

УДК 699.86

ВИБІР ПОКАЗНИКІВ ТЕПЛОВОЇ НАДІЙНОСТІ ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

THE CHOICE OF INDICATORS OF THERMAL RELIABILITY OF WALLING

Пашинський В.А. д.т.н., професор, **Джирма С.О.** к.т.н., доцент, **Плотніков О.А.**, асистент, (Центральноукраїнський національний технічний університет, м. Кропивницький)

Pashynskiy V.A., DSc in engineering, professor, **Dzhyrma S.A.**, Ph.D., senior lecturer, **Plotnikov O.A.**, assistant lecturer (Central Ukrainian National Technical University, Kropivnitskiy)

На базі аналізу рівня теплової надійності огороджувальних конструкцій, запроєктованих згідно з вимогами ДБН В.2.6-31:2016, отримано допустимі значення відносної тривалості теплових відмов за критеріями комфортності перебування поблизу стін та утворення конденсату на їх внутрішній поверхні.

The article discloses suggestions for the selection of an appropriate level of thermal sufficiency of the walling of residential and public buildings. As an indicator of thermal sufficiency it is recommended to use the relative duration of the state of thermal failure. According to the method developed earlier the relative duration of the thermal failure condition of walling has been determined. The resistance to heat transfer in the conditions of different regions of Ukraine corresponds to the requirements of the current thermal insulation of buildings on the absence of condensation on the internal surfaces of walls and the comfort of staying at external walls. The obtained results vary significantly across the territory but their generalization to the safety margin allowed establishing the maximum permissible value of the relative duration of the thermal failure state equal to 0.005 for the walls of residential and public buildings of the sufficiency class CC 2 and 0.001 for the buildings of the sufficiency class CC 3.

Ключові слова: огорожувальні конструкції, теплова надійність, теплова відмова, критерій комфортності, критерій утворення конденсату

Keywords: walling, thermal sufficiency, thermal failure, comfort criterion, criterion of condensate formation

Постановка проблеми. Вимоги до теплових характеристик огорожувальних конструкцій будівель сформульовані в нормах проектування теплової ізоляції ДБН В.2.6-31:2016. Природна статистична мінливість більшості розрахункових факторів спонукає до оцінювання теплової надійності огорожувальних конструкцій імовірнісними методами, але в чинних нормативних документах відсутні вказівки щодо вибору імовірнісних показників теплової надійності та їх допустимих значень.

Аналіз останніх досліджень. Державні будівельні норми [1] вимагають перевіряти можливість реалізації трьох видів теплових відмов огорожувальних конструкцій: недостатній порівняно з вимогами норм опір теплопередачі, дискомфорт при перебуванні поблизу огороження, утворення конденсату на внутрішній поверхні огорожувальної конструкції. Розроблені в [2, 3] імовірнісні методи аналізу теплової надійності огорожувальних конструкцій дають змогу врахувати задані теплові характеристики огороження та статистичні характеристики випадкового процесу змін температури атмосферного повітря, наведені в монографії [4] для великої кількості пунктів спостереження на території України. Основні розрахункові параметри температури атмосферного повітря наведені в стандарті [5]. Виконані за методикою [3] приклади вказують на значну мінливість рівня теплової надійності залежно від обраної конструкції та умов її експлуатації, але вказівки щодо допустимих значень імовірнісних показників теплової надійності в літературі не виявлені.

Метою даної роботи є обґрунтування пропозицій щодо вибору допустимого рівня теплової надійності огорожень на підставі аналізу конструкцій, запроектованих за чинними нормами.

Методика оцінювання рівня теплової надійності за критеріями комфортності перебування поблизу огорожувальних конструкцій та утворення конденсату на їх внутрішній поверхні [3] дозволяє визначати відносну тривалість стану теплової відмови з урахуванням теплових характеристик огорожень та випадкових змін

температури зовнішнього повітря. Цей показник відповідає фізичному змісту теплової відмови, як стану погіршення роботи конструкції та мікроклімату в приміщенні, що відносить теплову відмову до другої групи граничних станів за класифікацією ДБН [6]. Допустиме значення відносної тривалості теплових відмов, відсутнє в нормах проектування [1, 6] та в науковій літературі, орієнтовно встановлене нижче шляхом аналізу декількох можливих критеріїв.

Згідно з нормами [6, 7], експлуатаційні розрахункові значення навантажень, які використовуються для перевірки несучих конструкцій масового використання за граничними станами другої групи, можуть перевищуватися протягом частки встановленого терміну експлуатації $\eta=0,02$. Оскільки урахування мінливості навантажень та несучої здатності конструкцій зменшує імовірність відмови порівняно з імовірністю перевищення розрахункових значень навантажень, величину 0,02 можна вважати верхньою межею допустимої відносної тривалості теплової відмови.

Більш точний спосіб встановлення допустимого значення відносної тривалості теплових відмов базується на їх узгодженні з вимогами чинних норм теплової ізоляції будівель [1] щодо перевірки комфортності та можливості утворення конденсату на внутрішній поверхні конструкцій. За розробленою в [3] методикою обчислені відносні тривалості теплових відмов стін житлових будівель за вказаними критеріями для 26 регіонів України (24 адміністративні області, АР Крим та Південний берег Криму). Необхідний опір теплопередачі стін визначено з умов виконання вимог ДБН [1] щодо температури внутрішньої поверхні стіни житлової будівлі: $\tau_c=+16^\circ\text{C}$ за критерієм комфортності, $\tau_c=+10,6^\circ\text{C}$ за критерієм утворення конденсату в житловому приміщенні з нормативним значенням вологості повітря 55% та температури $\tau_B=+20^\circ\text{C}$. Розрахункові температури зовнішнього атмосферного повітря задавалися у трьох варіантах:

- згідно з вимогами [1] щодо розрахунку за критерієм утворення конденсату в зонах підвищеної теплопровідності ($\tau_3 = -22^\circ\text{C}$ для першої температурної зони і $\tau_3 = -19^\circ\text{C}$ для другої температурної зони України);
- індивідуальна для кожного регіону температура найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 за ДСТУ [5];
- індивідуальна для кожного регіону температура найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98 за ДСТУ [5].

Для кожного з вказаних варіантів розрахункових температур зовнішнього повітря визначалися опори теплопередачі, достатні для виконання вимог [1] щодо комфортності та неможливості утворення конденсату на поверхні стіни. Відносна тривалість теплової відмови в умовах кожного з 26 регіонів України обчислена за методикою [3] з урахуванням фактичних розподілів випадкової температури зовнішнього повітря в регіоні за даними [4].

Отримані таким чином відносні тривалості теплових відмов стін з характеристиками, що відповідають районним розрахунковим значенням температури зовнішнього повітря для перевірки на можливість утворення конденсату та комфортність перебування поблизу стін $\tau_3 = -22^\circ\text{C}$ чи $\tau_3 = -19^\circ\text{C}$, можна вважати нормативними рівнями теплової надійності за вказаними критеріями, які закладені в норми проектування [1].

Узагальнені результати обчислення відносної тривалості теплових відмов за критеріями забезпечення комфортності та утворення конденсату наведені в таблиці 1, де вказані найменші, найбільші та середні по континентальній території України відносні тривалості відмов. На території Криму та особливо Південного берега з його субтропічним кліматом тривалості теплових відмов отримані у 2...5 разів меншими, що й змусило виключити ці дані з подальшого аналізу.

Таблиця 1
Відносні тривалості теплових відмов стін житлових будівель
на континентальній території України

Розрахункові температури зовнішнього повітря	Критерії теплової відмови	Відносні тривалості теплової відмови		
		мінімум	максим.	середнє
За ДБН [1]: -22°C для зони 1, -19°C для зони 2	комфорт	8,99E-03	1,70E-02	1,15E-02
	конденсат	7,12E-03	1,44E-02	9,36E-03
За [5] – температура холодної п'ятиденки із забезпеченістю 0,92	комфорт	7,64E-03	1,61E-02	1,13E-02
	конденсат	5,94E-03	1,37E-02	9,24E-03
За [5] – температура холодної доби із забезпеченістю 0,98	комфорт	2,78E-03	6,83E-03	4,40E-03
	конденсат	1,89E-03	5,18E-03	3,17E-03

Територіальна мінливість тривалості теплової відмови за критерієм утворення конденсату, яка для зручності подання виражена в добах на рік, проілюстрована рисунком 1. Тривалість теплової відмови за критерієм комфортності лінійно залежить від тривалості відмови за критерієм утворення конденсату, що робить характер їх територіальної мінливості ідентичним.



Рис. 1. Територіальна мінливість тривалості теплової відмови за критерієм утворення конденсату (в добах на рік) при розрахункових значеннях температури зовнішнього повітря за ДБН [1]

Дані таблиці 1 та рисунок 1 вказують на значний розкид тривалості теплових відмов по території України. За картою рисунка 1 прослідковується зменшення рівня теплової надійності (зростання тривалості теплових відмов) з південного заходу на північний схід. Така тенденція обумовлена пониженням фактичної температури атмосферного повітря [4, 5] при незмінному в межах першої температурної зони [1] розрахунковому значенні -22°C .

Визначення опору теплопередачі стін за окремими для кожного регіону розрахунковими значеннями температури зовнішнього повітря замість вказаних вище районних значень -22°C та -19°C не зменшує розмах територіальної мінливості відносної тривалості теплових відмов. Значення тривалості відмов змінюються по території менш систематично, але їх розкид, виражений в таблиці 1 мінімальним і максимальним значеннями, не став меншим.

Аналіз наведених у таблиці 1 мінімальних, максимальних та середніх по території України значень відносної тривалості теплової відмови стін, які відповідають вимогам ДБН [1] за критеріями комфортності та утворення конденсату чи перевищують ці вимоги, показав наступне:

- тривалість теплової відмови за критерієм комфортності дещо більша, ніж за критерієм утворення конденсату;
- тривалості теплових відмов стін, опір теплопередачі яких встановлено за температурами найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 з [5], близькі до встановлених за районними значеннями температури зовнішнього повітря з ДБН [1];
- тривалості теплових відмов стін з опором теплопередачі, що відповідає температурами найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98 з [5], у 2...3 рази менші, ніж при використанні районних розрахункових значень температури повітря з ДБН [1];
- при проектуванні стін за районними розрахунковими значеннями температури зовнішнього повітря з ДБН [1] та за температурами найхолоднішої п'ятиденки із забезпеченістю 0,92 отримана найменша по території України відносна тривалість теплової відмови, рівна 0,0071 або 2,6 доби на рік;
- вибір опору теплопередачі стін за окремими для кожного регіону розрахунковими значеннями температури найхолоднішої доби із забезпеченістю 0,98 дає найменшу по території України відносну тривалість теплової відмови, рівну 0,0019 або 0,7 доби на рік.

Виходячи з отриманих результатів, з округленнями в запас надійності за зразком норм [6] можна прийняти допустиме значення відносної тривалості теплових відмов стін житлових будівель за критеріями комфортності перебування поблизу стіни та утворення конденсату в зонах підвищеної теплопередачі рівними 0,005. Для створення запасу теплової надійності стін особливо відповідальних будівель допустиме значення відносної тривалості теплових відмов слід встановити рівним 0,001. Вказані значення дають абсолютні тривалості теплових відмов 43,8 та 8,8 години на рік. У подальшому пропонується встановити для стін житлових і громадських будівель класу відповідальності СС 2 за ДБН [6] гранично допустиме значення відносної тривалості теплових відмов рівним 0,005, а класу відповідальності СС 3 – значення 0,001.

Для порівняння нагадаємо, що для конструкцій категорії відповідальності Б, до яких можна віднести й огорожувальні конструкції, в умовах усталеної розрахункової ситуації ДБН [6] встановлюють доцільну імовірність відмови 5×10^{-4} для будівель і споруд класу відповідальності СС 1 та 5×10^{-5} для будівель і споруд класу відповідальності СС 3.

Висновки за результатами дослідження:

1. В якості показника теплової надійності огорожувальних конструкцій доцільно використовувати відносну тривалість теплової відмови, рівну відношенню сумарної протягом року тривалості стану теплової відмови до тривалості року.

2. За результатами аналізу рівня теплової надійності стін, що відповідають вимогам ДБН В.2.6-31:2016 щодо недопущення утворення конденсату на поверхні та комфортності перебування поблизу стін, пропонується встановити гранично допустиме значення відносної тривалості теплових відмов рівним 0,005 для стін житлових і громадських будівель класу відповідальності СС 2 та 0,001 – для будівель класу відповідальності СС 3.

1. ДБН В.2.6-31:2016. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінрегіон України, 2017. – 31 с.

2. Пашинський В.А., Плотніков О.А. Методика імовірнісного оцінювання температурного режиму стін // Збірник наукових праць Української Державної академії залізничного транспорту: Випуск 148, частина 2. – Харків, 2014. – С. 138–143.

3. Пашинский В.А., Плотников О.А. Вероятностная методика анализа тепловой надежности узлов ограждающих конструкций // Вестник Белорусско-российского университета, 2017. – № 3 (56). – С. 129–135.

4. Температурні впливи на огорожувальні конструкції будівель: монографія / В. А. Пашинський, Н. В. Пушкар, А. М. Карюк. – Одеса, 2012. – 180 с.

5. ДСТУ-Н Б В.1.1-27:2010. Захист від небезпечних геологічних процесів, шкідливих експлуатаційних впливів, від пожежі. Будівельна кліматологія. – К.: Мінрегіонбуд України, 2011. – 132 с.

6. ДБН В.1.2-14-2009. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Загальні принципи забезпечення надійності та конструктивної безпеки будівель, споруд, будівельних конструкцій та основ. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 37 с.

7. ДБН В.1.2-2:2006. Система забезпечення надійності та безпеки будівельних об'єктів. Навантаження і впливи. Норми проектування. К.: Мінбуд України, 2007 – 59 с.