

УДК 620.1.05+[536.2.083:691]

Афанасьєв Віктор Валерійович

Аспірант кафедри промислового та цивільного будівництва, orcid.org/0000-0002-8301-9281
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

Мальований Ілля Вікторович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри промислового та цивільного будівництва
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

Радченко Олександр Полікарпович

Кандидат технічних наук, доцент, доцент кафедри міського будівництва та господарства
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

Ярова Юлія Олексіївна

Аспірант кафедри промислового та цивільного будівництва
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

Чеботарьов Валерій Анатолійович

Магістрант кафедри промислового та цивільного будівництва
Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя

**СПОСІБ ВИЗНАЧЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ
ВДОСКОНАЛЕНИХ ТЕХНОЛОГІЧНИХ ПРОЦЕСІВ
ВЛАШТУВАННЯ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ**

***Анотація.** Аналіз наявних технологічних систем утеплення фасадів будинків дозволив виявити слабкі конструктивні елементи – стики та місця кріплення теплоізоляційних плит. Для усунення технологічних містків холоду запропоновано приховану систему кріплення теплоізоляційних матеріалів, суть якої полягає в прихованні всіх кріпильних елементів та місць стикування між плитами під другий шар утеплювача. Розглянуто спосіб визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних теплоізоляційних матеріалів. Для експериментального визначення ефективності прихованої технологічної системи кріплення було запропоновано методологічні підходи на основі способу визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів. Для запропонованої системи зовнішньої теплоізоляції, яка складається з основних плит, що виконані з пазами по периметру, та добірних плит, які розташовуються на стиках основних, визначено технологічний ефект, що складає 12% у порівнянні з традиційною системою кріплення теплоізоляції.*

***Ключові слова:** технологічні процеси; кріплення та стикування плит; система прихованого монтажу; спосіб визначення коефіцієнта теплопровідності; градієнт температур; технологічний ефект*

Вступ

До найактуальніших проблем сучасного суспільства належить організація раціонального енергоспоживання з мінімізацією негативного впливу на навколишнє середовище та оптимізацією використання енергетичних ресурсів за умови достатнього задоволення технологічних та побутових потреб громадян у всіх формах енергії.

За експертними оцінками системна реалізація енергозберігаючих заходів дозволить скоротити експлуатаційні енергозатрати в 2...2,5 рази [1].

Тобто є необхідним аналіз наявних конструктивних та організаційно-технологічних систем будівель, виявлення недоліків даних систем та розробка удосконалених технологічних процесів, які дозволять усунути існуючі недоліки. Нами було

розроблено удосконалену технологічну систему кріплення та стикування теплоізоляційних плит з врахуванням усіх виявлених недоліків. Для визначення технологічного ефекту від цих заходів необхідно проводити енергоаудит утепленого будинку за запропонованою технологією.

Для спрощення даної процедури нами запропонована методика визначення ефективності прийнятих технологічних рішень, яка дозволить виявити технологічний ефект системи прихованого монтажу.

Аналіз останніх джерел досліджень

Для визначення недоліків конструктивних та організаційно-технологічних систем було проведено аналіз наявних технологічних рішень на влаштування теплоізоляції в типових технологічних

картах [2], в альбомах технічних рішень та характеристик теплозвукоізоляції огорожувальних конструкцій торгових марок Knauf, ISOVER [3], в інструкціях з монтажу системи скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд CERESIT, що дозволило встановити напрями підвищення енергоефективності фасадної ізоляції будівель.

Розроблено удосконалену технологічну систему теплоізоляції фасадів будинків [4], яка враховує більшість недоліків попередніх теплоізоляційних систем.

Для встановлення технологічного ефекту розробленої зовнішньої теплоізоляції будинків можна використати запатентований нами спосіб визначення коефіцієнта теплопровідності будівельних матеріалів.

Мета статті

Метою роботи є визначення технологічного ефекту розробленої зовнішньої теплоізоляції будинків, що дозволить зробити висновки про її ефективність і можливість використання.

Завданням роботи є визначення ефективності системи прихованого кріплення та стикування плитних теплоізоляційних матеріалів за рахунок використання способу визначення коефіцієнта теплопровідності, який базується на встановленні залежності між температурою та часом охолодження.

Об'єкт дослідження – система прихованого монтажу теплоізоляційних матеріалів.

Методи дослідження – метод наукового узагальнення і аналізу теоретичних та експериментальних даних; експериментально-теоретичний метод, що включає теоретичний пошук та натуральні дослідження.

Виклад основного матеріалу

Дослідження наявних методів вимірювання теплопровідності

Проаналізуємо наявну методику вимірювання коефіцієнта теплопровідності та дослідимо її переваги і недоліки.

Теплопровідність твердих матеріалів визначають методом динамічного калориметра з тепломіром та адіабатичною оболонкою (ИТ-λ-400) [5].

Досліджуваний зразок поміщають між опорним мідним стержнем і мідною контактною пластиною. Частина теплового потоку $QT(\tau)$, що потрапляє через тепломір, витрачається на нагрівання зразка $Q0(\tau)$. Температурне поле в зразку та пластині можна вважати лінійним. Даний метод використовується в Запорізькому національному університеті на кафедрі фізики твердого тіла для вимірювання теплопровідності переважно металів або зразків з рівномірно відшліфованими поверхнями [6].

Основним недоліком цього методу для

будівельної галузі є вимоги до зразка. Він повинен бути циліндричної форми з плоскопаралельними основами і з відшліфованими поверхнями, а також мати діаметр 10 мм та висоту 1...10 мм. Досягнення таких точних і якісних поверхонь для теплоізоляційних та огорожувальних будівельних матеріалів, які виготовлені на основі органічних речовин, майже неможливе.

Метод поздовжнього теплового потоку та метод Егера і Диссельхорста широко застосовуються для дослідження металів та інших матеріалів з відносно великою теплопровідністю [7 – 9].

На сьогодні в Україні діє нормативний документ [10], який розповсюджується на будівельні матеріали і виробу з теплопровідністю від 0,02 до 1 Вт/м·К і встановлює метод неруйнівного прискореного визначення теплопровідності в інтервалі температур 278-313 К.

Метод полягає в створенні одностороннього короткочасного імпульсу на поверхні виробу та реєстрації вимірів температури на цій поверхні. Первинний перетворювач призначений для перетворення імпульсу електричної енергії в теплову і створення електричного сигналу, який характеризує зміну температури поверхні матеріалу виробу під впливом теплового імпульсу. Імпульсне джерело струму має таймер теплового імпульсу і забезпечує нагрівання пластини первинного перетворювача.

Для вимірювання теплопровідності будівельних матеріалів в Запоріжжі в незалежній випробувальній лабораторії «Будіндустрія ЛТД» використовується прилад БИ-Т021А. Даний метод базується на визначенні теплопровідності у верхніх шарах досліджуваного матеріалу, тому дуже важливою є однорідність зразків. За рахунок неоднорідності структури досліджуваного матеріалу ми не отримуємо достовірного показника теплопровідності теплоізоляційних матеріалів.

Спосіб вимірювання коефіцієнта теплопровідності будівельних теплоізоляційних матеріалів

На рис. 1 показано обладнання, яке реалізує спосіб вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів, де на дно металевих ємностей наклеєно еталонний зразок 1 за допомогою пінополіуретанової клей-піни 2. На бокову поверхню першої ємності закріплено еталонний зразок 3, а на бокову поверхню другої – досліджуваний 4. Верх ємностей закрито еталонним зразком 5. Значення температури знімались за показами термометрів 6.

Спосіб реалізується наступним чином. Формується два однакових теплових потоки, один з яких проходить через досліджуваний зразок, а другий – через еталонний. За однакові проміжки часу, протягом періоду охолодження, фіксують покази термометрів обох зразків.

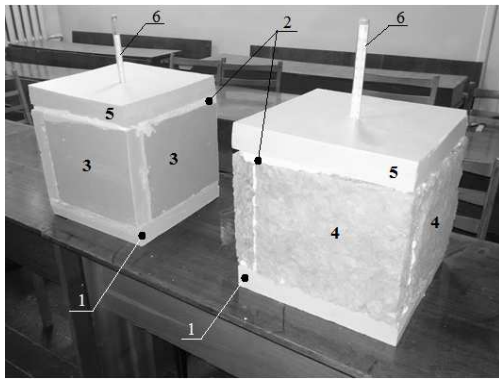


Рисунок 1 – Обладнання, яке реалізує спосіб вимірювання теплопровідності будівельних та теплоізоляційних матеріалів

Дані записують до зведеної таблиці. За результатами дослідження будують графік залежності температури в ємностях від часу охолодження $(T_1, T_2) = f(\tau)$.

Ємності виготовляють з однакового матеріалу, мають однакові геометричні розміри та отримують однакову кількість теплоти $dQ_1 \approx dQ_2$. Системи вони мають різний термічний опір за рахунок використання різних досліджуваного та еталонного зразків. Через різницю в значеннях термічного опору і визначається коефіцієнт теплопровідності досліджуваного зразка.

Розглядається окремо термічний опір ємностей, як опір складних систем.

Теплові потоки можна досліджувати як електричні, тому термічний опір першої ємності визначається наступним чином. Опір однієї стінки дорівнює сумі опорів еталонного зразка, клею та сталі:

$$R'_{ст1} = \frac{\delta_1}{\lambda_1} + \frac{\delta_{кл.}}{\lambda_{кл.}} + \frac{\delta_{ст.}}{\lambda_{ст.}}, \quad (1)$$

де $\delta_1, \delta_{кл.}, \delta_{ст.}$ – товщини еталонного зразка, клею та сталі відповідно; $\lambda_1, \lambda_{кл.}, \lambda_{ст.}$ – коефіцієнти теплопровідності еталонного зразка, клею та сталі відповідно.

Сумарний опір системи розглядається, як паралельне з'єднання провідників:

$$\frac{1}{R_{зар1}} = \frac{1}{R_{ст1}} + \frac{1}{R_{ст2}} + \frac{1}{R_{ст3}} + \frac{1}{R_{ст4}} + \frac{1}{R_{дно}} + \frac{1}{R_{кр}}, \quad (2)$$

де $R_{ст1} = R_{ст2} = R_{ст3} = R_{ст4} = R_{дно} = R_{кр} = R$ – термічний опір стінок, дна і кришки ємності з еталонного зразка.

Отже, згідно з (2), загальний термічний опір еталонної системи визначається за формулою:

$$\frac{1}{R_{зар1}} = \frac{6}{R}; \rightarrow R_{зар1} = \frac{R}{6}. \quad (3)$$

Термічний опір другої ємності визначається за тими ж правилами. Опір однієї стінки:

$$R'_{ст1} = \frac{\delta_2}{\lambda_2} + \frac{\delta_{кл.}}{\lambda_{кл.}} + \frac{\delta_{ст.}}{\lambda_{ст.}}, \quad (4)$$

де $\delta_2, \delta_{кл.}, \delta_{ст.}$ – товщини досліджуваного зразка, клею та сталі відповідно; $\lambda_2, \lambda_{кл.}, \lambda_{ст.}$ – коефіцієнти теплопровідності досліджуваного зразка, клею та сталі відповідно.

Сумарний термічний опір другої ємності дорівнює:

$$\frac{1}{R_{зар2}} = \frac{1}{R'_{ст1}} + \frac{1}{R'_{ст2}} + \frac{1}{R'_{ст3}} + \frac{1}{R'_{ст4}} + \frac{1}{R_{дно}} + \frac{1}{R_{кр}}, \quad (5)$$

де $R'_{ст1} = R'_{ст2} = R'_{ст3} = R'_{ст4} = R'$ – термічний опір стінок з досліджуваного зразка; $R_{дно} = R_{кр} = R$ – термічний опір дна і кришки з еталонного зразка.

Отже, згідно з (5), загальний термічний опір досліджуваної системи визначається за формулою:

$$\frac{1}{R_{зар2}} = \frac{4}{R'} + \frac{2}{R}; \rightarrow R_{зар2} = \frac{R \cdot R'}{4 \cdot R' + 2 \cdot R}. \quad (6)$$

За однакових загальних умов термічний опір – це відношення різниці температур на різних гранях ізоляційного матеріалу до величини теплового потоку, тобто:

$$R_{зар1} = \frac{dT_1}{dQ_1}, R_{зар2} = \frac{dT_2}{dQ_2}. \quad (7)$$

Оскільки теплові потоки рівні $dQ_1 \approx dQ_2$, то

$$\frac{dT_1}{R_{зар1}} = \frac{dT_2}{R_{зар2}}; \rightarrow \frac{dT_1}{dT_2} = \frac{R_{зар1}}{R_{зар2}}. \quad (8)$$

Дана задача не одновимірна, а тривимірна, тому аналітичним способом її розв'язати не вдасться, бо для її вирішення необхідно знати не лише теплопровідності всіх матеріалів (сталь, клей, досліджуваний та еталонний теплоізоляційний матеріал), а й коефіцієнти теплопередачі на всіх границях розділу. Тому припускається, що для однакових температур градієнти теж однакові. Для визначення градієнта температур графічним способом будують графік залежності логарифма температур від часу $Lg(T_1, T_2) = f(\tau)$.

Градієнт температури є тангенсом кута нахилу прямої, отриманої логарифмуванням значень експериментальної кривої для обох зразків. Тобто маємо таку залежність:

$$\frac{gradT_1}{gradT_2} = \frac{dT_1 / d\tau}{dT_2 / d\tau} = \frac{tg\beta}{tg\alpha}, \quad (9)$$

де α – кут нахилу прямої $Lg(T_1)$ до осі τ , отриманої логарифмуванням значень експериментальної кривої еталонного зразка; β – кут нахилу прямої $Lg(T_2)$ до осі τ отриманої логарифмуванням значень експериментальної кривої досліджуваного зразка.

Формули (3), (6) та (9) підставляють у формулу (8) та проводять математичні перетворення.

Коефіцієнт теплопровідності досліджуваного зразка визначають за кінцевою формулою:

$$\lambda_2 = \frac{3 \cdot \frac{\text{tg}\beta}{\text{tg}\alpha} - 1}{3 \cdot \left(1 - \frac{\text{tg}\beta}{\text{tg}\alpha}\right) + \frac{2}{\lambda_1}}, \quad (10)$$

де λ_1 – коефіцієнт теплопровідності еталонного зразка; λ_2 – коефіцієнт теплопровідності досліджуваного зразка; α – кут нахилу прямої $Lg(T_1)$ до осі часу, отриманої логарифмуванням значень експериментальної кривої еталонного зразка; β – кут нахилу прямої $Lg(T_2)$ до осі часу отриманої логарифмуванням значень експериментальної кривої досліджуваного зразка.

Визначення ефективності системи прихованого кріплення та стикування плитних теплоізоляційних матеріалів

Для визначення технологічної ефективності запропонованої системи монтажу теплоізоляційних матеріалів використовуємо спосіб і обладнання, описані вище. Було взято для порівняння однаковий матеріал – пінополістирол на першу і другу ємність, але з різним способом влаштування стиків – традиційним (рис. 2) та прихованим – (рис. 3).

На рис. 2 зображено кріплення теплоізоляційного матеріалу на п'ять дюбелів з кожного боку та з відкритими стиками.

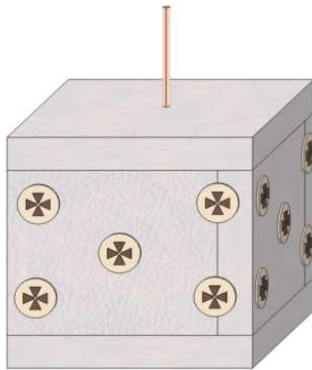


Рисунок 2 – Традиційний спосіб стикування та кріплення теплоізоляційних матеріалів

На рис. 3, а, б показано схему влаштування прихованого монтажу теплоізоляції.

Верх і низ обох ємностей оклеєно пінополістиролом. До уваги беремо лише вертикальні стики, бо розміри даного обладнання не дадуть змоги повною мірою оцінити всі стики.

Для кріплення традиційного листа утеплювача використовується 5 дюбелів, а в нашому способі – 3. Така модель дозволить оцінити ефект запропонованих технологічних рішень на один метр погонний прихованого стику, оскільки висота ємностей 250 мм, стик влаштовано з чотирьох боків.

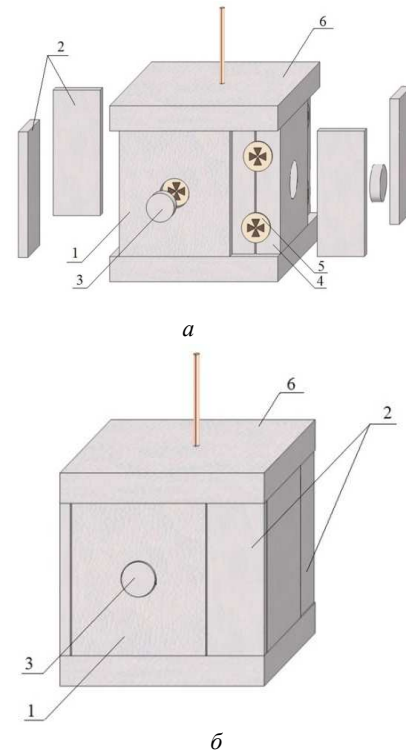


Рисунок 3 – Спосіб прихованого монтажу стикування та кріплення теплоізоляційних матеріалів; а – перший етап влаштування прихованого стику; б – завершений технологічний процес монтажу теплоізоляції; 1 – основна плита теплоізоляційного матеріалу; 2 – добірні плити; 3 – "пінополістирольна кришка"; 4 – паз основної плити; 5 – тарілчасті дюбеля; 6 – еталонна теплоізоляційна плита

За описаним способом експеримент проводився протягом 7 днів і було отримано експериментальні дані температури залежно від часу охолодження, які внесено до зведеної таблиці, де T_1 – температура, знята з першої колби, на якій застосовано традиційне стикування; T_2 – температура, знята з другої ємності, на якій використано технологію прихованого стикування; τ – період часу.

Таблиця – Експериментальні дані з визначення ефективності системи прихованого монтажу кріплення теплоізоляційних матеріалів

№ экс.	τ , год	T_1 , °C	T_2 , °C	$Lg(T_1)$	$Lg(T_2)$
1	0	97,5	97,5	1,8779	1,878
2	4	92,4	92,3	1,8476	1,847
3	8	87,2	87	1,8142	1,813
4	12	82,5	82,3	1,7832	1,782
5	16	78	77,7	1,7543	1,752
6	20	74	73,7	1,7193	1,717
7	24	70,5	70,2	1,6884	1,686
8	28	67	66,6	1,6609	1,657
9	32	64	63,6	1,6314	1,627
10	36	61	60,6	1,6021	1,598
11	40	59	58,5	1,5798	1,574
12	44	55,8	55,3	1,5416	1,535

Закінчення таблиці

№ экс.	τ, год	T ₁ , °C	T ₂ , °C	Lg (T ₁)	Lg (T ₂)
13	48	53,2	52,7	1,5105	1,504
14	52	51,1	50,5	1,4814	1,473
15	56	49,1	48,6	1,4564	1,449
16	60	47,1	46,5	1,4314	1,422
17	64	45,4	44,8	1,4031	1,393
18	68	43,9	43,2	1,3747	1,362
19	72	42,2	41,6	1,3424	1,33
20	76	40,9	40,2	1,3181	1,303
21	80	39,6	38,7	1,2923	1,272
22	84	38,1	37,2	1,2577	1,236
23	88	37	36,1	1,2355	1,212
24	92	35,4	34,4	1,1875	1,158
25	96	34,6	33,7	1,1673	1,14
26	100	33,7	32,7	1,1399	1,107
27	104	32,8	31,8	1,1139	1,079
28	108	32	31,2	1,0864	1,057
29	112	31	30	1,0414	1
30	116	30,5	29,8	1,0212	0,991
31	120	29,9	29,2	0,9731	0,94
32	124	29	28,3	0,9494	0,914
33	128	28,2	27,5	0,9138	0,875
34	132	28	27,3	0,9031	0,863
35	136	27	26,4	0,8573	0,82
36	140	26,8	25,9	0,8451	0,785
37	144	26,4	25,8	0,8062	0,763
38	148	25,8	25	0,7993	0,74
39	152	25,2	24,8	0,7559	0,724
40	156	25	24,6	0,7482	0,716

На основі експериментальних даних з таблиці побудовано графіки залежності температури в ємностях від часу охолодження (T₁, T₂) = f(τ) (рис. 4), та графік залежності логарифма температур від часу Lg(T₁, T₂) = f(τ) (рис. 5).

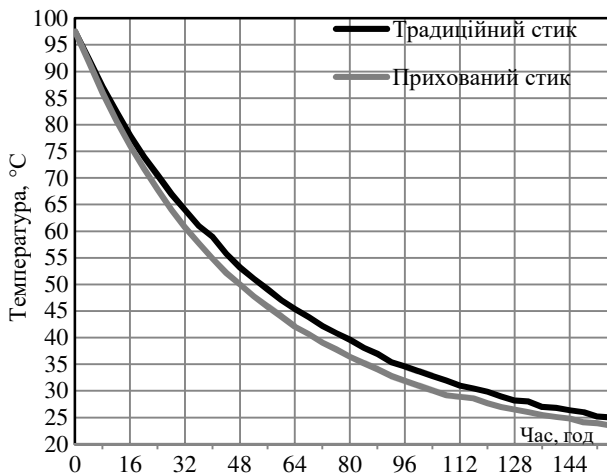


Рисунок 4 – Графік залежності температури в ємностях від часу охолодження (T₁, T₂) = f(τ)

Графіки Lg(T₁, T₂) = f(τ) побудовано для визначення градієнта температур. Для цього, шляхом геометричних побудов продовжуємо експериментальні прямі до перетину з віссю часу. Визначаємо кут

нахилу прямої Lg(T₁) = f(τ) до осі часу β = 26,8° (традиційний стик), та кут нахилу прямої Lg(T₂) = f(τ) до осі часу α = 26°.

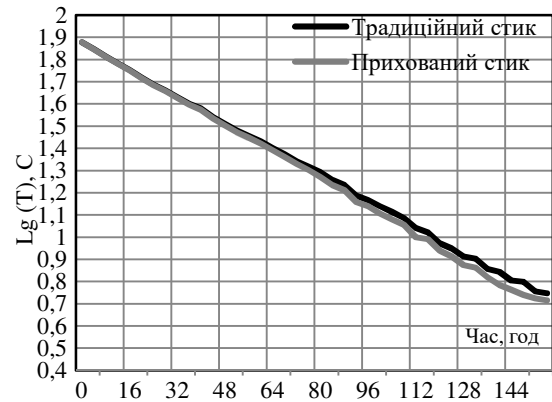


Рисунок 5 – Графік залежності логарифма температур в ємностях від часу охолодження Lg(T₁, T₂) = f(τ)

Отримані дані підставляємо у формулу (10) та отримуємо тотожність для визначення ефективності систем утеплення:

$$\lambda_2 = \frac{3 \cdot \frac{\operatorname{tg} 26,8^\circ}{\operatorname{tg} 26,0^\circ} - 1}{3 \cdot \left(1 - \frac{\operatorname{tg} 26,8^\circ}{\operatorname{tg} 26,0^\circ}\right) + \frac{2}{\lambda_1}} = \frac{2,0107}{\frac{2}{\lambda_1} - 0,109} \quad (11)$$

Використаний спосіб дозволяє легко визначати коефіцієнти теплопровідності будівельних теплоізоляційних матеріалів. Але для визначення ефективності методів стикування необхідно перейти до відносних показників теплопровідності.

Для традиційної системи стикування показник теплопровідності λ₁ = 1 прирівнюємо до одиниці, що буде ідеалом. А за тотожністю (11), визначивши значення λ₂, дізнаємося наскільки ефективніша запропонована система стикування: λ₂ = 1,12.

Отже, за допомогою запатентованої нами методики визначення коефіцієнта теплопровідності ми мали змогу розрахувати технологічний ефект від запропонованої нами системи теплоізоляції з використанням прихованого монтажу кріплень і отримали ефект в 12%.

Висновки

1. Показано реалізацію способу вимірювання коефіцієнта теплопровідності будівельних теплоізоляційних матеріалів.

2. Розроблено методологічні основи та проведено експеримент для визначення ефективності системи прихованого монтажу кріплення та стикування плитних теплоізоляційних матеріалів.

Для запропонованої системи зовнішньої теплоізоляції, яка складається з основних плит, що виконані з пазами по периметру, та добірних плит, які розташовуються на стиках основних, встановлено технологічний ефект, що складає 12% у порівнянні з традиційною системою кріплення теплоізоляції.

Список літератури

1. Современные проблемы реформирования и развития ЖКХ: Монография / Л.В. Беззубко, С.А. Ильяшевич, К.С. Колленок и др.; под общ. ред. д.э.н., проф. В.В. Дорофиевко. – Донецк: Норд-компьютер, 2009. – 237 с.
2. Фаренюк Г.Г., Сердюк С.А., Слюсаренко Ю.С. Альбом технічних рішень та характеристик теплозвукоізоляцій огорожувальних конструкцій житлових, громадських та промислових будинків на основі теплоізоляційних виробів ISOVER / Г.Г. Фаренюк, С.А. Сердюк, Ю.С. Слюсаренко. – К.: ДНДІБК, 2007. – 60 с.
3. Соха В.Г. Система скріпленої зовнішньої теплоізоляції будівель і споруд «Ceresit. 2-ге видання, доповнене і перероблене»: Посібник по проектуванню, монтажу і експлуатації системи / В.Г. Соха, Є.К. Карапузов, О.М. Лівінський, Б.С. Дамаскін, М.Ф. Друкований – К.: МП «Леся», 2009. – 238 с.: іл.
4. Афанасьев В.В. Удосконалення технологічних процесів стикування в фасадних теплоізоляційних системах [Текст] / В.В. Афанасьев, І.В. Мальований, Ю.О. Ярова, Ю.О. Корнійчук // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 30. – С.180-186.
5. Денисова Э.И. Измерение теплопроводности на измерителе ИТ-λ-400 / Э.И. Денисова, А.В. Шак. – Екатеринбург: УГТУ–УПИ, 2005. – 35с.
6. Жметко Д.М. Фізичні методи дослідження: Практикум для студентів фізичного факультету / Д.М. Жметко, П.В. Леміш // Запоріжжя: ЗНУ, 2008. – 77 с.
7. Пелецкий В.Э. Высокотемпературные исследования тепло- и электропроводности твердых тел / В.Э. Пелецкий, Д.Л. Тимрот, В.Ю. Воскресенский // М.: Энергия, 1971. – 192 с.
8. Rowley F.B. Thermal conductivity of building materials / F.B. Rowley, A.B. Algren. – USA: University of Minnesota, Minneapolis, 2002. – 134 p.
9. Клименко А.В. Теоретические основы теплотехники. Теплотехнический эксперимент: справочник / А.В. Клименко, В.М. Зорина // М.: Из-во МЭИ, 2001. – 564 с.
10. ДСТУ Б В.2.7-41-95 (ГОСТ 30290-94). Будівельні матеріали. Матеріали і виробі будівельні. Метод визначення теплопровідності поверхневим перетворювачем. Чинний від 01.01.1996. – К.: НДІБФ, 1995. – 14с.

Стаття надійшла до редколегії 31.07.2017

Рецензент: д-р техн. наук, проф. І.Г. Яковлева, Запорізька державна інженерна академія, Запоріжжя.

Афанасьев Виктор Валериевич

Аспирант кафедры промышленного и гражданского строительства, orcid.org/0000-0002-8301-9281

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

Малеваний Илья Викторович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры промышленного и гражданского строительства

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

Радченко Александр Поликарпович

Кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры гражданского строительства и хозяйства

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

Яровая Юлия Алексеевна

Аспирант кафедры промышленного и гражданского строительства

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

Чеботарев Валерий Анатольевич

Магистрант кафедры промышленного и гражданского строительства

Запорожская государственная инженерная академия, Запорожье

СПОСОБ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ЭФФЕКТИВНОСТИ УСОВЕРШЕНСТВОВАНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПРОЦЕССОВ УСТРОЙСТВА ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ

Аннотация. Анализ существующих технологических систем теплоизоляции зданий позволил определить их слабые конструктивные места – стыки и места креплений теплоизоляционных плит. Для устранения технологических мостиков холода предложена скрытая система крепления теплоизоляционных материалов, суть которой состоит в скрытии всех крепежных элементов и мест стыковки между плитами под второй слой утеплителя. Рассмотрен способ определения коэффициента теплопроводности строительных теплоизоляционных материалов. Для экспериментального определения эффективности скрытой технологической системы креплений были предложены методологические подходы, полученные на основании способа определения коэффициента теплопроводности строительных материалов. Для предложенной системы внешней теплоизоляции, которая состоит из основных плит, выполненных с пазами по периметру, и доборных плит, которые расположены на стыках основных, определен технологический эффект, который составляет 12% в сравнении с традиционной системой укрепления теплоизоляции.

Ключевые слова: технологические процессы; крепление и стыковка плит; система скрытого монтажа; способ определения коэффициента теплопроводности; градиент температур; технологический эффект

Afanasyev Victor

Postgraduate student of industrial and civil construction department, *orcid.org/0000-0002-8301-9281*
Zaporozhia State Engineering Academy, Zaporizhia

Malovanyy Ilya

Associate professor, assistant professor of industrial and civil construction department,
Zaporozhia State Engineering Academy, Zaporizhia

Radchenko Oleksandr

Associate professor, assistant professor of the Department of Urban Construction and Manage
Zaporozhia State Engineering Academy, Zaporizhia

Yarova Yulia

Postgraduate student of industrial and civil construction department
Zaporozhia State Engineering Academy, Zaporizhia

Chebotarev Valeriy

Master student of industrial and civil construction department
Zaporozhia State Engineering Academy, Zaporizhia

**METHOD OF DETERMINING THE EFFICIENCY OF IMPROVED TECHNOLOGICAL PROCESSES
FOR HEAT INSULATION MATERIALS PLACEMENT**

Abstract. *The analysis of existing technological systems of insulation of the building's facades allowed revealing of weak structural elements – joints and places of fastenings of heat-insulating plates. A hidden system of fastening of heat-insulating materials is proposed in order to remove technological bridges of a cold, the essence of which is to conceal all fixing elements and places of fastening between the plates under the second layer of insulation. The method of determining of the thermal conductivity coefficient of construction heat-insulating materials is considered. Methodological approaches are proposed for the experimental determination of the hidden technological mounting system efficiency, which are based on a method of determining the thermal conductivity coefficient of construction heat-insulating materials. Technological effect of 12% comparing to the traditional thermal insulation system is established for the proposed system of external thermal insulation, which consists of main plates with perimeter grooves and additional plates placed on the joints of the main ones.*

Keywords: *technological processes; fastening and joining of plates; hidden mounting system; method of determining of thermal conductivity coefficient; temperature gradient; technological effect*

References

1. Bezzubo, L.V., Ylyashevych, S.A., Komlenok, K.S. (2009). *Modern problems of development and reforming housing and communal services: monograph. Under Society Ed. Dorofyenko V.V. Donetsk: Nord COMPUTER, 237.*
2. Farenjuk, G.G., Serdyuk, S.A., Slyusarenko, Yu.S. (2007). *Album of technical solutions and characteristics of heat and sound insulation walling residential, public and industrial buildings through insulation products ISOVER. Kyiv, Ukraine: DNDIBK, 60.*
3. Soha, V.G., Karapuzov, Ye.K., Livinsky, O.N., Damanskiy, B.S., Drukovany, M.F. (2009). *The system is fastened external insulation of buildings and structures «Ceresit. 2nd edition, revised and supplemented»: Guide for the design, construction and operation of the system. Kyiv, Ukraine: MP «Lesya», 238.*
4. Afanasyev, V.V., Malovanyy, I.V., Yarova, Y.O., Korniychuk, Y.O. (2017). *Improvement of technological processes of connections in facade insulation systems. Management of Development of Complex Systems, 30, 180-186.*
5. Denisova, E.I., Shak, A.V. (2005). *Measurement of thermal conductivity on an IT-λ-400. Ekaterinburg: UGTU-UPI, 35.*
6. Zhmetko, D.M., Lemish, P.V. (2008). *Physical methods of research: Workshop for students of the physical faculty. Zaporozhye: ZNU, 77.*
7. Peletskiy, V.E., Timroth, D.L., Voskresenskiy, V.Yu. (1971). *High-temperature studies of thermal and electric conductivity of solids. Moscow: Energiya, 192.*
8. Rowley, F.B., Algren, A.B. (2002). *Thermal conductivity of building materials. USA: University of Minnesota, Minneapolis, 134.*
9. Klimenko, A.V., Zorina, V.M. (2001). *Theoretical basics of heat engineering. Thermotechnical experiment: reference book. Moscow, Russia: MEI, 2001, 564.*
10. ISO B V.2.7-41-95 (GOST 30290-94). *Construction materials. Construction materials and products. Method of determining of the thermal conductivity by a surface converter. – Valid from 1996.01.01. Kyiv: NDIBF, 14.*

Посилання на публікацію

- APA Afanasyev, V.V., Malovanyy, I.V., Radchenko, O.P., Yarova, Y.O., & Chebotarev, V.A. (2017). *Method of determining the efficiency of improved technological processes for heat insulation materials placement. Management of Development of Complex Systems, 31, 185 – 191.*
- ГОСТ Афанасьев В.В. Способ визначення ефективності вдосконалених технологічних процесів влаштування теплоізоляційних матеріалів [Текст] / В.В. Афанасьев, І.В. Мальований, О.П. Радченко, Ю.О. Ярова, В.А. Чеботарьов // Управління розвитком складних систем. – 2017. – № 31. – С. 185 – 191.