

УДК 624.04:531/534

**ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТЕМПЕРАТУРНИХ ДЕФОРМАЦІЙ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ ФАСАДНИХ СИСТЕМ З ШТУКАТУРНИМ ШАРОМ**

**ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ ТЕМПЕРАТУРНЫХ ДЕФОРМАЦИЙ ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННЫХ МАТЕРИАЛОВ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С ШТУКАТУРНЫМ СЛОЕМ**

**EXPERIMENTAL STUDY OF TEMPERATURE INSULATION MATERIALS DEFORMATION OF FACADE SYSTEMS WITH A LAYER OF PLASTER**

**Борисенко О.Б., асистент; Качан Т.Ю., к.т.н., асистент; Геращенко О. О. студент** (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

**Борисенко Е.Б., асистент; Качан Т.Ю. к.т.н., асистент; Геращенко Е.А., студент** (Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка, м. Полтава)

**Borisenko O.B., assistant; Kachan T.Y., candidate of technical sciences, assistant; Gerashchenko O. O., student** (Poltava National Technical University named of Yuri Kondratyuk, Poltava)

**Наведені результати експериментальних досліджень температурних деформацій та визначення середнього коефіцієнта лінійного теплового розширення теплоізоляційних матеріалів конструкцій фасадної теплоізоляції.**

**Приведены результаты экспериментальных исследований температурных деформаций и определения среднего коэффициента линейного теплового расширения теплоизоляционных материалов конструкций фасадной теплоизоляции.**

**The article deals with the experimental results of temperature deformations researching and the determining of the average linear thermal expansion insulation materials coefficient of facade insulation construction.**

**Ключові слова:**

Теплоізоляція, температура, деформації.

Теплоизоляция, температура, деформации.

Insulation, temperature, deformation.

**Вступ.** Одним з конструктивних рішень теплоізоляції зовнішніх стін в Україні, що набули в даний час широкого поширення у проектуванні і будівництві житлових будинків і будівель іншого призначення, є фасадна теплоізоляція з опорядженням тонкошаровою штукатуркою [1-2]. Даний тип теплоізоляції може застосовуватися як при новому будівництві, так і при реконструкції і термомодернізації існуючих будівель.

Ключовим моментом у забезпеченні експлуатаційної надійності та довговічності системи фасадної теплоізоляції є стійкість фасадних штукатурок в процесі експлуатації до дії кліматичних факторів [3-4].

Для штукатурних покриттів існує проблема розтріскування і втрати зчеплення з основою при дії перепадів температур. Важливою експлуатаційною характеристикою штукатурних покриттів та теплоізоляційних матеріалів, поряд з міцністю на розтяг і стиск, що визначає тріщиностійкість опорядження і впливає на довговічність фасадної системи в цілому, є температурні деформації матеріалів, кількісні значення якої не представлені в паспортних характеристиках виробником систем фасадної теплоізоляції.

При коливанні температур зовнішнього повітря елементи конструкцій фасадної теплоізоляції піддаються термічному розтягуванню та стисненню. Застосування матеріалів із різними коефіцієнтами термічного розширення може порушити сумісну роботу теплоізоляційних шарів при зміні температури повітря. При фасадному утепленні необхідно враховувати, що коефіцієнти лінійного розширення штукатурки і теплоізоляційного шару не завжди збігаються і узгоджуються, це призводить до відставання і подальшого руйнування облицювального шару.

**Аналіз останніх досліджень.** У випадку контакту утеплювача з штукатурними матеріалами, наявності багатошарових конструкцій, коефіцієнт теплового розширення впливає на величину внутрішніх механічних напружень у штукатурці при її контакті з іншими матеріалами. Даний параметр характеризує термічну стійкість та надійність роботи фасадної теплоізоляції при наявності різкої зміни чи градієнта температур.

При монтажі фасадної теплоізоляції з штукатурним шаром часто не враховується сумісна робота утеплювача і штукатурного покриття. У зв'язку з цим виникають численні пошкодження фасадної системи у вигляді тріщин, і, як наслідок, виникнення теплових відмов при експлуатації.

Деякі значення коефіцієнта температурного розширення штукатурного шару можливо знайти у закордонних польських виробників. Так наприклад:

– для оздоблювальних штукатурних покриттів на мінераловатній основі -  $8 \times 10^{-6}$  мм  $^{\circ}$ К;

– для штукатурних покриттів на пінополістирольній основі -  $9 \times 10^{-6}$  мм  $^{\circ}$ К.

Виконані за останній час дослідження [3-4] свідчать про те, що під дією температури змінюється міцність та відбуваються деформації штукатурних покриттів фасадної теплоізоляції. При тривалій багаторазовій зміні температури матеріали "втомлюються" і руйнуються. При цьому руйнується менш міцний матеріал, тобто штукатурний шар [7].

Теплова надійність конструкції оцінювалася за наявністю або відсутністю пошкоджень штукатурного шару, які виникають внаслідок теплових деформацій. Температурні деформації штукатурного шару конструкції фасадної теплоізоляції залежать від зміни коефіцієнта температурного розширення штукатурки та теплоізоляційних матеріалів. Тому подальше дослідження спрямоване на визначення лінійного коефіцієнта температурного розширення матеріалів фасадної теплоізоляції.

**Постановка мети і задач досліджень.** Мета роботи – визначити температурні деформації теплоізоляційних матеріалів (мінераловатні плити) та розрахувати середній коефіцієнт лінійного теплового розширення.

Для досягнення поставленої мети вирішувалися наступні задачі:

- провести експериментальні дослідження мінераловатних плит, що застосовуються при фасадному утепленні з тонкошаровою штукатуркою;
- дослідити температурні деформації даних матеріалів;
- розрахувати середній коефіцієнт лінійного теплового розширення;
- зробити висновки та практичні рекомендації.

**Методика досліджень.** Проведені експериментальні дослідження по визначенню коефіцієнта температурного розширення мінераловатних плит, що використовуються у фасадній теплоізоляції з тонким штукатурним шаром. У ході експериментальних досліджень визначено температурна залежність коефіцієнта лінійного розширення теплоізоляційного шару.

Коефіцієнт лінійного теплового розширення (КТР) визначається як відношення зміни лінійних розмірів матеріалу до зміни температури. Отже, це відносна зміна довжини на градус зміни температури. Коефіцієнт лінійного теплового розширення ( $\alpha_L$ ) в  $^{\circ}\text{K}^{-1}$  обчислюється за формулою:

$$\alpha_L = \frac{1}{L} \cdot \frac{dL}{dT} \quad (1)$$

де:  $\Delta L = l_0 - l_n$  - приріст довжини зразка в границях інтервалу температур, мм;

$\Delta T = t_1 - t_0$  - прирощення температури від  $t_0$  до  $t_1$ ,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$t_0, t_1$  - нижня і верхня межі інтервалу температур,  $^{\circ}\text{K}$ ;

$L$  - довжина зразка при  $20^{\circ}\text{K}$ , мм.

Відносна зміна лінійного розміру, котра може розглядатись як відносна деформація, може бути записана:

$$\varepsilon = \frac{\Delta L}{L} = \alpha_L \cdot \Delta T \quad (2)$$

При визначенні середнього коефіцієнта лінійного термічного розширення випробування проводили за методикою, описаною в [5]. Експериментальні дані обробляли у програмі «Excel 2000». При побудові кривої для кожного матеріалу випробовували по три зразка [5].

Сутність методу передбачає випробування зразка мінераловатної плити, при якому визначають коефіцієнт лінійного теплового розширення за допомогою таких приладів:

а) електрична муфельна піч типу «Снол», яка підтримує однакову температуру по всій довжині зразка;

б) тензометрична станція АД-4, що передає розширення на індикатор для вимірювання подовження;

в) тензорезистор типу ПКБ з базою 50 мм для вимірювання приросту довжини зразка при його збільшенні або зменшенні в процесі нагрівання;

г) термодатчик з градуванням для виміру температури зразка з похибкою не більше  $0,1\text{ }^{\circ}\text{K}$ ;

д) клей БФ-2 для прикріплення тензорезистора до зразка (єдиний тип клею, який не вступив у реакцію з утеплювачем).

При визначенні середнього коефіцієнта лінійного термічного розширення випробування проводили на установці, показаній на рис. 1.



Рис. 1. Установка для випробування.

Для випробування використали зразок розміром  $20 \times 20 \times 5$  см та густиною  $140\text{ кг/м}^3$ . Поверхня зразка була рівна, не мала тріщин та інших дефектів. Розміри і форма зразків показані на рис. 2.

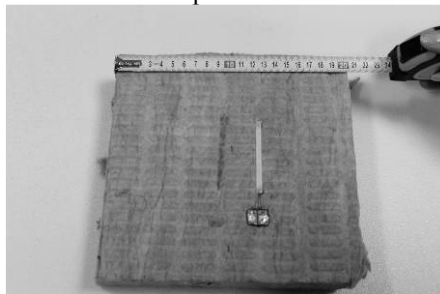


Рис. 2. Розміри і форма зразків для випробування.

Вимірювання приросту довжини зразка визначали при температурах, відповідних кордонів інтервалу  $t_0 - t_n = 20 - 100$  °K. Випробування починають при температурі 20°K, так як точність температур є необхідною умовою для цих випробувань (вказану температуру вважають початковою температурою).

**Результати досліджень.** Результати циклічних випробувань мінераловатних плит (охолодження до 20°K і нагрівання до +100°K) показали, що у цьому випадку відбувається лінійна усадка теплоізоляційного матеріалу. Зміна лінійних розмірів зразків характеризується коефіцієнтом лінійного термічного розширення ( $\alpha_L$ ). Зі збільшенням числа циклів випробувань (нагрівання - охолодження) в інтервалі температур 20 - 100 °K лінійна усадка збільшується,  $\alpha_L$  зменшується.

Графік залежності температурних деформацій при зміні температур наведений на рис. 3.

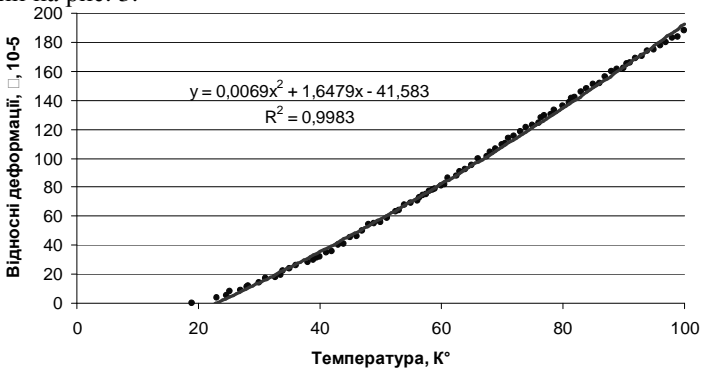


Рис. 3. Відносні деформації мінераловатних плит під дією температури.  
На рис. 4 видно криві теплового розширення теплоізоляційних матеріалів.

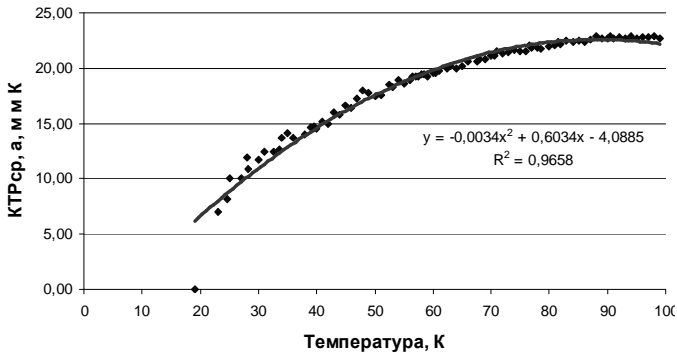


Рис. 4. КТР мінераловатних плит.

Виходячи з формули (2) визначаємо коефіцієнт лінійного теплового розширення:

$$\alpha_L = \frac{\varepsilon}{\Delta T} \quad (3)$$

Використовуючи формулу (3) визначили значення  $\alpha$  для всього діапазону зміни температури. За формулою (4) обчислили середнє значення коефіцієнту теплового лінійного розширення мінеральної вати  $\alpha_{cp}$ :

$$\alpha_{cp} = \frac{\sum_{i=1}^n \alpha_i}{n} . \quad (4)$$

Визначаємо відносну та абсолютну похибки вимірювань. Результати циклічних випробувань мінераловатних плит показали, що в цьому випадку відбувається лінійна усадка теплоізоляційного матеріалу. Зміна лінійних розмірів зразків характеризується середнім коефіцієнтом лінійного термічного розширення ( $\alpha$ ), який становить  $19 \cdot 10^{-6} \text{ м м}^{-1} \text{ }^{\circ}\text{К}$ .

Для порівняння отриманих даних із значеннями коефіцієнта теплового розширення суміжних шарів теплоізоляційного шару наведено таблицю 1.

Таблиця 1.

Значення термічного коефіцієнта лінійного розширення для деяких матеріалів

Матеріал конструкції	КТР, (м м <sup>-1</sup> °К)
Цегляна кладка (стара цегла)	$5 \cdot 10^{-6}$
Вапняно-піщана штукатурка	$8 \cdot 10^{-6}$
Цементно-піщана штукатурка	$10 \cdot 10^{-6}$
Пінополістирольні плити	$50 \cdot 10^{-6}$

**Висновки.** Наявні данні свідчать, що змінність значень температурного коефіцієнта лінійного розширення теплоізоляційних матеріалів зазвичай, не враховуються при влаштуванні фасадної теплоізоляції, що суттєво знижує їх експлуатаційну надійність. При вимушених температурних деформаціях у фасадних конструкціях виникають температурні напруження, величина яких може набагато перевищувати напруження від силових впливів.

Тому, при фасадному утепленні необхідно враховувати, що коефіцієнти лінійного розширення штукатурки і теплоізоляційних матеріалів не завжди узгоджуються, що призводить до температурних деформацій у товщі матеріалу і як наслідок виникнення теплових відмов при їх експлуатації.

У ході експериментальних досліджень визначено середній коефіцієнт теплового розширення мінераловатних плит. Коефіцієнт теплового розширення мінераловатних плит в 2,5 рази менший за пінополістирольні плити. Тому, при використанні в якості утеплення плит мінераловатних, температурні деформації що виникають в площині кріплення утеплювача і штукатурного шару значно зменшуються.

1. ДСТУ В.2.6-36:2008. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 43 с.
2. ДБН В.2.6-31: 2006. Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель. – К.: Мінбудархітектури України, 2006. – 71 с.
3. Чернявський, В. В., Кліматичні фактори впливу на теплоізоляційні фасадні системи з тонким штукатурним шаром / В. В. Чернявський, О. Б. Борисенко // Містобудування та територіальне планування. Вип. 37. Київ: КНУБА, 2010. – С. 559 – 564.
4. Чернявський, В. В., Деструктивні фактори впливу на фасадну теплоізоляцію з штукатурним шаром / В. В. Чернявський, О. Б. Борисенко // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Вип. 21. Рівне, 2011. – С. 552 – 561.
5. ГОСТ 15173-70. Пластмассы. Метод определения среднего коэффициента линейного теплового расширения. – М.: Изд-во стандартов, 1970. – 6 с.
6. Фаренюк Г. Г. Класифікація та структура теплових відмов ізоляційної оболонки житлових та громадських будинків / Г. Г. Фаренюк // Будівництво України, – К., 2008, №10, – С. 32 – 34.
7. Василик П. Г., Голубев И. В., Трещины в штукатурках. // Строительные материалы. – 2003. – №4. – С. 14 – 16.