

ОЦІНКА ДОВГОВІЧНОСТІ СУЧАСНИХ ФАСАДНИХ СИСТЕМ З ТОНКИМ ШТУКАТУРНИМ ШАРОМ

Наведено оцінку довговічності фасадних систем з тонкошаровою штукатуркою з урахуванням мінливості їх фізико-механічних властивостей, дефектів і пошкоджень, навантажень і впливів на них.

Ключові слова: фасадна теплоізоляція, збірна система, конструктивна схема, технічні вимоги, випробування, довговічність.

Постановка проблеми. Сучасна будівля – це складний комплекс різних інженерних систем, конструкцій і матеріалів, до якого пред'являються досить жорсткі вимоги, не лише такі традиційні, як стійкість до зовнішніх дій, естетичність і довговічність, але й нові, що відповідають сучасним уявленням про цілі та завдання будівництва. Серед них перш за все виділяють: енергоефективність – максимальне зниження енергоспоживання при експлуатації будівлі (мінімізація витрат питомої енергії на одиницю об'єму); екологічність – безпека експлуатації будівлі, комфортність мешкання в ній у поєднанні з економією паливних ресурсів і зниженням шкідливих викидів в атмосферу [1].

З метою зниження експлуатаційних витрат та підвищення комфортності приміщення застосовується конструкція фасадної теплоізоляції, в якій шар утеплювача кріпиться до несучої частини стіни за рахунок клейових і механічних засобів з нанесенням опоряджувального покриття [2]. Ця система фасадної теплоізоляції з'явилася в Європі в середині 50-х років ХХ століття. Із середини 90-х років минулого століття комплексне утеплення фасадів будівель стало поширеним і в нашій країні, оскільки дозволяє розв'язати ряд важливих завдань: забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту огорожень від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативних параметрів мікроклімату приміщень та надання фасадам будинків і споруд привабливого естетичного вигляду.

Аналіз останніх досліджень. Досвід, накопичений у європейських країнах, у сфері енергоефективних стінових конструкцій дозволив обґрунтувати вимоги до мінімального терміну служби систем теплоізоляції. Результати випробувань та експлуатації за більш ніж 20 років були узагальнені в нормативному документі ЕОТА (European Committee for Technical Approvals) – ETAG 004 «External Thermal Insulation Composite Systems with Rendering», який на сьогодні визначає порядок проведення випробувань і сертифікації енергоефективних огорожувальних конструкцій у країнах Європейського Союзу. Крім того, діє ряд інших нормативних документів (EN 13499, EN 13500), які також лежать в основі процедури технічної апробації системи і системних матеріалів.

В Україні нині існують офіційно затверджені норми конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками [3]. Стандарт установлює класифікацію системи теплоізоляції, загальні технічні вимоги, основні вимоги до проектування, правила влаштування та експлуатації, а також метод визначення стійкості конструкцій теплоізоляції до кліматичних впливів.

Виділення не розв'язаних раніше проблем. До зовнішніх впливів, що діють на теплоізоляційну оболонку й обумовлюють виникнення граничних станів стінових конструкцій, віднесено зміну температури та вологості зовнішнього й внутрішнього повітря, атмосферні впливи – сонячне опромінення, дощ, сніг, вітер тощо [4]. Можливе зниження теплотехнічних показників фасадної системи залежить від закономірностей процесів тепломасопереносу, що формуються теплофізичними властивостями матеріалів, конструктивним рішенням огороження, а також від становлення критичних станів вологи в товщі фасадної системи, які призводять до значних змін властивостей матеріалів та елементів конструкції і, як наслідок, до погіршення енергетичного стану загальної системи. Це обумовлює необхідність ретельного аналізу

всіх складових, що впливають на показники довговічності фасадної системи з тонкошаровою штукатуркою.

Формулювання мети та завдань досліджень. Мета роботи – оцінка довговічності фасадної системи з тонкошаровою штукатуркою з урахуванням мінливості її фізико-механічних властивостей, дефектів і пошкоджень та навантажень і впливів на неї.

Завдання дослідження:

- аналіз методики оцінювання довговічності конструктивного рішення фасадної системи теплоізоляції;
- встановлювання критеріїв оцінювання експлуатаційних характеристик та фізико-механічних властивостей конструкцій фасадної теплоізоляції для визначення її довговічності й експлуатаційної надійності;
- оцінка технічних вимог до конструктивних елементів фасадних систем.

Виклад основного матеріалу. Композиційна система з тонкими штукатурними шарами складається з комплексу елементів, кожний з яких виконує певну функцію (рис. 1):

- клейовий склад призначений для кріплення теплоізоляційного матеріалу до стінної конструкції;
- теплоізоляційний матеріал (мінераловатна плита, пінополістирол) забезпечує необхідні теплотехнічні показники конструкції в цілому;
- базовий склад призначений для влаштування основного армуючого клейового шару, що наноситься поверх теплоізоляційного матеріалу і містить армуючі елементи;
- армуючі елементи (корозійностійкі склосітки, армуючі й підсилюючі алюмінієві та пластикові профілі й ін.);
- декоративно-захисні фінішні покриття захищають систему від проникнення атмосферної вологи і додають архітектурну виразність фасадам будівлі.

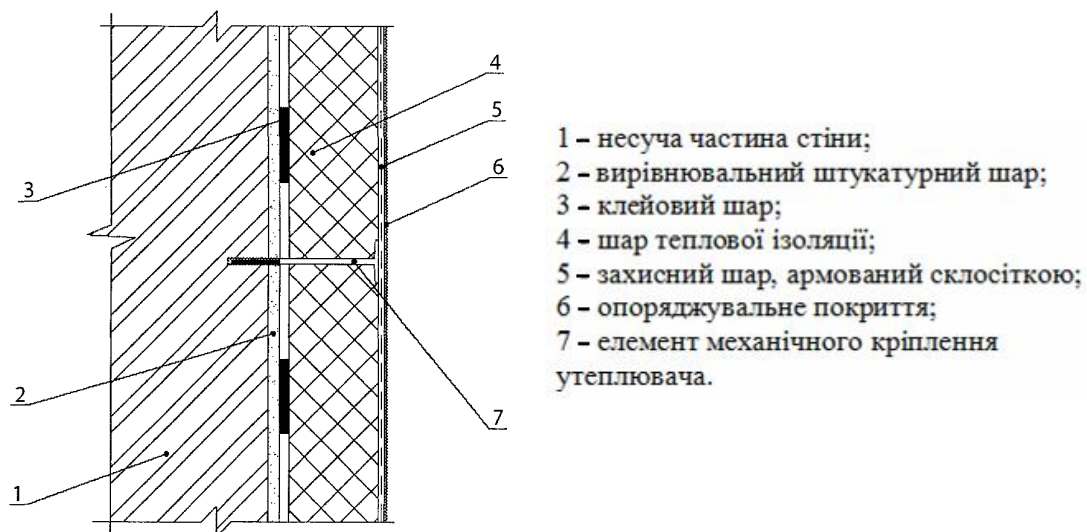


Рисунок 1 – Конструктивна схема збірної системи з опорядженням тонкошаровими штукатурками

Відповідно до свого призначення кожний елемент системи повинен мати певні фізико-механічні і теплотехнічні характеристики. У комплексі елементи теплоізоляції мають забезпечувати максимальну довговічність системи та її надійну безаварійну роботу в період експлуатації. Фасадна конструкція впродовж усього терміну експлуатації піддається значним природно-кліматичним навантаженням [5]. Дія знакозмінної температури при різних показниках вологості й інші несприятливі поєднання кліматичних умов можуть призвести до порушення роботи системи в цілому, її пошкодження або навіть до часткового чи повного руйнування [6]. Із цієї причини кожна система теплоізоляції з тонким штукатурним шаром повинна обов'язково випробовуватися на стійкість до вищезазначених дій.

З точки зору забезпечення фізико-механічних показників фасадної теплоізоляції найбільш важливою частиною системи є армований базовий штукатурний шар – шар спеціального цементно-полімерного розчину, що наноситься поверх теплоізоляційного

матеріалу й армується корозійностійкими сітками. Він має вирішальну роль у визначенні основних фізико-механічних характеристик системи в цілому.

Базовий шар – основний захисний шар для теплоізоляційного матеріалу, який сприймає і перерозподіляє всі зовнішні навантаження і дії (механічне ударне навантаження, температурні деформації, усадка та ін.). Він також забезпечує адгезію з утеплювачем (пінополістирол, мінераловатна плита), високу еластичність і ударну міцність, низьку усадку, високу паропроникність та низьке водопоглинання.

У разі використання у базовому штукатурному шарі матеріалів, що мають властивості, які не відповідають потрібним, а також у випадку порушення технології нанесення складів вірогідність пошкодження системи вже в початковий період експлуатації різко зростає (рис. 2).

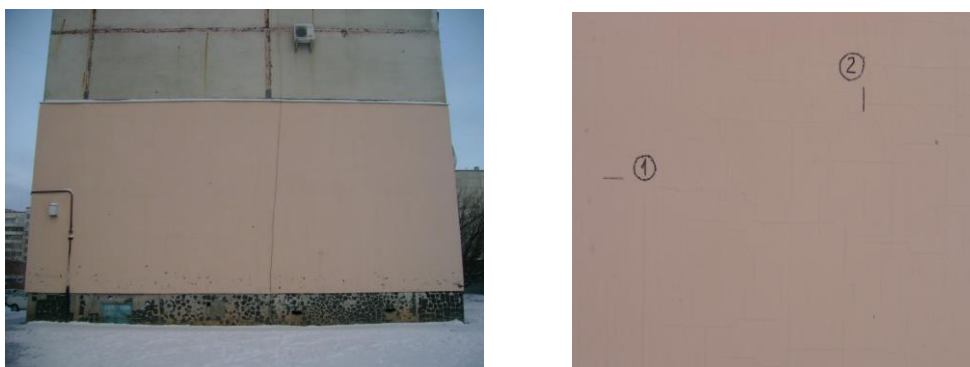


Рисунок 2 – Фасадна система панельного будинку, спрямована на захід

Виходячи з практичного досвіду використання фасадної теплоізоляції, були визначені основні показники для клейових, базових і декоративно-захисних складів, які забезпечують їх надійну експлуатацію [3]. Ці показники використовуються у тому числі й при оцінюванні технічної придатності (табл. 1).

Таблиця 1 – Технічні вимоги до клейового шару

| Найменування показника | Нормативне значення |
|---|---------------------|
| Час використання розчинової суміші, хв, не менше | 120 |
| Відкритий час розчинової суміші, хв, не менше | 20 |
| Час коригування положення наклеєного утеплювача, хв, не менше | 10 |
| Міцність зчеплення розчину з основою після витримування: | |
| – у повітряно-сухому стані, МПа, не менше; | 0,5 |
| – після поперемінного заморожування-відтавання (75 циклів), МПа, не менше | 0,5 |

Таблиця 2 – Технічні вимоги до захисного шару

| Найменування показника | Нормативне значення |
|--|---------------------|
| Час використання розчинової суміші, хв, не менше | 60 |
| Міцність розчину на стиск, МПа, не менше | 10 |
| Коефіцієнт водопоглинання розчину, % за масою, не більше | 0,5 |
| Осідання розчину, мм/м, не більше | 1,5 |
| Міцність зчеплення розчину з органічним/мінеральним утеплювачем після: | |
| – витримування у повітряно-сухих умовах, МПа, не менше; | 0,08 / 0,015 |
| – поперемінного заморожування-відтавання (75 циклів), МПа, не менше; | 0,08 / 0,015 |
| – температурного впливу, МПа, не менше | 0,08 / 0,015 |
| Паропроникність розчину, мг/м · год · Па, не менше: | |
| – по органічному утеплювачу; | 0,03 |
| – по мінеральному утеплювачу | 0,04 |

Таблиця 3 – Технічні вимоги до декоративного шару

| Найменування показника | Нормативне значення | |
|---|---------------------|------------|
| | Полімерцементний | Полімерний |
| Час використання розчинової суміші, хв, не менше | 60 | 30 |
| Міцність зчеплення розчину із захисним шаром після витримування у повітряно-сухих умовах, МПа, не менше | 0,5 | 0,5 |
| Морозостійкість розчину, цикли, не менше: | | |
| – цоколь; | 75 | 75 |
| – стіни | 50 | 50 |
| Коефіцієнт водопоглинання розчину, % за масою, не більше | 0,5 | 0,2 |
| Паропроникність розчину, мг/м · год · Па, не менше | 0,04 | 0,03 |

Для забезпечення нормативних теплотехнічних показників у конструкції теплоізоляції використовують сучасні ефективні утеплювачі, такі як пінополістирол і мінераловатні вироби різної щільності, що випускаються на основі базальтового волокна. Фізико-механічні й теплотехнічні показники таких утеплювачів наведені в таблиці 4.

Системи теплоізоляції з пінополістирольним утеплювачем порівняно з мінватою мають меншу масу і дають значну економію фінансових коштів. Проте головним недоліком пінополістиролу є його горючість. Але в Україні його вживання істотно обмежене (пінополістирол застосовується лише у поєднанні з протипожежними вставками з мінеральної вати). Крім того, спостерігається тенденція до зниження використання пінополістиролу. Таким чином, фасадна теплоізоляція з утеплювачем з мінеральної вати нині є найбільш перспективним напрямом в утепленні фасадів, а отже, найцікавішим з точки зору експериментальних досліджень.

Таблиця 4 – Технічні вимоги до плит теплоізоляційних матеріалів

| Назва показника | Величина показника для плит на | |
|---|--------------------------------|---------------------------|
| | органічній основі | мінеральній основі |
| Густина, кг/м ³ , не менше | 15 | 150 |
| Теплопровідність при 25 °С, Вт/м ² · К, не більше | 0,039 | 0,032 ÷ 0,045 |
| Границя міцності на стиск при 10% деформації, МПа, не менше | 0,08 ÷ 0,1 | 0,05 ÷ 0,07 |
| Границя міцності при розтягуванні у напрямку товщини плити, МПа, не менше | 0,08 ÷ 0,1 | 0,02 |
| Паропроникність, мг/м · год · Па, не менше | 0,05 | 0,08 |
| Відхилення розмірів плити, мм/м: | | |
| – за довжиною | ±2 | ±3 |
| – за шириною | ±2 | ±2 |
| – за товщиною | ±1 | ±2 |
| Різниця за довжиною діагоналей, мм, не більше | 4 | 5 |
| Термін ефективної експлуатації | Не менше 25 умовних років | Не менше 25 умовних років |

Довговічність та експлуатаційна надійність конструкцій теплоізоляції зазвичай підтверджується серійними випробуваннями. Для випробування фізико-механічних властивостей фасадних систем на кліматичні дії і з метою прогнозування їх експлуатаційної надійності та довговічності ЕТАС 004 ЕОТА вводить метод випробування повнорозмірних зразків систем теплоізоляції. Для проведення випробувань використовується спеціальний стенд, на якому вмонтовується зразок системи площею не менше 6 м², і мобільна кліматична камера, в котрій відтворюються різні режими температурної вологості (рис. 4).



Рисунок 4 – Кліматична камера для випробування огорожувальних конструкцій

Програмою кліматичних випробувань, передбачених європейським стандартом ETAS 004 EOTA, заплановано такі циклічні дії на фасадну композиційну систему з тонкими штукатурними шарами (ЕТГСБ):

- 80 літніх циклів тривалістю 6 годин, де 2 год підтримується $T = 70^{\circ}C$ і $RH = 10\%$; 1 год імітується дощ при $T = 15^{\circ}C$ та 2 год конструкція витримується при $T = 20^{\circ}C$;

- 5 зимових циклів тривалістю 24 год, де 8 год підтримується $T = 50^{\circ}C$ і $RH = 10\%$ та 16 год конструкція витримується при $T = -20^{\circ}C$;

- між циклами конструкція витримується 48 год без будь-яких температурно-вологісних впливів при $T = 23^{\circ}C$ і $RH = 50\%$.

Отже, кліматична камера забезпечує моделювання різноманітних атмосферних впливів на будівлю. Відповідно до цих досліджень довговічність сертифікованої системи складає не менше 25 років за умови, що вона централізовано поставляється, правильно спроектована, змонтована і правильно експлуатується.



Рисунок 5 – Мобільний стенд огорожувальної конструкції для кліматичних досліджень

Такий цикл випробувань відображає кліматичні характеристики Західної і Центральної Європи.

Метод визначення стійкості конструкцій із фасадною теплоізоляцією до кліматичних впливів згідно з нормами України [3] полягає в тому, що конструкцію з фасадною теплоізоляцією з опорядженням штукатурками піддають циклічним кліматичним впливам, що імітують умови експлуатації виробів у складі збірної системи, та визначають зміни експлуатаційних характеристик системи. Метод випробувань базується на циклічному чергуванні різних режимів кліматичних дій на огорожувальну конструкції: дощування – заморожування – відтавання – нагрівання.

Кількість випробувань становить не менше ніж 60. Проте для реальних конструкцій приймаються такі показники: 75, 100 і 150 циклів. Ця кількість досліджень умовно відповідає довговічності випробовуваної конструкції в роках – 10, 15 і 25 років (при позитивному результаті випробувань). Через кожні десять циклів випробувань

фіксують зміни опоряджувального шару дослідного зразка, наявність або відсутність пошкоджень штукатурного шару у вигляді тріщин, розколів, зміни кольору тощо, які утворилися внаслідок теплових та вологісних деформацій при циклічних кліматичних впливах.

Система фасадної теплоізоляції з оштукатурюванням по сітці повинна тривалий період зберігати первинні тепло- й гідрозахисні властивості при експлуатаційних діях на рівні, передбаченому проектом. Більшість розробників систем фасадної теплоізоляції визначають безремонтний термін служби для своїх систем у межах 30 – 40 років, проте в реальних умовах спостерігаються ознаки відмов системи вже через декілька років.

Висновки: Таким чином, очевидно, що вибір конструктивного рішення, у тому числі й типу утеплювача, якісного виконання системи теплоізоляції відіграє значну роль у її надійній роботі та істотно впливає на довговічність конструкції в цілому. Значний вплив на ці показники якості елементів системи має і правильно побудована програма моніторингу конструкції в процесі експлуатації. Тому необхідність розроблення нормативної й експериментально-технічної бази, а також проведення максимально широкого кола експериментальних досліджень у цій сфері не викликають сумнівів. Крім того, абсолютно очевидно, що без створення критеріїв оцінювання експлуатаційних характеристик та фізико-механічних властивостей конструкцій фасадної теплоізоляції для визначення їх довговічності та експлуатаційної надійності неможливе і вирішення питання енергоефективності огорожувальних конструкцій і будівлі в цілому.

Література

1. ДБН В.2.6-31: 2006. *Конструкції будинків і споруд. Теплова ізоляція будівель.* – К.: Мінбудархітектури України, 2006. – 71с.
2. ДБН В.2.6-33:2008. *Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.* – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 24 с.
3. ДСТУ В.2.6-36:2008. *Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками.* – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 43 с.
4. 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. – К.: КНУБА, 2010. – С. 559-564.
5. Чернявський, В.В. *Аналіз розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи залежно від температури та вологості зовнішнього повітря* / В.В. Чернявський, О.Б. Борисенко // *Збірник наукових праць (галузеве машинобудування, будівництво).* – Полтава: ПолтНТУ, 2010. – Вип. 2 (27). – С. 147–152.
6. Чернявський, В. В., *Деструктивні фактори впливу на фасадну теплоізоляцію з штукатурним шаром* / В.В. Чернявський, О.Б. Борисенко // *Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наук. пр.* – Вип. 21.Рівне, 2011. – С. 552-561.

Надійшла до редакції 08.12. 2011

© О.Б. Борисенко, М.В. Сидоренко

А.Б. Борисенко, аспирант, М.В. Сидоренко, студент

Полтавский национальный технический университет имени Юрия Кондратюка

ОЦЕНКА ДОЛГОВЕЧНОСТИ СОВРЕМЕННЫХ ФАСАДНЫХ СИСТЕМ С ТОНКИМ ШТУКАТУРНЫМ СЛОЕМ

Приведена оценка долговечности фасадных систем с тонкослойной штукатуркой с учетом изменчивости их физико-механических свойств, дефектов и повреждений, нагрузок и влияний на них.

***Ключевые слова:** фасадная теплоизоляция, сборная система, конструктивная схема, технические требования, испытания, долговечность.*

O.V. Borysenko, graduate student, M.V. Sidorenko, student

Poltava National Technical University named after Yuri Kondratyuk

LIFETIME EVALUATION OF MODERN FACADE SYSTEMS OF FINE PLASTER LAYER

The article provides an assessment of durability of facade with a plaster taking into account changeability fiziko-mechanical properties, defects, damages, loadings and influences on them.

***Key words:** facade insulation, structural scheme, team system, technical requirements, testing, durability.*