

**УДК 624.014.7:536.2**

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕПЛОПРОВІДНОСТІ  
ОГОРОДЖУВАЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ІЗ СТАЛЕВИХ  
ТОНКОСТІННИХ ПРОФІЛІВ**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ  
ТЕПЛОПРОВОДНОСТИ ОГРАЖДАЮЩИХ КОНСТРУКЦИЙ ИЗ  
СТАЛЬНЫХ ТОНКОСТЕННЫХ ПРОФИЛЕЙ**

**EXPERIMENTAL INVESTIGATION OF THERMAL CONDUCTIVITY  
OF ENCLOSURE FROM THIN-WALLED SECTIONS**

**Семко В.О., к.т.н, с.н.с., Лещенко М.В., здобувач, Філіпович Л.М.,  
магістрант, Резніков А.А., студент (Полтавський національний технічний  
університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава).**

**Семко В.А., к.т.н, с.н.с., Лещенко М.В., соискатель, Филипович Л.Н.,  
магистрант, Резников А.А., студент (Полтавский национальный  
технический университет имени Юрия Кондратюка, г. Полтава).**

**Semko V. PhD, Associate Professor, Leshenko M., Filipovich L., Reznikov A.  
(Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk)**

**Наведені результати експериментальних досліджень теплопровідності  
огороджувальних конструкцій із сталевих тонкостінних профілів.  
Виявлено залежність теплофізичних характеристик конструкції від  
зміни конструктивних параметрів.**

**Приведены результаты экспериментальных исследований  
теплопроводности ограждающих конструкций из стальных  
тонкостенных профилей. Выявлена зависимость теплофизических  
характеристик конструкции от изменения конструктивных параметров.**

**The results of experimental investigation of thermal conductivity of enclosure  
from thin-walled sections are present in an article. The dependence of thermal  
characteristics of structure from change design factors has exposed.**

**Ключові слова:**

**Огороджувальна конструкція, тонкостінний профіль, кліматична камера,  
теплопровідність.**

**Ограждающая конструкция, тонкостенный профиль, климатическая камера,  
теплопроводность.**

Enclosure, thin-walled section, climatic chamber, thermal conductivity.

**Вступ.** Огороджувальні конструкції на основі сталевих тонкостінних профілів набувають все більшої популярності в будівельній галузі України. Закордонний досвід дозволяє говорити про значну економічну доцільність використання таких елементів в якості несучих та огорожувальних конструкцій [1, 2]. Однією із важливих сфер застосування легких сталевих тонкостінних конструкцій є зведення навісних стін у багатоповерховому будівництві та несучих стін малоповерхових будівель. Але наявність в таких стінах теплопровідних включень у вигляді сталевих профілів ставить під питання їх теплоізоляційні характеристики. Вирішенням даної проблеми може бути дослідження показників теплопровідності огорожувальних конструкцій в залежності від їх конструктивних параметрів.

**Аналіз останніх досліджень.** В Україні теплові властивості сталевих тонкостінних профілів в складі огорожувальних конструкцій майже не досліджені [3, 4]. Але дослідженням цих питань займалися такі науковці, як Ватін Н. І., Є. Н. Попова [5], Журина Н., Кузьмичев Р [6], Фаренюк Г.Г [7], Чернявський В.В [8]. Дослідженню енергоефективності легких каркасних будівель присвячені роботи Santos P. [9].

**Постановка мети та задачі досліджень.** Метою та основними задачами даної роботи є експериментальні дослідження впливу конструктивних параметрів на теплопровідність огорожувальних конструкцій із сталевих тонкостінних профілів.

**Експериментальні дослідження** огорожувальних конструкцій із сталевих тонкостінних профілів виконувались згідно ДСТУ Б В.2.6-101:2010 [10] методом теплових випробувань у лабораторних умовах, застосовуючи комплекс випробувального устаткування (рис. 1).



Рис. 1. Загальний вигляд випробувального устаткування і засобів вимірювальної техніки: а) кліматична камера; б) потенціометр, термопары, сосуд Дюро

Для експерименту було виготовлено п'ять дослідних зразків огорожувальних конструкцій, кожен з яких має загальні розміри 800×850 мм, оскільки розміри відсіку кліматичної камери становлять 850×900 мм.

Товщина утеплювача огорожувальної конструкції приймалася 150 мм, з внутрішньої сторони влаштовувався лист гіпсокартону товщиною 12,5 мм, із зовнішньої – металевий профільований лист, товщиною 0,5 мм (рис. 2). Для забезпечення єдності та міцності, утеплювач встановлювався в каркас із металевих профілів, які з'єднувалися між собою і до них по обидва боки кріпилися гіпсокартон та профільований настил. Конструктивні параметри дослідних зразків представлені в таблиці 1.

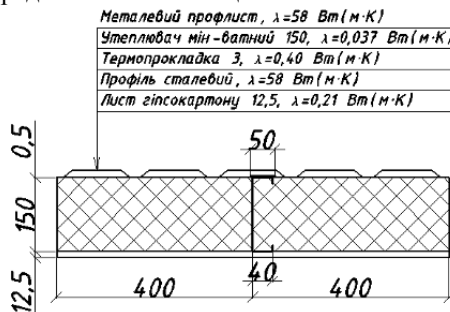


Рис. 2. Переріз та склад досліджуваної конструкції

Таблиця 1

Конструктивні параметри дослідних зразків

	№1	№2	№3	№4	№5
Профіль	-	+	+	-	-
Термопрофіль	-	-	-	+	+
Термопрокладка	-	-	+	-	+
Утеплювач	+	+	+	+	+
Гіпсокартон	+	+	+	+	+
Профліст	+	+	+	+	+

Випробування проводилися шляхом створення по обидва боки зразка температурно-вологісного режиму із параметрами, близькими до розрахункових зимових умов експлуатації огорожувальної конструкції, а

саме у кліматичній камері температура становила  $-25^{\circ}\text{C}$ , а в приміщенні коливалася від  $+16^{\circ}\text{C}$  до  $+19,5^{\circ}\text{C}$ . В результаті чого були отримані фактичні значення поверхневої густини теплового потоку крізь огорожувальну конструкцію та температури внутрішньої та зовнішньої поверхонь огорожувальної конструкції, характерних термічно однорідних ділянок контактними засобами вимірювальної техніки. А також обчисленні значення опору теплопередачі (для термічно однорідних ділянок) або приведеного опору теплопередачі (для термічно неоднорідних ділянок) за отриманими даними згідно з розрахунковими формулами (1)-(3).

$$R_{\Sigma} = (T_{\text{НС.ВН}} - T_{\text{НС.ЗОВ}}) / q, \quad (1)$$

де  $R_{\Sigma}$  – опір теплопередачі,  $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ ;  $T_{\text{НС.ВН}}$ ;  $T_{\text{НС.ЗОВ}}$  – значення температури навколишнього середовища по обидва боки огорожувальної конструкції,  $\text{К}$ ;  $q$  – поверхнева густина теплового потоку,  $\text{Вт}/\text{м}^2$ .

$$R_{np} = \frac{F_{\Sigma}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{R_{\Sigma_i}} F_j + \sum_{j=1}^m k_j L_j}, \quad (2)$$

де  $R_{np}$  – приведений опір теплопередачі,  $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ ;  $F_{\Sigma}$  – площа огорожувальної конструкції,  $\text{м}^2$ ;  $R_{\Sigma_i}$  – опір теплопередачі термічно однорідної конструкції,  $\text{м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ ;  $F_j$  – площа  $j$ -ї термічно однорідної зони,  $\text{м}^2$ ;  $k_j$  – лінійний коефіцієнт теплопередачі теплопровідних включень,  $\text{Вт}/(\text{м}\cdot\text{К})$ ;  $L_j$  – довжина  $j$ -ї термічно неоднорідної зони,  $\text{м}^2$ .

$$k = \frac{q \cdot A}{T_{\text{НС.ВН}} - T_{\text{НС.ЗОВ}}}, \quad (3)$$

де  $A$  – ширина теплопровідного включення,  $\text{м}$ .

**За результатами досліджень** було побудовано гістограми значень поверхневої густини теплового потоку та лінійного коефіцієнту теплопередачі теплопровідних включень крізь огорожувальну конструкцію за різних конструктивних параметрів (рис. 3).

Загальний опір теплопередачі для однорідної конструкції (зразок №1) за експериментальними –  $R_{\Sigma}=3,905 \text{ м}^2\cdot\text{К}/\text{Вт}$ . Приведений опір теплопередачі для термічно неоднорідних конструкцій (зразки №2-№5) зображений на рис. 4.

З гістограм добре видно, що зразок №1 має найкращий показник опору теплопередачі. У зразка №2 значення опору теплопередачі є найнижчим серед досліджуваних зразків. На рисунку 5 приведені термограми розподілу температур по поверхні однорідного зразка та зразка із температурним включенням.

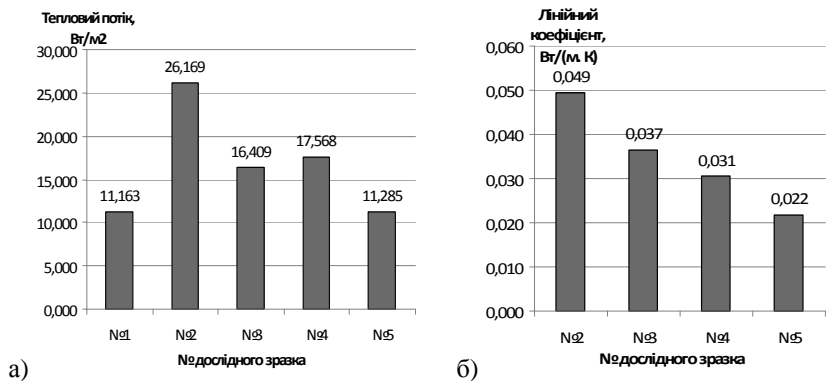


Рис. 3. Гістограми: а) теплового потоку; б) лінійного коефіцієнту при різних конструктивних параметрах

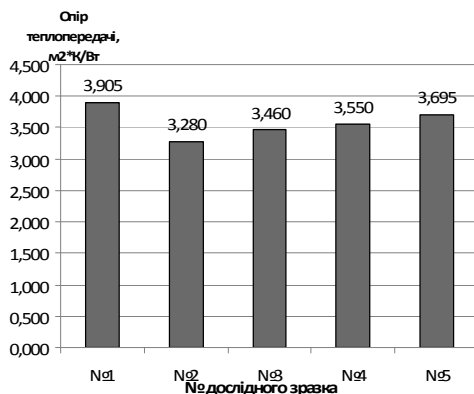


Рис. 4. Гістограма значень опору теплопередачі в дослідних зразках

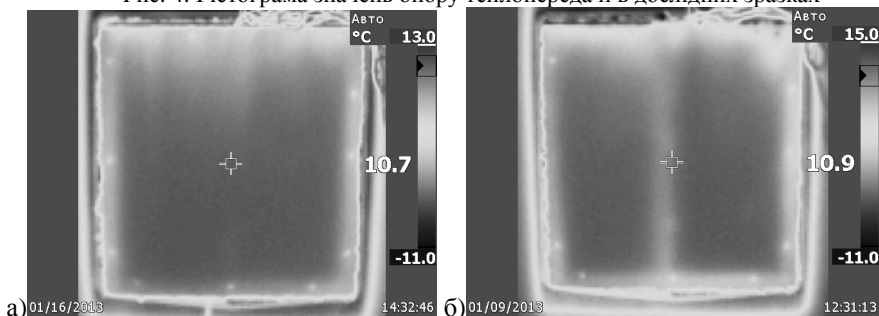


Рис. 5. Термограми зразків: а) зразок №1 – однорідний; б) зразок №3 – із температурним включенням

Дані результати мають проміжний характер, адже ще планується виконати дослідження впливу кроку профілів на зміну приведенного опору

теплопередачі огорожувальної конструкції, визначити фактичні значення коефіцієнтів теплопровідності матеріалів, що використані в експерименті. Але вже на основні отриманих результатів можливо сформулювати наступні **висновки**:

В ході проведених досліджень встановлено, що наявність несучого профілю в огорожувальній конструкції значно зменшує величину приведенного опору теплопередачі (до 20 %), при цьому значення густини тепловодного потоку в місці, де встановлений сталевий елементі, підвищується більше ніж в два рази. Експериментально отримані дані, свідчать про те, що використання суцільного профілю разом із термопрокладкою дають майже той самий ефект, що і використання перфорованого термопрофілю.

Отримані результати свідчать, що зміною конструктивних параметрів можливо суттєво впливати на опір теплопровідності огороження, тому дослідження в даній сфері є на нашу думку актуальними.

**1.** AISI-S100. North American Specification for the Design of Cold-Formed Steel Structural Members – Washington : American Iron and Steel Institute, 2001. – 149 p. **2.** EN 1993-1-3:2006. Eurocode 3: Design of steel structures. Part 1-3: General rules. Supplementary rules for cold-formed members and sheeting. – Brussels : CEN, 2006. – 134 p. **3.** ДБН В.2.6-31:2006 Теплова ізоляція будівель. – К. : Мінбуд. України, 2006. – 70 с. **4.** ДСТУ-Н Б В.2.6-87:2009. Конструкції будинків і споруд. Настанова з проектування конструкцій будинків із застосуванням сталевих тонкостінних профілів. **5.** Ватин Н. И. Термопрофиль в легких стальных строительных конструкциях / Н. И. Ватин, Е. Н. Попова. – СПб.: СПбГПУ, 2006. – 63 с. **6.** Журина, Н. Энергоэффективные легкие ограждающие конструкции / Н. Журина, Р. Кузьмичев // Архитектура и строительство. – 2008. - №2. – С. 93-97. **7.** Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г. Фаренюк. – К.: Гама-Принт. – 2009. – 216 с.: Бібліог.: с. 194-203. **8.** Чернявський В.В. Вплив перфорації легких сталевих тонкостінних профілів на теплофізичні характеристики огорожувальних конструкцій [Текст] / В. В. Чернявський, В. О. Семко, О. І. Юрін, Д. А. Прохоренко // Збірник наукових праць (галузевого машинобудування, будівництва). – Випуск 1(29). – Полтава: ПолтНТУ. –2011. –С.194-199. **9.** Santos P. Energy Efficiency of Light-weight Steel-framed Buildings / P. Santos, L. Simões da Silva, V. Ungureanu. - Sustainability & Eco-Efficiency of Steel Construction, №129, 2012. – 175 p. **10.** ДСТУ Б В.2.6-101:2010 Методи визначення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій. – К. : Мінбуд. України, 2010. – 84 с.