УДК 624.01

Я. М. Бевз

СЕНДВІЧ-ПАНЕЛІ — СУЧАСНИЙ ПІДХІД ДО ЗМЕНШЕННЯ ЕНЕРГОСПОЖИВАННЯ В ПРОМИСЛОВИХ БУДІВЛЯХ

ТОВ «ВІНТЕК БУД»

Анотація

Розглянуто енергоефективні властивості сендвіч-панелей (СП), вплив теплоізоляційних матеріалів (PIR, PUR, мінеральна вата), роль замкових з'єднань, герметичності та монтажних рішень на загальний опір теплопередачі огороджувальних конструкцій. Показано, що СП є елементом сучасного енергоефективного промислового будівництва.

Ключові слова: сендвіч-панелі, енергоефективність, теплопередача, містки холоду, PIR, мінеральна вата, герметичність, монтаж.

Abstract

This paper examines the energy-efficient properties of sandwich panels (SPs), including the influence of thermal insulation materials (PIR, PUR, mineral wool), the role of joint connections, hermeticity, and installation solutions on the overall thermal resistance of building envelope structures. It is shown that SPs are a key element in modern energy-efficient industrial and civil construction.

Keywords: Sandwich panels, energy efficiency, heat transfer, thermal bridges, PIR, mineral wool, hermeticity (airtightness), installation (assembly).

Вступ

В умовах глобальних зусиль, спрямованих на зменшення споживання енергії та пом'якшення наслідків зміни клімату, енергоефективність у будівельному секторі набула першочергового значення.

Огороджувальна конструкція будівлі — фізичний бар'єр між внутрішнім і зовнішнім середовищем — відіграє критичну роль у контролі теплопередачі, що робить вибір матеріалів для зовнішніх стін і даху вирішальним для довгострокових експлуатаційних витрат і комфорту [1-3].

Результати дослідження

Аналіз зосереджений на конкретних факторах, які визначають енергоефективні властивості СП.

Розглянемо критичний вплив різних теплоізоляційних матеріалів — таких як поліізоціанурат (PIR), поліуретан (PUR) та мінеральна вата — на загальний опір теплопередачі панелі [4].

Крім того, ми дослідимо, як конструктивні деталі, включаючи замкові з'єднання, підтримання герметичності та правильні монтажні рішення, є важливими для мінімізації містків холоду. Зрештою, розуміння цих змінних є необхідним для реалізації повного потенціалу СП у створенні високо ізольованих та енергоощадних огороджувальних конструкцій.

Таблиця 1. Порівняння теплотехнічних та експлуатаційних характеристик наповнювачів СП

Характеристика	PIR (Поліізоціанурат)	PUR (Пінополіуретан)	Мінеральна вата (МВ)
Коефіцієнт теплопровідності λ , Вт/(м·К)	0,022 (найнижчий)	0,029	0,035 - 0,040 (найвищий)
Вогнестійкість	Висока (витримує до 300 ˚С, утворює захисний обвуглений шар).	Середня (витримує до 200 ˚С	Найвища (негорючий матеріал, забезпечує межу EI 60).
Вага 1м^2/t100мм	10,5 кг	10.5кг	16,5 кг

Для того, щоб визначити, які товщини сендвіч-панелей (СП) мають бути, необхідно знати мінімально допустимий приведений опір теплопередачі R_0 для огороджувальних конструкцій

промислових будівель у першій кліматичні зоні, згідно з чинними нормативними документами [5].

Для розрахунку товщини t, мм використовується спрощена формула [6]:

$$t=R_0\times \lambda$$

Візьмемо як мінімально допустимий показник опору теплопередачі для першої кліматичної зони R_0=4,0 м^2×К/Вт

Таблиця 2. Спрощене порівняння співвідношення коефіцієнту теплопровідності та опору теплопередачі відносно товщини наповнювача сендвіч-панелей з різними наповнювачами.

Наповнювач СП	Коефіцієнт теплопровідності (λ), Вт/(м·К)	Необхідна товщина наповнювача для R_0=4,0 м^2·К/Вт	Типові товщини СП для промислових будівель
PIR (Поліізоціанурат)	0,022	Т= 4*0,022=0,088м	100мм
PUR (Пінополіуретан)	0,029	Т= 4*0,029=0,116м	120мм
Мінеральна вата (МВ)	0,037	Т= 4*0,037=0,148м	150мм

Цей графік наочно демонструє, чому PIR є найкращим вибором з погляду енергоефективності та економії матеріалу.

Високий R не є єдиною умовою енергоефективності; критично важливою є мінімальна повітропроникність для усунення конвективних втрат.

Містки холоду (thermal bridges) — це ділянки, де тепловий потік є посиленим, найчастіше це місця стиків панелей (замкові з'єднання) або кріплення [7-9]. Для точного прогнозування рівня енергоспоживання в промислових будівлях необхідний метод кількісної оцінки впливу містків холоду на загальний приведений опір теплопередачі.

Набагато важливіше, щоб панелі були герметично змонтовані, інакше виникають конвективні втрати.

Розрахуємо втрату опору з містків холоду на прикладі панелі Мінеральна Вата (МВ) 150мм:
Розрахунок Опору плоскої частини панелі Rпанелі:

$$R_{панелі} = R_{зовн.пов.} + R_0 + R_{внутр.пов.}$$

Приймаємо (ДСТУ EN ISO 6946:2019 табл. А.1.):

$R_{зовн.пов.\ стіни}$ = 0,04 м^2×К/Вт

$R_{внутр.пов.\ стіни}$ = 0,13 м^2×К/Вт

$$R_{панелі} = 0,04+4+0,13= 4,17\ м^2\times К/Вт$$

Розрахунок загального приведеного опору $R_{0заг}$ (ДСТУ Б EN ISO 10211):

$$R_{0заг} = 1\div((1\div R_{панелі})+((Лін.коеф.теплопередічі*L)\div A_{заг}))$$

Приймаємо:

$A_{заг}$ = 10м^2

L = 4 містка холоду по 2.5 м = 10м

Лін.коеф.теплопередічі (приймаємо умовно, значення повинне бути розрахункове для конкретного випадку) = 0,06 Вт/м×К

$R_{заг}$ = 1÷ ((1÷4,17) +((0,06×10) ÷10)) =3,34. Тобто втрата опору = 4,17-3,34 = 0,83 м^2×К/Вт

Це 20% втрати опору теплопередачі, які спричинено містками холоду, що не були усунені.

Висновки

1. Сендвіч-панелі є технічно обґрунтованим рішенням для зниження енергоспоживання в промислових будівлях, забезпечуючи швидкість монтажу та високий опір теплопередачі.
2. Вибір наповнювача залежить від пріоритетів: PIR забезпечує максимальний за мінімальної товщини завдяки найнижчій теплопровідності. Мінеральна вата є вибором для об'єктів, де домінує вимога пожежної безпеки (негорючість).
3. Для досягнення проектної енергоефективності критично важливим є якісний монтаж, який забезпечує: 1) мінімізацію містків холоду в тому числі через застосування ефективних замкових з’єднань та доцільним конструктивних рішень; 2) дотримання вимог до герметичності для запобігання конвективним втратам.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Годз А. І. Дослідження дефектів сендвіч-панелей з моделюванням процесу теплопередачі: кваліфікаційна робота на здобуття освітнього ступеня магістра. Тернопіль: Тернопільський національний технічний університет імені Івана Пулюя, Кафедра будівельної механіки, 2024. 85 с.
2. Пятничук Т., Гоменюк Д., Заславська С. Збірник освітніх кейсів з енергоефективності та безпеки праці в повоєнному будівництві: практичний посібник. Київ: Інститут професійної освіти НАПН України, 2024. 242 с.
3. Ковальчук В. Вибір утеплювача сендвіч-панелей: мінвата або пінополіуретан. Блог компанії "Gor-Stal". 2021.URL: https://sendvich-panels.com.ua
4. Ткаченко А. Пінополіізоціанурат (PIR) проти поліуретану (PUR): вогнестійкість та теплоізоляція. Блог компанії "Стілма Груп". 2022. URL: https://stilmagroup.com/porivnyannya-sendvich-panelej-z-pir-ta-pur-uteplyuvachamy
5. ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція будівель».
6. ДСТУ EN ISO 6946:2019 «Будівельні конструкції. Тепловий опір та коефіцієнт теплопередачі».
7. ДСТУ Б EN ISO 10211:2017 «Теплові мости у будівлях».
8. ДСТУ EN 13162:2016 «Вироби теплоізоляційні для будівництва. Вироби з мінеральної вати».
9. ДБН В.1.1-7:2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва».

Бевз Яна Максимівна —інженер, ТОВ «ВІНТЕК БУД», м. Вінниця, Вінницького р-ну, Вінницької обл.

Yana Maksymivna Bevz *— Engineer, VINTEK BUD LLC, Vinnitsa, Vinnitsa district, Vinnitsa region.*