

Я. І. Котюжанський
А. В. Молочнюк
О. Ю. Співак

ВПЛИВ ТЕПЛОПРОВІДНИХ МІСТКІВ НА ТЕМПЕРАТУРУ ВНУТРІШНЬОЇ ПОВЕРХНІ КАРКАСНИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Числовими методами досліджено амплітуду коливань температури на внутрішній поверхні кутової огороджувальної конструкції, виконаної з легких сталевих тонкостінних конструктивних профілів для теплового періоду року

Ключові слова: термічний опір; теплопровідність; ЛСТК профіль; теплова ізоляція;

Abstract

Numerical methods were used to study the amplitude of temperature fluctuations on the inner surface of an angular enclosing structure made of light steel thin-walled structural profiles for the warm season.

Keywords: thermal resistance; thermal conductivity; LSTS profile; thermal insulation;

Вступ

При будівництві нових будинків з підвищеними показниками комфортності, чи реконструкції та модернізації старого житлового фонду особливу увагу необхідно приділяти технологіям будівництва тих будівель, які потрапляють на ринок шляхом копіювання або часткового впровадження іноземних технологій та методик у класичні методи спорудження будівель. Дуже часто при зведенні будинків за такими технологіями без знання тонкощів повного технологічного циклу або без навчання у фірмі, що спеціалізується на відповідній технології починають масове їх впровадження. Як приклад невдалого такого застосування можна навести широке використання метизів із незахищеної вуглецевої сталі для з'єднання легких сталевих тонкостінних конструктивних профілів (ЛСТК) з оцинкованим покриттям, що викликає гальванічну корозію та, як наслідок, ослаблення з'єднувальних вузлів.

Одним із перспективних напрямків будівництва на сучасному будівельному ринку є каркасно-щитовий метод. Такий метод отримав другий виток розвитку із застосуванням як матеріал каркасу ЛСТК профілів та мінеральної або базальтової вати як заповнювач щита [1].

Основна частина

Незважаючи на численні детальні дослідження будівель, побудованих за каркасно-щитовою технологією [2,3], як за несучою, так і теплоізоляційною здатністю отримані результати дослідження виконані переважно для зимової пори року. Однак, відомо, що витрати на кондиціювання для південних областей України рівні або перевищують витрати на опалення. При цьому необхідно відзначити, що безліч конструкцій з підвищеним приведеним опором теплопередачі за нестационарного режиму не задовольняють вимогам теплостійкості, що пред'являються до конструкцій [3].

Теплостійкість огороджувальних конструкцій у теплий період року нормується показником амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні. Відповідно до ДБН В.2.6-31:2021 [4], амплітуда коливання температури не повинна перевищувати нормативного значення A_t^{tp} , °C

$$A_t^{tp} = 2,5 - 0,1 \cdot (t_3 - 21), \quad (1)$$

де t_3 – середня місячна температура зовнішнього повітря за липень, °C.

Методика знаходження амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні, згідно [4], не враховує теплопровідні містки, тому розрахунок зовнішніх огороджувальних каркасних щитів розраховано згідно з методикою, запропонованою в роботах [5,6].

Однією з особливостей каркасних будівель є велика ступінь неоднорідності зовнішніх захисних конструкцій. У щитах знаходиться велика кількість стійок (крок 400-600 мм по горизонталі), ригелів,

перемичок, а також зв'язуючих елементів (крок у середньому від 0,3 до 0,5 висоти поверху). Крім цього є лінійні теплопровідні включення, викликані формою будівлі: зовнішні та внутрішні кути будівлі, балкони, віконні та дверні укоси, цокольні вузли. Для такої великої кількості теплопровідних включень, які в деяких випадках розташовані в перпендикулярних площинах, необхідно використовувати програми з моделюванням нестационарної теплопередачі в тривимірному просторі. Однією з таких програм може бути модуль Simulation, який входить до розрахункового комплексу SolidWorks.

В якості необхідних даних для розрахунку задано: геометричні характеристики конструкцій, теплотехнічні показники матеріалів та початкова температура в моделі. Граничні умови задавалися у вигляді граничних умов III роду для нестационарного процесу: закон зміни температури в часі $t = f(\tau)$ та диференціальне рівняння тепловіддачі що описує процес теплообміну поверхні з довкіллям

$$\alpha = -\lambda \frac{\text{grad}t}{(t_c - t_s)}. \quad (2)$$

Вузлом для розрахунку було прийнято зовнішній вузол будівлі (Рис. 1) з висотою поверху 3,0 м та довжиною 1,5 м у горизонтальній площині

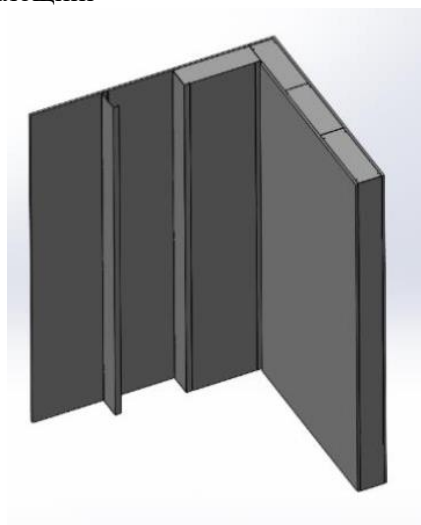


Рисунок 1 – Зовнішній кут будівлі з каркасом з ЛСТК профілів

В модулі Simulation отримано розподіл температур на внутрішній і зовнішній поверхні вузлів (Рис. 2) для п'яти циклічних добових циклів з інтервалом збереження даних 150 с.

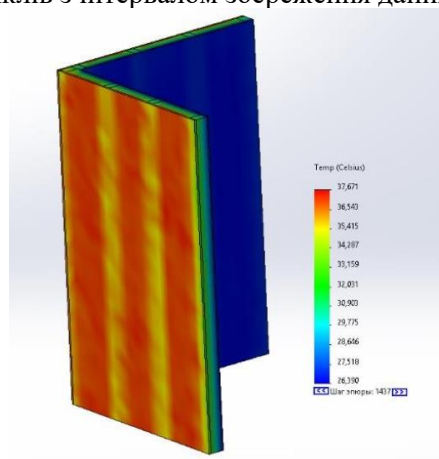


Рисунок 2 – Результати моделювання нестационарного теплового режиму для розрахункових схем зовнішнього кута будівлі з ЛСТК профілями

В результаті аналізу отриманих мінімальних та максимальних значень температур на внутрішній поверхні в часі була побудована схема розподілу амплітуд коливання (Рис. 3) для розрахункової схеми

зовнішнього кута будівлі з виконаного з ЛСТК профілів.

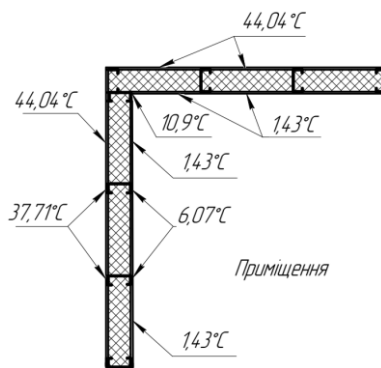


Рисунок 3 – Значення амплітуди коливань температур для розрахункової схеми зовнішнього кута будівлі з ЛСТК профільним каркасом

Значення амплітуди коливань температури вузлів сполучення конструкцій з ЛСТК профілем для вертикального кута наведені в таблиці 1.

Таблиця 1 – Значення амплітуди коливань температури вузлів сполучення конструкцій з ЛСТК профілем для вертикального кута

Розташування	Температура, °C
Вертикальний кут	
Кутова зона	10,90
Зона утеплювача	1,43
Зона профіля	6,07

Висновки

Відповідно до загальноприйнятої методики ДБН В.2.6-31:2021, з врахуванням ДСТУ ISO 10211-1 : 2005 [7], ДСТУ ISO 10211-2 : 2005 [8], розрахункове значення амплітуди коливання на внутрішній поверхні не залежить від матеріалу каркасу щитів, при цьому амплітуда розраховується по зоні утеплювача, та її значення для даної конструкції становитиме 1,83 °C. Максимально допустиме нормативне значення амплітуди коливання з урахуванням кліматичних показників складає 2,38 °C, таким чином дана конструкція в зоні утеплювача відповідає вимогам діючих норм. Але, згідно з розрахованим значенням амплітуди коливання температури на внутрішній поверхні та у місцях теплопровідних включень (див. таблиця 1), встановлено перевищення значення амплітуди у 8 разів для щитів із ЛСТК профілю, порівняно із зоною утеплювача. При цьому в зоні теплопровідних включень дана конструкція перевищує максимально допустиме нормативне значення в 5 раз для ЛСТК профілів, що не відповідає нормативним вимогам.

Одним із варіантів нормування максимально допустимої амплітуди коливання температури поверхні може послужити приведення значення амплітуди коливання температури. Пропонується це значення розраховувати з урахуванням лінійних та точкових теплопровідних включень за аналогією з приведеним опором теплопередачі захисних конструкцій.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гудь М., Коваль І. Франків М. 2024. Переваги та недоліки легких сталевих тонкостінних конструкцій. SWorldJournal. 2, 25-02 (Трав. 2024), 15–22. DOI:<https://doi.org/10.30888/2663-5712.2024-25-00-065>.
2. Kwon, Y. B. and Hancock, G. J. Tests of cold-formed channel with local and distortional buckling // Journal of structural engineering, 118(7), 1992. pp. 1786-1803.
3. Lau, S.C.W., Hancock, G. J. Distortional buckling formulas for channel columns // Journal of structural engineering, New York, N.Y., 113 (5), 1987, pp. 1063- 1078.
4. ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України. 37 с.
5. Schafer, B.W. and Peköz, T. Computational modeling of cold-formed steel: characterizing geometric imperfections and residual stresses // Journal of Constructional Steel Research, 47(3), 1998. pp.193-210.
6. Papangelis, J.P., Hancock, G.J. Computer analysis of thin-walled structural members // Computers and Structures, No56 (1), 1995, pp. 157-176.

7. ДСТУ ISO 10211-1:2005 (ISO 10211- 1:1995, IDT). Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 1. Загальні методи. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 75 с.
8. ДСТУ ISO 10211-2:2005 (ISO 10211- 2:2001, IDT). Теплопровідні включення в будівельних конструкціях. Обчислення теплових потоків та поверхневих температур. Частина 2. Лінійні теплопровідні включення. Київ: Держспоживстандарт України, 2005. 71 с.

Котюжанський Ярослав Іванович – магістрант кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: yarik22722272@gmail.com.

Молочнюк Артем Вікторович – студент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: avmolochnuk@gmail.com.

Співак Олександр Юрійович – к-т. техн. наук, доцент кафедри теплоенергетики, Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: spivak000@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1988-1886

Yaroslav Kotyuzhansky – undergraduate of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: yarik22722272@gmail.com.

Artem Molochnyuk – student of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: avmolochnuk@gmail.com.

Oleksandr Spivak – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Thermal Power Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: spivak000@gmail.com. ORCID: 0000-0002-1988-1886