

В.В. Чернявський, А.М. Пащенко, О.Б. Борисенко
Полтавський національний технічний університет імені Юрія Кондратюка

АНАЛІЗ ДІЇ ТЕМПЕРАТУРИ ТА ВОЛОГОСТІ ЗОВНІШНЬОГО ПОВІТРЯ НА РОЗКРИТТЯ ТРІЩИН ШТУКАТУРНОГО ШАРУ ФАСАДНОЇ СИСТЕМИ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

© Чернявський В.В., Пащенко А.М., Борисенко О.Б., 2011

Наведено результати експериментальних досліджень та оцінку розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи залежно від температури та вологості зовнішнього повітря.

Ключові слова: декоративно-штукатурний шар, фасадна система, тріщини.

The article present the result of experimental researches and estimation of opening of cracks in decoratively clout layer of the facade system depending of the temperature and moisture of external air.

Key words: decoratively clout layer, facade system, cracks.

Постановка проблеми. Температура та вологість зовнішнього повітря істотно впливають на експлуатаційну надійність та довговічність огорожувальних конструкцій будівлі. Теплоізоляційні фасадні системи, опоряджені штукатурним шаром порівняно невеликої ваги, особливо зазнають таких впливів [1]. Для таких конструкцій гострою проблемою є забезпечення сумісної роботи для сприйняття температурно-вологісних деформацій теплоізоляційним та декоративно-штукатурним захисними шарами.

Досвід експлуатації будівель з фасадною теплоізоляцією показав, що найуразливішим компонентом, який визначає експлуатаційну надійність системи та її довговічність, є декоративно-штукатурний шар фасадної системи.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Протягом останніх сорока років системи теплоізоляційних фасадів з тонким штукатурним шаром використовуються як зовнішня фасадна теплоізоляція в різних країнах, зокрема, в Німеччині, Фінляндії, Австрії та Швейцарії. Їхнє впровадження та розповсюдження вже на початку 1970-х років супроводжувалися науковими дослідженнями.

Для клімату України фасадна теплоізоляція з тонким штукатурним шаром є новою конструктивною системою, що потребує детального вивчення і аналізу.

Вплив температури та вологості зовнішнього повітря на зовнішні огорожувальні конструкції розглядали такі науковці, як Богословський В. Н., Гандин Л. С., Ильинский В. М., Кондратьев К. Я., Педько Н. М., Фокин К. Ф. та інші. Результати цих досліджень викладені у [2–6], але сучасні конструктивні вирішення огорожувальних конструкцій потребують нових досліджень та інженерно-технічних підходів для описання їхньої роботи.

Виділення невирішених проблем. Перші об'єкти з фасадною теплоізоляцією з'явилися в Україні в середині 90-х років минулого сторіччя. За цей час побудовані вже мільйони квадратних метрів зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Але відсутність достатньою мірою аналізу експлуатаційних характеристик цього конструктивного рішення сучасних будинків та можливості прогнозування їх роботи часто призводить до виникнення теплових відмов під час їхньої експлуатації.

Формулювання цілей статті. Мета роботи – отримати епікріс розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи залежно від температури та вологості зовнішнього повітря, у зв'язку з чим ставились такі завдання:

- провести натурні обстеження залежності ширини розкриття тріщин від температур та вологості зовнішнього повітря на реальних об'єктах житлових будівель у місті Полтава;
- отримати математично-функціональні залежності для прогнозування поведінки утворених тріщин нових конструктивних рішень;
- визначити тенденціальний вплив температур зовнішнього повітря та атмосферних опадів на експлуатаційні властивості декоративно-штукатурного шару фасадних систем.

Виклад основного матеріалу. За великого коливання температур зовнішнього повітря елементи фасадної конструкції будівлі піддаються термічному розтягуванню та стисненню. Застосування в конструкції фасаду матеріалів із різними коефіцієнтами термічного розширення може порушити їхню сумісну роботу за зміни температури та вологості повітря.

Більшість будівельних матеріалів мають схильність до поглинання надмірної вологи, тому на них характерно проявляється додаткова дія за зміни температур стосовно абсолютного нуля. Відбування циклів заморожування та відтаювання призводить до накопичення залишкових деформацій в конструкціях огорожувальних систем, що призводять до зниження їхньої структурної міцності і, зрештою, до руйнування декоративно-штукатурного захисного шару. Процес руйнування матеріалу починається з виникнення у ньому мікротріщин, які за дії зусиль, зумовлених напружено-деформованим станом огорожувальних конструкцій, розвиваються до критичного значення ширини розкриття, що є причиною руйнування матеріалу штукатурного шару.

Для прогнозування розкриття тріщин були використані результати експериментальних досліджень поведінки «волосянистої» тріщини на декоративно-штукатурному шарі фасадної системи за фотометричним методом. Дослідження проводились на двох фасадах за низкою обраних для цього тріщин, які поділяли на вертикальні та горизонтальні. Досліджуваний фасад будинку був спрямований на південь. Спостереження за станом оздоблювального шару свідчить про те, що початок розвитку тріщин відбувається переважно на перетині волокон склосітки оздоблювального матеріалу. Спостереження за ходом закриття тріщини велось протягом чотирьох місяців. За цей період було зроблено сім замірів ширини розкриття тріщини за різних температур зовнішнього повітря (від -17 до + 20 °C) та відповідних їм значень вологості (від 32 до 81 %). Заміри проводилися фотографуванням тріщини цифровим фотоапаратом у режимі “макро”. У подальшому отримані електронні фото оброблялися у програмному комплексі AutoCAD для визначення ширини розкриття тріщини. Слід зауважити, що для проведення подібних досліджень існує спеціальний прилад. У Росії, наприклад, таким приладом є мікроскоп типу МПБ-2.

На основі отриманих результатів були побудовані емпіричні формули, які відображають функціональний зв'язок між шириною розкриття тріщин та такими чинниками впливу, як температура та вологість. На рис. 1 та 2 показано графіки функцій ширини розкриття тріщин у діапазоні зміни температур та різних значень вологості. За вибору типу емпіричної формули основним критерієм була близькість точок експериментальних даних до відповідних значень за теоретичною кривою. За візуальним аналізом графіків функцій, побудованих на основі експериментальних даних, була запропонована емпірична функція у вигляді алгебраїчного полінома. Визначення коефіцієнтів полінома емпіричних функцій здійснювалось за методом найменших квадратів, при цьому як критерій близькості емпіричної функції до експериментальних даних використовувався принцип мінімізації суми квадратів відповідних відхилень за усіма точками експеримента.

За візуальним аналізом отриманих експериментальних даних зрозуміло, що епікріс тріщин не є однозначним у діапазоні дослідних температур. Для точнішого описання ширини розкриття тріщин у процесі прогнозування ми запропонували використовувати різні формули для різних діапазонів температур.

Так, наприклад, бачимо, що в інтервалі від'ємних температур спостерігається залежність, близька до лінійної, а в інтервалі додатних температур така залежність характеризується нелінійністю. Спроба побудови однієї функції на усьому інтервалі температур призводить до значного погіршення описання функціонального зв'язку. Подібний висновок можна зробити і про

залежність ширини розкриття від вологості, де також пропонуються дві різні емпіричні формули для відповідно двох інтервалів. Як приклад, для описання ширини розкриття тріщин від температури в інтервалі від'ємних температур пропонується алгебраїчний поліном другого степеня відповідно для вертикальних та горизонтальних тріщин:

$$a = 0,002 \cdot t^2 - 0,195 \cdot t + 25 \text{ (вертикальна тріщина);} \quad (1)$$

$$a = -0,002 \cdot t^2 - 0,309 \cdot t + 21 \text{ (горизонтальна тріщина).} \quad (2)$$

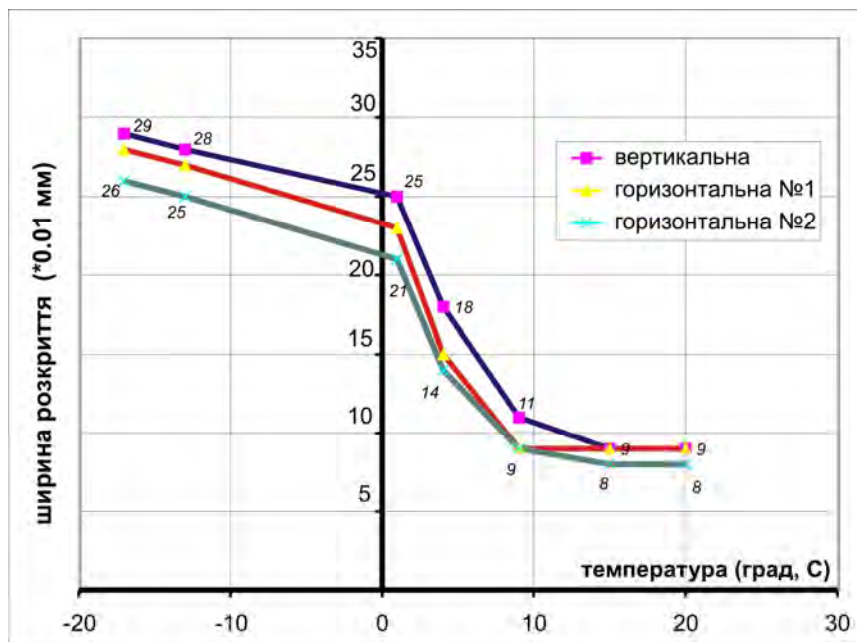


Рис. 1. Графіки функцій ширини розкриття трьох експериментальних тріщин у діапазоні температур від -17 до +20 °С

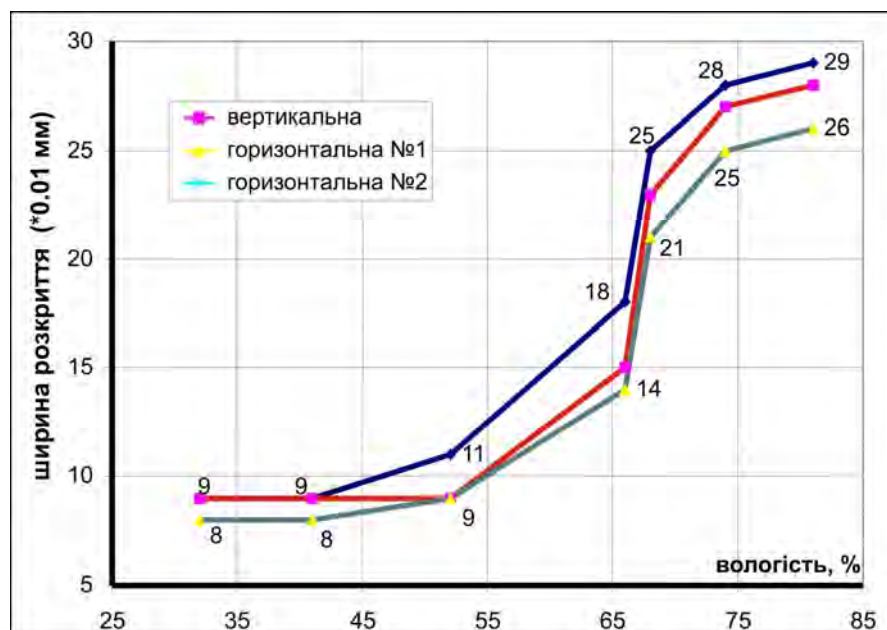


Рис. 2. Графіки функцій ширини розкриття трьох експериментальних тріщин у діапазоні різних значень вологості (від 32 до 81 %)

Для описання цієї функції у діапазоні температур вище абсолютного нуля пропонуються інші залежності у вигляді полінома третього степеня:

$$a = -0,0014 \cdot t^3 + 0,1364 \cdot t^2 - 2,9856 \cdot t + 28 \text{ (вертикальна тріщина);} \quad (3)$$

$$a = -0,0065 \cdot t^3 + 0,257 \cdot t^2 - 3,485 \cdot t + 24 \text{ (горизонтальна тріщина),} \quad (4)$$

де a – ширина розкриття тріщини (мм); t – значення температури ($^{\circ}\text{C}$). Збільшення степеня апроксимуючого полінома призводить до флуктуацій на інтервалі апроксимації, що, своєю чергою, погіршує загальний опис відповідної залежності та функціональний зв'язок загалом. Аналогічно були отримані коефіцієнти полінома емпіричних формул для опису залежності ширини розкриття тріщин від вологості повітря.

Висновки. На основі результатів експериментальних досліджень були отримані математично-функціональні залежності у вигляді емпіричних формул, які відображають основний функціональний зв'язок між шириною розкриття тріщин декоративно-штукатурного шару фасадної системи та чинниками впливу, такими, як температура і вологість. Залежність ширини розкриття тріщин від температури та вологості доволі добре описується алгебраїчними поліномами не вище третього степеня, що є зручним для подальшого проведення різного роду теоретичних досліджень у зазначеному напрямі.

За отриманими порівняно простими виразами емпіричних формул можна проводити прогнозування епікрису тріщин декоративно-штукатурних шарів фасадів будинків та споруд різного призначення.

1. ДБН В.2.6-33:2008. *Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації.* – К.: Мінбудархітектури України, 2009. – 24 с. 2. Богословский В.Н. *Строительная теплофизика* / В. Н. Богословский. – М.: Высш. шк., 1982. – 415 с. 3. Гандин Л. С. *Влияние метеорологических факторов на тепловой режим зданий* / Л.С. Гандин, Л.Е. Анапольска. – Л.: Гидрометеорологическое издательство, 1969. – 165 с. 4. Ильинский В.М. *Проектирование ограждающих конструкций зданий (с учетом физико-климатических воздействий)* / В.М. Ильинский. – М.: Стройиздат, 1964. – 295 с. 5. Педько Н.М. *Метод теплотехнической оценки помещений и конструкций* / Н.М. Педько. – К.: Вища школа, 1980. – 152 с. 6. Фокин К.Ф. *Строительная теплотехника ограждающих частей зданий* / К.Ф. Фокин. – М.: Госиздат, 1953. – 320 с. 7. Корн Г., Корн Т. *Справочник по математике для научных работников и инженеров. Определения, теоремы, формулы; пер. со 2-го амер. перераб. изд. И.Г. Армановича, А.Г. Березмана и др.; под общ. ред. И.Г. Армановича.* – М.: Наука, 1973. – 831 с.