

[https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11\(21\)-09](https://doi.org/10.36910/6775-2410-6208-2024-11(21)-09)

УДК 692.4:699.86

## ІМОВІРНІСНИЙ АНАЛІЗ РІВНЯ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ПОКРИТТІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ НА ТЕРИТОРІЇ УКРАЇНИ

### PROBABILITY ANALYSIS OF RESIDENTIAL BUILDINGS COATINGS THERMAL RELIABILITY LEVEL ON THE TERRITORY OF UKRAINE

**Карюк А.М., к.т.н., доцент (Національний університет «Полтавська політехніка імені Юрія Кондратюка»), Коба Б.Р., інженер (ТОВ «Укргазпроект»)**

**Kariuk A., Ph.D., Associate Professor (National University «Yuri Kondratyuk Poltava Polytechnic»), Koba B., Engineer (Limited liability company «Ukrigasprojekt»)**

*За авторською методикою отримані імовірні тривалості стану теплової відмови суміщених покриттів житлових будівель за критерієм перевищення допустимого температурного перепаду між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею огороження. У 25 регіонах України (за винятком Південного берега Криму з істотно вищими температурами повітря) імовірні тривалості теплових відмов досить систематично зростають з південного заходу на північний схід у межах від 153 до 221 хвилини/рік. Виявлені відмінності рівня теплової надійності покриттів у різних регіонах України спонукають до більш точного нормування мінімально необхідного опору теплопередачі.*

*The purpose of the work is to assess the level of thermal reliability of residential buildings combined with coatings in different regions of Ukraine and analyze territorial changes in thermal reliability indicators.*

*An indicator of combined coatings' thermal reliability is the probable duration of thermal failure condition according to the criterion of exceeding the permissible temperature difference between the indoor air and the inner surface of the enclosure. The indicator was determined according to the author's methodology for 26 regions of Ukraine (24 administrative regions, the Autonomous Republic of Crimea, and the Southern coast of Crimea) using regional statistical characteristics of atmospheric air temperature obtained in previous studies. Combined coatings, whose heat transfer resistance meets the requirements of thermal insulation current norms of buildings, Building Code B.2.6-31:2021 were analyzed. The probable duration of thermal failures in terms of the second temperature zone is somewhat shorter than under the first temperature zone. A schematic map constructed based on the results of calculations indicates that the probable durations of coatings thermal failures increase from the southwest to the northeast of Ukraine,*

*changing from 153 to 221 minutes/year. The duration of coating thermal failure on the territory of the Southern coast of Crimea is much shorter.*

*Identified differences in the thermal failure duration on the territory of different regions of Ukraine indicate the feasibility of adjusting the norms of buildings' thermal protection to regulate more accurately the minimum necessary coatings' heat transfer resistance.*

*Ключові слова: суміщені покриття, теплова надійність, імовірні тривалості теплових відмов*

*Keywords: combined coatings, thermal reliability, thermal failures probable durations*

**Вступ.** Важливим елементом теплового захисту житлових і цивільних будівель є суміщені покриття. Для них ДБН В.2.6-31:2021 "Теплова ізоляція будівель" встановлюють мінімально необхідні значення опору теплопередачі, майже удвічі вищі, ніж для стін. У попередніх роботах [1, 2, 3] показано, що досить достовірним показником теплової надійності огорожень є тривалість перевищення гранично допустимого значення температурного перепаду між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею огороження. Судження щодо якості регулювання рівня теплової надійності огорожувальних конструкцій у ДБН В.2.6-31:2021 [4] можна зробити за результатами аналізу мінливості цього показника по території України.

**Аналіз останніх досліджень.** У роботі [1] запропонована методика визначення імовірної тривалості стану теплової відмови за критерієм перевищення допустимого температурного перепаду між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею огороження. Ця методика також стисло викладена в статті [2], де вона використана для аналізу тривалості теплових відмов стін житлових будівель у різних областях України. У якості показника теплової надійності в роботах [1, 2] використовується річна (у хвиликах на рік) та відносна тривалість стану теплової відмови, яка визначається з урахуванням статистичних характеристик температури внутрішнього та зовнішнього атмосферного повітря, а також опору теплопередачі огороження.

Статистичні характеристики температури атмосферного повітря для 485 пунктів спостереження України наведені в монографії [3], де обґрунтована можливість подання температури у формі квазістаціонарного випадкового процесу або послідовності з 12-ти нормально розподілених випадкових величин для кожного з місяців року. Узагальнені дані для аналізу територіальної мінливості показників теплової надійності покриття наведені в [5], де встановлені статистичні характеристики температури

атмосферного повітря у кожному з місяців року для 24 областей України, АР Крим та Південного берега Криму. Ці дані використані в роботі [2] для аналізу територіальної мінливості показників теплової надійності стін житлових будівель і так само можуть бути використані для розрахунків теплової надійності інших огорожувальних конструкцій.

Експериментально-статистичні дослідження температурного режиму житлових будівель [6] показали, що стандарт температури внутрішнього повітря у житлових приміщеннях можна прийняти рівним  $0,6^{\circ}\text{C}$ .

У [1] наведено узагальнені характеристики опору теплопередачі типових огорожувальних конструкцій, які складаються з несучої частини та ефективної теплоізоляції. Показано, що математичне сподівання опору теплопередачі приблизно на 5% більше від обчисленого за [4, 7] розрахункового значення, а коефіцієнт варіації можна вважати близьким до  $0,06\dots 0,08$ . Результати експериментально-статистичних досліджень [8] показали, що коефіцієнт теплопровідності плит з мінеральної вати описується випадковою величиною з нормальним законом розподілу. При середній густині плит  $50 \text{ кг/м}^3$  коефіцієнт варіації цього розподілу дорівнює  $0,12$ , а при густині  $115 \text{ кг/м}^3$  –  $0,08$ .

Загалом виконаний огляд останніх досліджень показав, що дані робіт [5...8] можуть бути використані для аналізу імовірної тривалості теплових відмов суміщених покриттів у різних регіонах України за методикою [1, 2].

**Мета дослідження** полягає в тому, щоб оцінити імовірні тривалості теплових відмов суміщених покриттів житлових будинків у різних регіонах України та проаналізувати їх зміни по території держави.

**Вихідні дані та результати оцінювання показників теплової надійності покриття.** Показниками теплової надійності суміщених покриттів є річна (у хвиликах на рік) та відносна тривалість дії теплової відмови за критерієм перевищення допустимого значення температурного перепаду між температурами внутрішнього повітря та внутрішньої поверхні огороження (критерій комфортності). Ці показники обчислені за методикою [1, 2] з урахуванням описаних нижче вихідних даних.

Суміщені покриття житлових будівель складаються з несучої залізобетонної плити, утеплення з плит мінеральної вати та гідроізоляції. Розрахункові значення опору теплопередачі покриттів  $R_0$  встановлені за нормами [4]. Опір теплопередачі залізобетонної плити та гідроізоляції є незначним, тому коефіцієнт варіації опору теплопередачі покриття в цілому наближається до коефіцієнта варіації опору теплопередачі шару утеплення, який згідно з даними [8] можна прийняти рівним  $0,08$ . Математичне сподівання  $M_R$  та стандарт  $S_R$  опору теплопередачі покриттів визначаються за наближеними залежностями, встановленими в [1]. Отримані таким чином

характеристики опору теплопередачі покриттів для двох температурних зон України наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Характеристики опору теплопередачі покриттів,  $\text{м}^2 \times \text{К}/\text{Вт}$

Території України	$R_0$	$M_R$	$S_R$
перша температурна зона за [6]	7,0	7,35	0,44
друга температурна зона за [6]	6,0	6,30	0,38

Математичне сподівання температури повітря в приміщенні прийняте за нормами [4] рівним  $+20^\circ\text{C}$ . Статистичні характеристики температури зовнішнього повітря для обраного регіону прийняті за даними [5].

Результати визначення тривалості теплових відмов суміщених покриттів  $Q$  у кожному з 26 регіонів України наведені в таблиці 2.

Наведені в таблиці 2 відносні тривалості теплових відмов  $Q_{rel}$  можна наближено вважати імовірностями відмови протягом одного року. Вони пропорційні значенням  $Q$ , тому в подальшому аналізуються річні тривалості теплових відмов  $Q$ .

**Територіальна мінливість тривалості теплової відмови.** Візуалізація даних таблиці 2 здійснена на схематичній карті з рисунка 1, де для кожної області вказані імовірні тривалості стану теплової відмови покриттів (у хвилину на рік). На рисунку прослідковується досить систематичне зростання тривалості теплової відмови у напрямку з південного заходу на північний схід. Найменші тривалості теплової відмови реалізуються в Криму та особливо – на Південному березі Криму.

У таблиці 2 регіони України розділені на дві групи відповідно до температурних зон норм [4]. Для обох груп у таблиці наведені узагальнюючі дані у вигляді мінімальних, максимальних і середніх по температурній зоні значень імовірної тривалості стану теплової відмови. Середні та максимальні значення тривалості дії теплових відмов у другій температурній зоні отримані на 16% меншими, ніж у першій. Це вказує на доцільність певного коригування мінімально необхідного опору теплопередачі суміщених покриттів з метою вирівнювання показників теплової надійності по території України. Набагато меншою тривалістю теплової відмови виділяється Південний берег Криму з теплішим субтропічним кліматом, ніж в інших регіонах України.

Таблиця 2 – Імовірні тривалості теплових відмов покриттів

Регіони України	Річна тривалість відмови Q, хв/рік	Відносна тривалість відмови Q <sub>rel</sub>
Перша температурна зона R <sub>0</sub> = 7,0 м <sup>2</sup> ×К/Вт		
Вінницька	199	3,79E-04
Волинська	189	3,60E-04
Дніпропетровська	163	3,10E-04
Донецька	169	3,22E-04
Житомирська	203	3,86E-04
Івано-Франківська	193	3,67E-04
Київська	205	3,90E-04
Кіровоградська	163	3,10E-04
Луганська	195	3,71E-04
Львівська	169	3,22E-04
Полтавська	209	3,98E-04
Рівненська	193	3,67E-04
Сумська	221	4,20E-04
Тернопільська	194	3,69E-04
Харківська	216	4,11E-04
Хмельницька	197	3,75E-04
Черкаська	202	3,84E-04
Чернівецька	153	2,92E-04
Чернігівська	216	4,11E-04
Мінімум	153	2,92E-04
Максимум	221	4,20E-04
Середнє	192	3,66E-04
Друга температурна зона R <sub>0</sub> = 6,0 м <sup>2</sup> ×К/Вт		
Крим ПБ	106	2,01E-04
Закарпатська	175	3,33E-04
Запорізька	186	3,53E-04
Крим	152	2,89E-04
Миколаївська	178	3,38E-04
Одеська	170	3,23E-04
Херсонська	171	3,25E-04
Мінімум	106	2,01E-04
Максимум	186	3,53E-04
Середнє	162	3,09E-04

На рисунку 2 наведені гістограми розподілу тривалості теплових відмов покриттів на території регіонів, які відносяться до першої та другої температурних зон України згідно з нормами [4].



Рисунок 1 – Річні тривалості теплових відмов покриттів на території України

У першій температурній зоні спостерігається поділ областей на дві групи: тривалість дії теплових відмов у Дніпропетровській, Донецькій, Кіровоградській, Львівській та Чернівецькій областях не перевищує 169 хв/рік, а в усіх інших областях вона є не меншою за 189 хв/рік. Гістограма з рисунка 2 показує, що із загального розподілу тривалості теплових відмов у другій температурній зоні різко виділяється у бік пониження Південний берег Криму, для якого характерний тепліший субтропічний клімат.

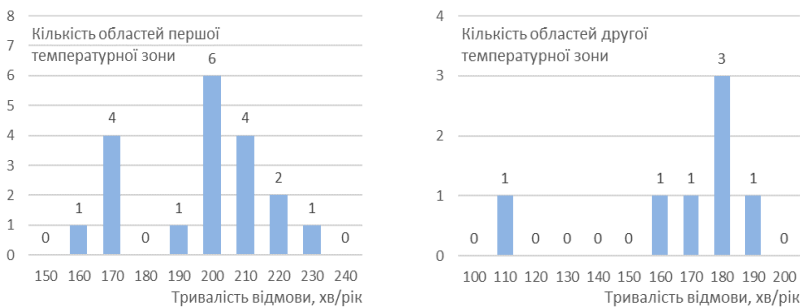


Рисунок 2 – Гістограми розподілу тривалості теплових відмов покриттів

Виявлені істотні відмінності в тривалості теплових відмов покриттів на території різних областей України спонукають до більш точного нормування мінімально необхідного опору теплопередачі покриттів. Доцільність такого кроку підтверджується тим, що Дніпропетровська, Донецька, Кіровоградська та Чернівецька області з меншими тривалостями теплових відмов географічно розміщені у південній частині першої температурної зони, а субтропічний клімат Південного берега Криму принципово відрізняється від клімату інших регіонів України.

### **Висновки**

1. У якості показника теплової надійності суміщених покриттів використано імовірну тривалість теплової відмови за критерієм перевищення допустимого температурного перепаду між внутрішнім повітрям і внутрішньою поверхнею огороження. Цей показник визначений для 26 регіонів України за авторською методикою з використанням отриманих у попередніх дослідженнях узагальнених статистичних характеристик температури атмосферного повітря.

2. Імовірні тривалості теплових відмов суміщених покриттів, опір теплопередачі яких відповідає вимогам ДБН В.2.6-31:2021, досить систематично зростають з південного заходу на північний схід України, змінюючись у межах 153...221 хвилин/рік. Значно меншою є тривалість теплової відмови покриттів на території Південного берега Криму.

3. Виявлені відмінності в тривалості теплових відмов покриттів на території різних областей України вказують на доцільність коригування норм теплового захисту будівель з метою більш точного нормування мінімально необхідного опору теплопередачі.

### **References**

- 1.Kariuk A., Pashynskiy V., Pashynskiy M., Mammadova F. (2022) Methods of Probabilistic Assessment of Building Enclosing Structures Thermal Reliability // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 181, pp. 179-189. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_18)
- 2.Kariuk A.M. (2023). Teplova nadiinist stin zhytlovykh budivel u rehionakh Ukrainy. Suchasni tekhnolohii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zbirnyk naukovykh prats, 19, 84-91
- 3.Temperaturni vplyvy na ohorodzhualni konstruktssii budivel (monohrafiia) / V.A. Pashynskiy, N.V. Pushkar, A.M. Kariuk / Odeska derzhavna akademiia budivnytstva ta arkhitektury. – Odesa, 2012. – 180 s.
- 4.DBN V.2.6-31:2021. Teplova izoliatsiia ta enerhoeffektyvnist budivel. – К.: Minrehion Ukrainy, 2022. – 23 s.ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.
- 5.Kariuk A.M. (2022). Raionuvannia kharakterystyk temperatury povitria dlia otsiniuvannia teplovoi nadiinosti ohorodzhualnykh konstruktssii. Suchasni

- tekhnologii ta metody rozrakhunkiv u budivnytstvi: zbirnyk naukovykh prats, 17, 53-60.
6. Pashynskiy V.A., Pashynskiy M.V., Nastoyashchiy V.A., Skrynnyk I.O. Statistical characteristics of wall temperature for assessing thermal reliability and energy efficiency of residential buildings. *Modern engineering and innovative technologies issue 26 part 2. April 2023. Pp. 19-25. URL: <https://doi.org/10.30890/2567-5273> (date of access: 26.01.2024).*
  7. DSTU 9191:2022. *Teploizolitsiia budivel. Metod vyboru teploizolitsiinoho materialu dlia utepлення budivel. - K., 2022. – 60 s.*
  8. Shulhin V. V., Kariuk A. M. *Imovirnisne podannia tekhnichnykh kharakterystyk teploizolitsiinykh materialiv. Zbirnyk naukovykh prats (haluzeve mashynobuduvannia, budivnytstvo). Poltava: PolNTU, Vyp. 4(39). 2013. S. 257-262.*

### **Література**

1. Kariuk A., Pashynskiy V., Pashynskiy M., Mammadova F. (2022) *Methods of Probabilistic Assessment of Building Enclosing Structures Thermal Reliability // Lecture Notes in Civil Engineering, 2022, 181, pp. 179-189. [https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2\\_18](https://doi.org/10.1007/978-3-030-85043-2_18)*
2. Карюк А.М. (2023). *Теплова надійність стін житлових будівель у регіонах України. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: збірник наукових праць, 19, 84-91*
3. *Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель (монографія) / В.А. Пашинський, Н.В. Пушкар, А.М. Карюк / Одеська державна академія будівництва та архітектури. – Одеса, 2012. – 180 с.*
4. ДБН В.2.6-31:2021. *Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. – К.: Мінрегіон України, 2022. – 23 с.*
5. Карюк А.М. (2022). *Районування характеристик температури повітря для оцінювання теплової надійності огорожувальних конструкцій. Сучасні технології та методи розрахунків у будівництві: збірник наукових праць, 17, 53-60.*
6. Pashynskiy V.A., Pashynskiy M.V., Nastoyashchiy V.A., Skrynnyk I.O. Statistical characteristics of wall temperature for assessing thermal reliability and energy efficiency of residential buildings. *Modern engineering and innovative technologies issue 26 part 2. April 2023. Pp. 19-25. URL: <https://doi.org/10.30890/2567-5273> (date of access: 26.01.2024).*
7. DSTU 9191:2022. *Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. - K., 2022. – 60 с.*
8. Шульгін В. В., Карюк А. М. *Імовірнісне подання технічних характеристик теплоізоляційних матеріалів. Збірник наукових праць (галузеve машинобудування, будівництво). Полтава: ПолНТУ, Вип. 4(39). 2013. С. 257-262.*