

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ЗАБЕЗПЕЧЕННЯ СТІЙКОСТІ ФАСАДНИХ МАТЕРІАЛІВ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

У роботі розглянуто комплексний підхід до підвищення стійкості фасадних матеріалів житлових будівель з урахуванням дії кліматичних, техногенних та експлуатаційних факторів. Проаналізовано закономірності деградації фасадних систем під впливом ультрафіолетового випромінювання, циклів заморозування–відтавання, атмосферної вологи, хімічно агресивних домішок та механічних навантажень. Запропоновано модель нелінійного старіння матеріалів, що дозволяє оцінити зміну залишкової працездатності у часі й порівняти ефективність органічних, мінеральних, полімермодифікованих, керамічних та вентиляованих фасадних систем. Розроблена структурна схема комплексного підходу, яка об'єднує матеріалознавчі, технологічні та експлуатаційні рішення, спрямовані на подовження життєвого циклу фасадних матеріалів і зниження ризику передчасної деградації. Отримані результати підтверджують необхідність інтеграції сучасних технологій, модифікаторів та конструктивних рішень у проєктування фасадних систем житлових будівель.

Ключові слова: фасадні матеріали; стійкість; агресивні фактори; довговічність; деградація; комплексний підхід; штукатурні системи; керамічні панелі; вентиляовані фасади; експлуатаційні впливи; кліматичні навантаження.

Abstracts

The paper considers a comprehensive approach to increasing the durability of facade materials of residential buildings, taking into account the effects of climatic, man-made and operational factors. The patterns of degradation of facade systems under the influence of ultraviolet radiation, freeze-thaw cycles, atmospheric moisture, chemically aggressive impurities and mechanical loads are analyzed. A model of nonlinear aging of materials is proposed, which allows assessing the change in residual performance over time and comparing the effectiveness of organic, mineral, polymer-modified, ceramic and ventilated facade systems. A structural diagram of a comprehensive approach has been developed, which combines materials science, technological and operational solutions aimed at extending the life cycle of facade materials and reducing the risk of premature degradation. The results obtained confirm the need to integrate modern technologies, modifiers and constructive solutions into the design of facade systems of residential buildings.

Key words: facade materials; stability; aggressive factors; durability; degradation; integrated approach; plaster systems; ceramic panels; ventilated facades; operational influences; climatic loads.

Вступ

Фасадні матеріали житлових будівель працюють у складних умовах, де на їхній стан одночасно впливають кліматичні, техногенні та експлуатаційні фактори. У більшості регіонів України фасади піддаються інтенсивним циклам заморозування–відтавання, нерівномірному зволоженню, сонячному випромінюванню, газовим забрудненням та механічним навантаженням. На тлі кліматичних змін – підвищення середньорічних температур, збільшення кількості опадів та зростання амплітуди температурних коливань – швидкість деградації фасадних матеріалів істотно зростає. Це знижує експлуатаційну надійність будівель, спричинює появу тріщин, відлущувань, біологічного ураження та прискорену втрату естетичних властивостей.

Актуальність дослідження зумовлена потребою продовження життєвого циклу фасадних систем, зменшення експлуатаційних витрат та підвищення загальної енергоефективності житлового фонду. Комплексний підхід до забезпечення стійкості фасадних матеріалів дозволяє врахувати дію всього спектра агресивних впливів – від вологи та солей до ультрафіолету, кислотності атмосферних опадів, вітрових навантажень і технологічних порушень під час монтажу [1-5]. Результати такого підходу є ключовими для формування стійких фасадних рішень, що відповідають сучасним вимогам довговічності, надійності та екологічності.

Результати дослідження

Стійкість фасадних матеріалів визначається здатністю зберігати фізико-механічні та естетичні

характеристики під дією комплексу агресивних факторів зовнішнього середовища. Вплив вологи та циклів заморожування–відтавання є одним з ключових, оскільки водопоглинання матеріалу прямо визначає інтенсивність розвитку мікротріщин [1-5]. При багаторазовому заморожуванні структура фасаду розширюється, що викликає локальні напруги і прискорює руйнування. Ультрафіолетове випромінювання спричинює деградацію полімерних компонентів, вицвітання пігментів та втрату еластичності захисних шарів [5]. Техногенні забруднення – сірчисті та азотні сполуки – утворюють на поверхні слабокислі розчини, здатні руйнувати органічні компоненти оздоблювальних шарів і викликати корозію армувальних елементів [5, 6].

Окремо слід враховувати механічний вплив вітрових навантажень, ударних дій, температурних деформацій та нерівномірного нагрівання фасаду на сонячній та тіньовій сторонах. Біологічні фактори, такі як розвиток грибів, водоростей і мікроскопічних лишайників, викликають біокорозію та зниження адгезії покриттів [6]. Сукупність зазначених впливів формує складне комбіноване навантаження, що потребує системного підходу до вибору матеріалів та технологій.

Таблиця 1 відображає ключові групи агресивних впливів, які визначають довговічність фасадних матеріалів і формують комплексне навантаження на зовнішні огорожувальні конструкції.

Таблиця 1 – Основні агресивні фактори

Група впливів	Характер впливу	Типові наслідки	Інтенсивність впливу в Україні
Кліматичні	Заморожування–відтавання, опади, ультрафіолет	Тріщини, відлущення, вицвітання	Висока
Техногенні	NOx, SO ₂ , CO ₂ , пилові частки	Хімічна деградація, корозія	Середня–висока
Механічні	Вітер, температурні деформації, ударні навантаження	Локальні відшарування, тріщини	Висока
Біологічні	Грибки, водорості, біокорозія	Зміна кольору, зниження адгезії	Середня
Експлуатаційні	Порушення технології монтажу, неякісні матеріали	Передчасне старіння, дефекти	Змінна

Комплексний підхід передбачає одночасне використання кількох напрямів підвищення стійкості (рис. 1). Матеріалознавче удосконалення включає застосування гідрофобізуючих модифікаторів, армувальних мікрОВОЛОКОН, полімерних дисперсій і добавок, що регулюють капілярно-пористу структуру. На технологічному рівні важливими є правильне нанесення шарів, рівномірний розподіл армувальної сітки, забезпечення рекомендованої товщини штукатурного шару та оптимальних умов твердіння. Також ключовим є застосування захисних покриттів, які зменшують проникнення вологи та ультрафіолету, а також регулярне технічне обслуговування фасадних систем.

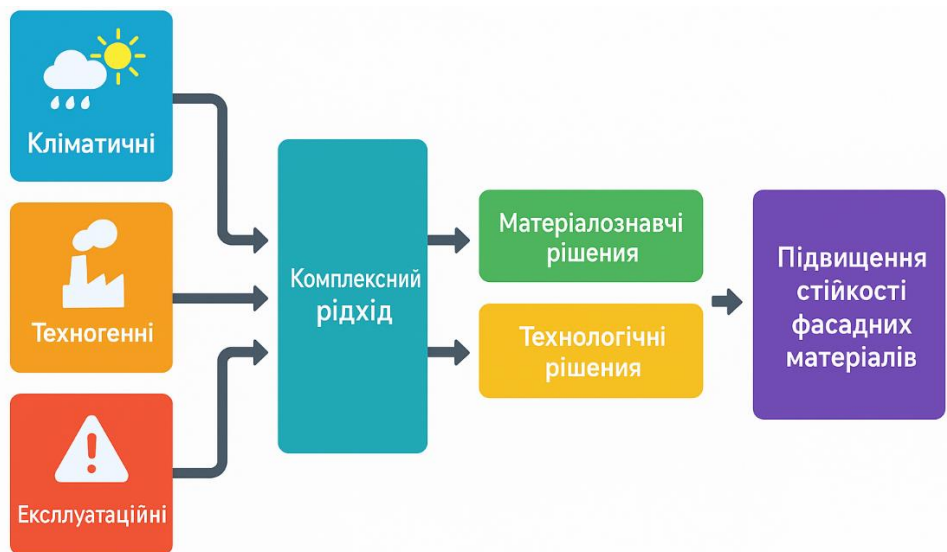


Рисунок 1 – Комплексний підхід до підвищення стійкості фасадних матеріалів

Порівняльна таблиця 2 демонструє переваги полімерно-модифікованих та інертних матеріалів над органічними штукатурками, що визначає вибір системи залежно від вимог до довговічності й експлуатаційної надійності.

Таблиця 2 – Порівняння стійкості фасадних матеріалів до агресивних чинників

Матеріал фасаду	Морозостійкість	УФ-стійкість	Біостійкість	Середній строк служби
Акрилова штукатурка	Середня	Середня	Низька	15–20 років
Силіконова штукатурка	Висока	Висока	Висока	25–35 років
Мінеральні штукатурки	Висока	Середня	Середня	20–25 років
Керамічні фасадні панелі	Дуже висока	Дуже висока	Висока	40+ років
Вентильовані фасади (HPL, керамограніт)	Дуже висока	Висока	Дуже висока	50+ років

Побудована нелінійна модель деградації на рис. 1 демонструє зниження експлуатаційної здатності фасадних матеріалів у часі з урахуванням впливу кліматичних, техногенних та вологісно-температурних факторів. На відміну від лінійних залежностей, використана експоненційно-степенева функція дозволяє врахувати прискорене старіння матеріалів після 15–20 років експлуатації, що відповідає реальним процесам фотодеградації, накопичення вологи та мікротріщин.

Згідно з моделлю, акрилові та мінеральні штукатурки характеризуються швидшим спадом залишкової працездатності, тоді як силіконові системи старіють повільніше завдяки підвищеній УФ- та гідрофобній стійкості [5, 7-9]. Найменший темп деградації притаманний керамічним панелям і вентильованим фасадам, що пов'язано з їх низьким водопоглинанням та інертністю до атмосферних впливів. Таким чином, графік на рис. 2 підтверджує суттєві відмінності у довговічності фасадних систем і підкреслює переваги матеріалів з високою хімічною та кліматичною стійкістю.

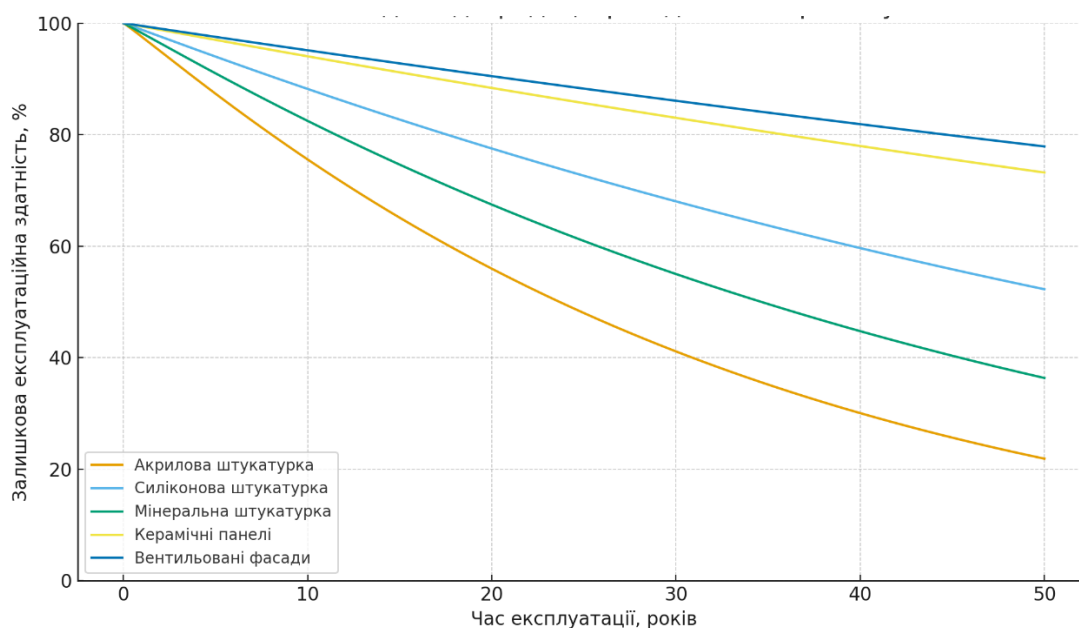


Рисунок 2 – Аналітичний графік деградації фасадних матеріалів у часі

Застосування комплексного підходу дозволяє збільшити тріщиностійкість фасадних шарів, знизити водопоглинання на 20–35 %, підвищити стійкість до ультрафіолетової деградації на 25–40 % та продовжити життєвий цикл фасаду до 30–40 років без капітального ремонту.

Висновки

Проведений аналіз довів, що на стійкість фасадних матеріалів визначальний вплив мають кліматичні, техногенні та експлуатаційні фактори, які зумовлюють прискорене старіння та втрату

експлуатаційних властивостей. Нелінійні моделі деградації показали суттєві відмінності між різними типами фасадних систем: органічні та мінеральні штукатурки характеризуються високими темпами зниження працездатності, тоді як силіконові, керамічні та вентилязовані фасади демонструють значно кращу довговічність. Комплексний підхід, що включає правильний вибір матеріалів, удосконалення технології монтажу, застосування захисних покриттів і контроль експлуатаційних умов, є найбільш ефективним інструментом для забезпечення високої стійкості фасадних систем. Розроблена схема комплексного підходу підтверджує, що синергія матеріалознавчих, технологічних і конструктивних рішень дозволяє суттєво подовжити життєвий цикл фасадних матеріалів та підвищити надійність житлових будівель.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Основні дефекти стін і фасадів і причини їх виникнення. UPL : <http://um.co.ua/8/8-2/8-28662.html>
2. Типові пошкодження фасаду будинку і способи ремонту. UPL : <https://akvilon.ua/ua/tipichnye-povrezhdeniya-fasada-doma-i-sposoby-remonta/>
3. Видимі дефекти та пошкодження. UPL : <https://statical.ua/to,-chto-vidno/>
4. Ремонт штукатурки фасаду: технологія і способи виправлення дефектів фасадного декоративного покриття. UPL : <https://budin.cx.ua/237-remont-shtukaturki-fasadu-texnologiya-i-sposobi.html>
5. Грицюк І. В., Блашук Н. В. Аналіз дефектів штукатурних покриттів фасадів житлових і громадських будівель. ЛІІІ Всеукраїнська науково-технічна конференція факультету будівництва, цивільної та екологічної інженерії (2024): матеріали всеукр. наук.-техн. конф., м. Вінниця, 20-22 березня 2024 р. Вінниця, 2024. URL : <https://conferences.vntu.edu.ua/index.php/all-fbtegp/all-fbtegp-2024/paper/view/20998/17422>
6. Geyer P. Long-term performance of façade claddings exposed to combined climatic stresses. Building and Environment, 2020, vol. 177, 106904. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.buildenv.2020.106904>
7. Кривенко П. В. Будівельне матеріалознавство: підручник. Київ, Україна: «Видавництво Ліра-К», 2019. 694 с.
8. Дворкін Л. Й. Опоряджувальні матеріали і вироби : Навчальний посібник. Рівне : НУВГП, 2011. 291 с.
9. ДСТУ Б В.2.7-126:2011. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови. [Чинний від 2011-06-01]. Вид. офіц. К.: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2011. 42 с.

Андрусік Віталій Володимирович – студент групи 2Б-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця

Науковий керівник: *Джеджула В`ячеслав Васильович* – д.е.н., проф., Вінницький національний технічний університет, Вінниця, e-mail: djedjulavv@gmail.com

Andrusik Vitaliy – Master of Group B-23mz, Faculty of Construction, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia

Supervisor: *Dzhedzhula Vyacheslav* – Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, e-mail: djedjulavv@gmail.com