 16,77°C. Протягом 24 годин перед випробуваннями максимальна різниця між температурою зовнішнього повітря та температурою на початку випробувань становила 6,5°C (не більше ніж на 10°C). Опади в переддень та в день експериментів відсутні. Середня швидкість вітру 0,9 м/сек.

Температури внутрішнього повітря, зовнішнього повітря та стіни реєструвались аналогічно, як і в попередньому експерименті. Уже при розгляді інтервалу у 3 години задовольняється критерій збіжності (досягнення квазістаціонарного стану): коефіцієнти теплопередачі обчислені за перші дві третини та за останні дві третини періоду вимірювання відрізняються на 1,7% (<5%). Різниця між коефіцієнтом визначеним за 3 години та за 6 годин складає 0,1%.

Для визначення компонент коефіцієнта тепловіддачі використовуємо середні значення температур за період вимірювання: зовнішньої стіни 11,09°C ($T_s = 284,24$ К), внутрішнього повітря 12,11°C ($T_i = 285,26$ К). Приймаємо $T_{sur} = T_i = 285,26$ К, коефіцієнт емісії стіни $\varepsilon_s = 0,92$. Тоді променева частина коефіцієнта тепловіддачі $h_{si,r} = 4,43$ Вт/(м²К).

Швидкість руху повітря біля внутрішньої поверхні зовнішньої стіни менша 0,1 м/сек. Конвекцію можна вважати природною. Визначена за

наведеною вище методикою відстань від стелі до точки переходу від ламінарного режиму до турбулентного рівна $x_{crit} = 2,02\text{м}$. Отже ламінарна зона займає 75% поверхні. На рис. 4 подано графік зміни коефіцієнта тепловіддачі конвекцією по висоті приміщення. Локальне значення коефіцієнта у місці вимірювання температури стіни (висота 1,6 м) рівне $1.05\text{ Вт/м}^2\text{К}$. Усереднене по висоті значення коефіцієнта рівне $1.31\text{ Вт/м}^2\text{К}$. Тоді середнє значення коефіцієнта тепловіддачі поверхні стіни рівне $h_{si} = h_{si,r} + h_{si,c} = 4.43 + 1.31 = 5.74\text{ Вт/м}^2\text{К}$. Зауважимо, що ця величина є суттєво (на 34%) менша за значення приведені у нормах [6].

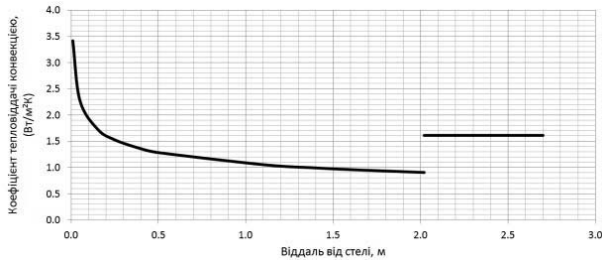


Рис. 4. Графік зміни коефіцієнта тепловіддачі конвекцією для стіни 2

У результаті обробки вимірювань впродовж 6 годин отримаємо коефіцієнт теплопередачі стіни рівний $0.33\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$. Це задовільно узгоджується із визначеним теоретично значенням рівним $0.32\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ (різниця 4%). Зауважимо, що при застосуванні нормативного значення тепловіддачі поверхні $8,7\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ [6] було б отримано коефіцієнт теплопередачі рівний $0,50\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$, що на 56% більший за теоретичне значення, а при $7,69\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ [5] - $0.44\text{ Вт/(м}^2\text{К)}$ (на 39% більший).

Висновки. 1. Запропоновано методику визначення коефіцієнта тепловіддачі внутрішньої поверхні зовнішньої стіни для термометричного методу натурального визначення коефіцієнта теплопередачі. Методика враховує реальні умови.

2. Згідно запропонованої методики отримуємо локальне та усереднене значення коефіцієнта тепловіддачі стіни, що може бути корисним, як для визначення середнього значення коефіцієнта теплопередачі через стіну так і для порівняння результатів локальних експериментальних вимірювань.

3. Апробація запропонованої методики для умов невисокої температури у приміщенні та добре теплоізольованої стіни свідчить про суттєве зменшення коефіцієнта тепловіддачі поверхні стіни, а відповідно і коефіцієнта теплопередачі зовнішньої стіни у порівнянні із результатами отриманими із застосуванням нормативного сталого значення коефіцієнта тепловіддачі. При нормальній температурі у приміщенні та погано теплоізольованій стіні різниця між отриманим і нормативним коефіцієнтом є меншою.

4. У розглянутих випадках біля внутрішньої поверхні зовнішньої стіни житлового будинку переважаючим є не турбулентний, а ламінарний режим потоку повітря, що узгоджується із результатами досліджень, які заперечують переважно турбулентний режим.

1. Bienvenido-Huertas, D., Rodríguez-Álvaro, R., Moyano, J., Rico, F., & Marín, D. (2018). Determining the U-Value of Façades Using the Thermometric Method: Potentials and Limitations. *Energies*, 11(2), 360. <https://doi.org/10.3390/en11020360>

2. Боднар Ю., Босецький М. Визначення коефіцієнта теплопередачі стіни багатопверхового житлового будинку термометричним методом. Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. (випуск 47), 2025, с.455-463. Рівне. <https://doi.org/10.31713/budres.v0i47.55>

Bodnar Yu., Bosetskyi M. Vyznachennia koefitsiienta teploperedachi stiny bahatopoverkhovoho zhytlovoho budynku termometrychnym metodom. Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy. Zbirnyk naukovykh prats. (vypusk 47), 2025, s.455-463. Rivne.

3. Teni, M., Krstić, H., & Kosiński, P. (2019). Review and Comparison of Current Experimental Approaches for In-situ Measurements of Building Walls Thermal Transmittance. *Energy and Buildings*, 109417. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2019.109417>

4. Michalak, P. (2021). Experimental and Theoretical Study on the Internal Convective and Radiative Heat Transfer Coefficients for a Vertical Wall in a Residential Building. *Energies*, 14, 5953. <https://doi.org/10.3390/en14185953>

5. Building Components and Building Elements –Thermal Resistance and Thermal Transmittance –Calculation Method (ISO 6946:2017; EN ISO 6946:2017).

6. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. К. 2022.

DSTU 9191:2022 Teploizoliatsiia budivel. Metod vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel.

7. L. Evangelisti, C. Guattari, P. Gori, R. de Lieto Vollaro, F. Asdrubali, (2016). Experimental investigation of the influence of convective and radiative heat transfers on thermal transmittance measurements, *Int. Commun. Heat Mass Transf.* 78 214–223 <https://doi.org/10.1016/j.icheatmasstransfer.2016.09.008> .

8. Abdul-Jabbar N Khalifa. (2001). Natural convective heat transfer coefficient – a review: I. Isolated vertical and horizontal surfaces. , 42(4), 491–504. [https://doi.org/10.1016/s0196-8904\(00\)00042-x](https://doi.org/10.1016/s0196-8904(00)00042-x)

9. Bergman T. L., Lavine A. S., Incropera F. P., DeWitt D. P. *Fundamentals of Heat and Mass Transfer*. 8th ed. Hoboken, NJ : John Wiley & Sons, 2017. 1072 p. ISBN 978-1-119-32256-8.

10. Walikewitz N., Jänicke B., Langner M., Meier F., Endlicher W. (2015). The difference between the mean radiant temperature and the air temperature within indoor environments: A case study during summer conditions // *Building and Environment*. Vol. 84. P. 151–161. <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2014.11.004> .

Відомості про статтю:		Article information	
Отримано	18.02.2026	Received	18.02.2026
Отримано у доопрацьованому вигляді	10.03.2026	Received in revised form	10.03.2026
Прийнято	15.04.2026	Accepted	15.04.2026
Опубліковано	31.05.2026	Published	31.05.2026

Політика відкритого доступу

Політика відкритого доступу збірника передбачає безкоштовний та безперешкодний доступ до наукових матеріалів. Усі дані доступні в цифровій або графічній формі в основному тексті статті.

Open access policy

The open access policy of the collection provides free and unhindered access to scientific materials. All data is available in digital or graphical form in the main text of the article.

Конфлікти інтересів

Автори заявляють, що у них немає конфлікту інтересів щодо поточного дослідження, включаючи фінансовий, особистий, авторський чи будь-який інший, який міг би вплинути на дослідження, а також на результати, наведені в цьому документі.

Conflicts of Interest

The authors declare that they have no conflict of interest regarding the current study, including financial, personal, authorial or any other that could be included in the study, as well as the results presented in this document.

Використання штучного інтелекту

Автори підтверджують, що при створенні поточної роботи вони не використовували технології штучного інтелекту.

Use of Artificial Intelligence

The authors confirm that they did not use artificial intelligence technologies in the creation of the current work.