

ТЕХНОЛОГІЯ БУДІВЕЛЬНОГО ВИРОБНИЦТВА

УДК 69.022.32

DOI: 10.31649/2311-1429-2026-1-106-115

І. М. Бабій
Н. В. Олійник
А. П. Фадєєва
О. В. Бондаренко
А. С. Куралова

ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФЕКТІВ ТА НЕДОЛІКІВ ПРИ ВЛАШТУВАННІ СИСТЕМ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ НА ОСНОВІ НАВІСНИХ ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДІВ

Одеська державна академія будівництва і архітектури

У статті показано, що одним із напрямків сталого розвитку суспільства в умовах сьогодення є енергозбереження. Показано, що будівельній сфері одним із способів вирішення цієї проблеми є утеплення фасадів. Мінімізація втрат тепла через стіни будівель дасть змогу знизити витрати на опалення на 30% і більше, а отже, зменшити викиди продуктів згоряння в атмосферу, що дуже важливо в сучасній складній еколого-економічній ситуації. Відновлення та різноманітність архітектурних форм фасадів, що досягається за допомогою встановлення сучасних систем теплоізоляції, дозволяє надати кожному будинку індивідуальний енергоефективний зовнішній вигляд. Серед розповсюджених способів теплоізоляції можна виділити технології навісних вентиляованих фасадів. Це багатшарова складна система, яка передбачає механічне кріплення її складових. Показано, що окрім позитивних сторін такого утеплення є труднощі, з якими можна стикнутись при їх впровадженні. В роботі велику увагу приділено і проаналізовано основним дефектам та недолікам, які можуть виникати в системах теплоізоляції на основі навісних вентиляованих фасадів. Показано як можуть впливати помилки при проєктуванні на їх експлуатаційну ефективність. Розкрито суть появи дефектів навісних фасадів внаслідок не якісного виконання робіт при їх влаштуванні. Розкрито специфіку ремонту систем теплоізоляції навісних вентиляованих фасадів будівель за рахунок аналізу їх основних проблем, тенденцій та напрямів розвитку на сучасному етапі.

Ключові слова. навісні вентиляовані фасади, утеплення фасадів, зовнішні стіни, термомодернізація, енергоефективність.

Стаття надійшла до редакції / Received 13.03.2026
Прийнята до друку / Accepted 23.04.2026
Опубліковано / Published 29.05.2026



This is an Open Access article distributed under the terms of the [Creative Commons CC-BY 4.0](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)

© Бабій І.М., Олійник Н.В., Фадєєва А.П., Бондаренко О.В., Куралова А.С.

Вступ

В умовах сьогодення людство все більше стикається з виникненням проблем з енергоресурсами, що виявляється у перебоях постачання, непрогнозоване зростання їх вартості тощо. Звичайно, що на це у тому числі впливають військові дії не тільки в нашій країні, але і за її межами. Оскільки енергетика це як один світовий глобальний організм, який вимагає до себе особливої прискіпливої уваги. Тому проблема економії енергоресурсів з року в рік стає ще більш актуальною.

Підраховано, в цілому, по країнах Європейського союзу на опалення будівель витрачають в середньому до 30% всієї енергії, яку використовують. Великі енергетичні витрати обумовлені тепловими втратами через огорожуючі конструкції будівель і, в першу чергу, через стіни. Трансмісійні втрати складають близько 43 %, із них через зовнішні стіни – 70% [1, 2, 3]. Це говорить про необхідність розробки нових технологічних рішень, навіть для розвинених Європейських країн. Одним із основних напрямів розвитку сучасної енергетики країни є запровадження енергоефективних технологій в будівельній галузі. Необхідно, щоб будівля в цілому та захисні характеристики її зовнішніх огорожувальних конструкцій були енергоефективними.

Зовнішні огорожувальні конструкції будівлі відіграють основну роль у формуванні необхідного теплового режиму будівлі, тому вони повинні мати значні теплоізоляційні властивості. Відомо, що вже більш ніж 30 років в практиці будівництва використовується технологія утеплення фасадів з використанням навісних вентиляованих систем. Найбільшого розповсюдження ці системи набули на початку ХХІ століття. У будівельній галузі України в якості зовнішньої теплоізоляції

огороджувальних конструкцій житлових і громадських будинків застосовують конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком (в будівельній практиці частіше застосовують назву навісні вентиляльовані фасади (НВФ)). Такі системи здатні забезпечити необхідний, згідно з сучасними нормами, рівень теплозахисту будинків [4, 5]. Одна із вимог до конструкцій фасадної теплоізоляції є забезпечення показників теплоефективності на протязі всього нормативного терміну їх експлуатації. Однак, як відомо, з плином часу ці конструкції можуть втрачати свої експлуатаційні властивості. Це відбувається, наприклад, в процесі нормального зносу до відмови конструкції [6, 7], помилок при розрахунку, неякісному улаштуванні, так і в процесі зовнішніх агресивних впливів. Все це вимагає особливу увагу приділяти і ремонту таких фасадних систем.

Метою та завданням статті є надання актуальної інформації шляхом аналізу навісних вентиляльованих фасадів їх основних проблем при експлуатації та ремонті, тенденцій та напрямків розвитку на сучасному рівні науки та техніки.

Основна частина

Аналіз літератури та спеціалізованих наукових статей з даної теми дає можливість зробити певні висновки про стан проблеми будівництва фасадних конструкцій на сучасному етапі розвитку будівельної науки. В останні роки особлива увага приділяється вибору ефективних типів фасадних конструкцій та їх матеріалів, обстеженню під час капітального ремонту та реконструкції існуючих фасадів будівель з точки зору їх відповідності сучасним нормативним значенням опору теплопередачі [8]. Проблема створення енергоефективних будівель залишається актуальною і є комплексною проблемою, що стосується всіх будівельних конструкцій та інженерних систем.

В якості зовнішньої теплоізоляції огорожувальних конструкцій житлових і громадських будинків застосовують конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляльованим повітряним прошарком (назва згідно з ДСТУ Б В.2.6-34). Саме такі системи є одними з тих, які здатні забезпечити необхідний, згідно з сучасними нормами [8], рівень теплозахисту будинків. Як правило, для таких систем характерна наявність повітряного прошарку між екраном і утеплювачем. Основні рішення з влаштування таких систем слід виконувати згідно з нормативним документом ДСТУ Б В.2.6-35:2008 [9].

В практиці будівництва використовують різні конструктивно-технологічні схеми влаштування навісних вентиляльованих фасадів. Вони відрізняються між собою, в основному за такими ознаками: по матеріалу та способу кріплення захисно-декоративного шару до несучого каркасу (з допомогою засувки, клямерів, спеціальних полімерних клеїв, затискачів, кліпс, заклепок тощо); за матеріалами каркасу, з яких ці елементи виготовлені; за способами влаштування утеплювача (одно- та двошарові системи), за видом матеріалу теплоізоляції. На рисунку 1 наведені конструктивні схеми навісного вентиляльованого фасаду з різними конструктивно-технологічними рішеннями влаштування тепло- та вітровологозахисного шарів згідно ДБН В.2.6-33:2018 та ДСТУ Б В.2.6-35, рис.1.а.б. На рис.1.в наведена конструктивна схема, деякі переваги якої досліджувалися авторами [10] і розкриті нижче.

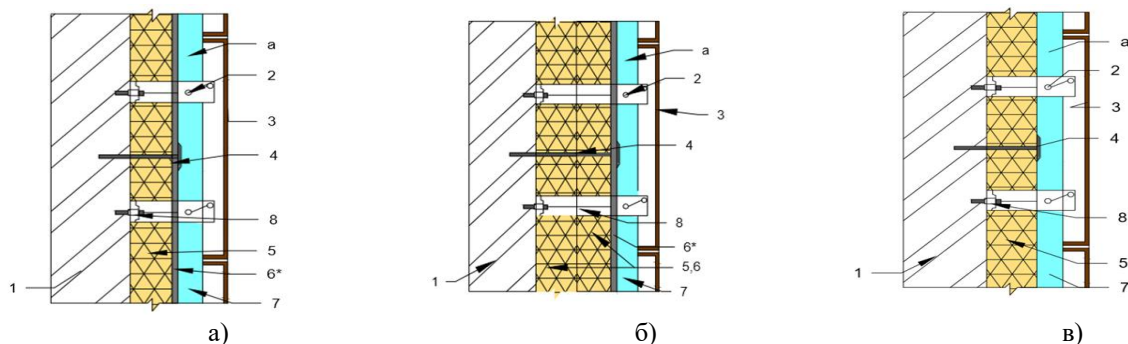


Рисунок 1 – Конструктивно-технологічні схеми навісного вентиляльованого фасаду:

- а) одношарова система з вітровологозахисною мембраною (щільність утеплювача $\geq 75-110 \text{ кг/м}^3$); б) двошарова система (мінераловатний утеплювач різної щільності (внутрішній шар меншої щільності $\geq 30 \text{ кг/м}^3$, зовнішній шар утеплювача щільністю $\geq 75-110 \text{ кг/м}^3$ та з шаром вітровологозахисної мембрани); в) одношарова система без вітровологозахисної мембрани (щільність утеплювача $> 120 \text{ кг/м}^3$). 1 - несуча стіна, 2 - кронштейн, 3 - захисно-декоративний шар, 4 - дюбель, 5, 6 - мінераловатний утеплювач, 6* - вітровологозахисна мембрана, 7 - повітряний прошарок, 8 - анкерний болт, а - товщина повітряного прошарку

Слід відзначити, що найбільшого поширення для утеплення громадських та житлових будинків знайшли основні дві конструктивно-технологічні схеми теплоізоляційних систем з різними варіантами кріплення облицювального матеріалу:

- перша схема (здебільшого класи В.2, В.3, В.5 В.6 та В.8) – конструкції вентиляованого фасаду передбачають суцільну систему з облицювальним шаром без отворів між ними (рис.2.а), і швидкістю руху повітря в підоблицювальному просторі до 2 м/с [4];

- друга схема (здебільшого класи В.1, В.4, В.7 та В.9) передбачає здебільшого застосування важких плит. В таких системах конструкція у більшості випадків передбачає отвори (русти) між облицювальними панелями (рис.2.б). За даними наших досліджень швидкість руху повітря в підоблицювальному просторі фасаду будинку, в залежності від його висоти, може досягати до 12 м/с і вище [11].



Рисунок 2 – Конструктивно-технологічна схема навісних вентиляованих фасадів:

а) без наскрізних отворів між плитами облицювання (на основі алюмінієвих композитних панелей або виробів з дрібнозернистого бетону); б) з рустами (з наскрізними проміжками між плитами облицювання) (на основі керамогранітних плит або полімербетонних панелей)

Дефекти та недоліки навісних вентиляованих фасадних систем в залежності від особливостей конструктивно-технологічних рішень, влаштування та експлуатації наведено нижче.

Особливості влаштування утеплювача та вітровологозахисної мембрани. Головними вимогами до конструкцій фасадної теплоізоляції є захист зовнішніх стін від зволоження та забезпечення показників теплоефективності на протязі всього нормативного терміну їх ефективної експлуатації не менш ніж 25 років. Так, основним і єдиним матеріалом в таких фасадах є мінераловатний утеплювач (з базальтової вати (підклас Б) або зі скляного штапельного волокна (підклас М)) з щільністю згідно нормативу (зовнішній шар двошарової теплової ізоляції систем повинен мати густину не менше 75 кг/м³, а внутрішній шар може виконуватись із мінераловатних плит груп горючості Г1, Г2 з густиною не менше 30 кг/м³). Під час обстеження з допомогою тепловізора будівель з вентиляованим повітряним прошарком в м. Одесі з щільністю мінераловатного утеплювача 90 кг/м³ та елементами екрану з плит керамограніту, встановлено наступне. Температура повітря в прошарку в 1.5-2 рази вища порівняно з температурою поверхні облицювальних елементів. Як бачимо на рис. 3.4.а температура у вентиляованому повітряному прошарку $t=3.5-3.8^{\circ}\text{C}$ при температурі навколишнього повітря $t=-1.0^{\circ}\text{C}$, що вказує на некоректно розраховану товщину утеплювача.

На іншому об'єкті спостерігалася температурна аномалія, спричинена типовим дефектом – просіданням матеріалу теплоізоляції внаслідок його низької щільності (40 кг/м³) при одношаровій системі, що є неприпустимим згідно нормативу, рис.3.4.б.

Термограма фасаду висотної будівлі показала (рис.3.4.в), що частковий витік тепла відбувається через стики навісних елементів вентиляованого фасаду. При цьому температура повітря у шарі, що вентиляється, дорівнює 1 °С. У свою чергу необхідно відзначити, що не теплоізовані конструкції будівлі у вигляді балконів, еркерів або карнизів, що виходять за межі конструкцій утеплення, є значними «містками холоду». Так їхня температура поверхні склала в середньому 4 °С. Це свідчить про необхідність обов'язкового утеплення цих конструктивних елементів будинків.

Як зазначалося вище, одним із основних складових конструкції, який визначає термін ефективної експлуатації теплоізоляційної системи в цілому є мінераловатний утеплювач. У свою чергу структура мінеральної вати обумовлює суттєву схильність до аеродинамічної деструкції внаслідок емісії волокон та руйнування зв'язуючого. В системах навісних вентиляованих фасадів емісія (втрата маси

волокна) мінераловатних плит щільністю 74 кг/м^3 за 25 умовних років досягає 18,78% початкової маси і 3,32% для плит щільністю 156 кг/м^3 [12].

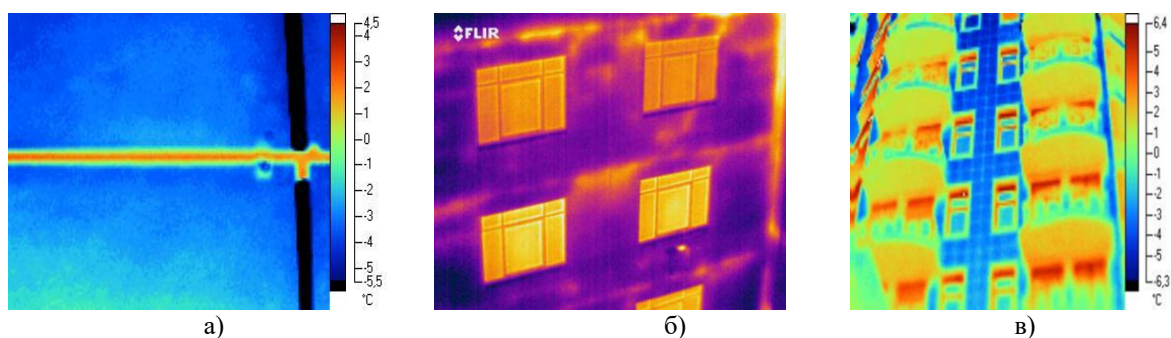


Рисунок 3 – Термограми будівель з вентиляваним фасадом класу В.1:

а) температура повітряного прошарку більша за температуру поверхні облицювального матеріалу;
б) сповзання утеплювача; в) витік тепла через плити балконів

Втрата маси мінераловатних плит веде не тільки до зниження міцності, теплоізолюючих властивостей, але і до серйозного порушення екології навколишнього середовища і житлового приміщення. Наприклад, за 25 умовних років експлуатації будівлі потоки вентиляційного повітря можуть винести через захисно-декоративний шар вентиляваного фасаду 1875 кг волокнистого пилу.

Апріорна інформація свідчить про те, що емісія волокон в значній мірі визначається властивостями утеплювача (в більшій мірі його щільністю), його якістю, а також повітряним режимом в вентиляваному прошарку, що визначається багатьма факторами, в тому числі, конструкцією НВФ (з рустами та без), рис.3, товщиною повітряного прошарку, розташуванням об'єкту будівництва в певній кліматичній зоні та його орієнтацією в просторі відносно інших об'єктів тощо. Емісія волокон може призвести до значного зниження приведеного опору теплопередачі стіни з НВФ. Щоб запобігти можливій емісії (виносу) волокон мінеральної вати під дією завихрень висхідного повітряного потоку, необхідно вжити заходів щодо забезпечення вітрозахисту.

Відомі такі *методи вирішення проблеми емісії волокон з мінераловатного утеплювача*.

Перший метод (найбільш поширений) – закріплення вітрозахисної мембрани на поверхні утеплювача в умовах будівельного майданчика під час монтажу системи. Однак, застосування мембран, які не відповідають вимогам чинних нормативних документів, призводить до підвищеної пожежонебезпеки, тому що значна їх кількість, в тій чи іншій мірі, горючі. Аналіз пожеж, що виникли на ряді висотних будівель Києва, Харкова, Одеси, Астани, Стамбула, Лондона, Дубаї та інших міст (рис.4), показав, що основним їх «винуватцем» слугували саме вітровологозахисні мембрани.



Рисунок 4 – Пожежі на будинках, що утеплені навісними вентиляваними фасадами:
а) в містах України; б) за кордоном

Досить часто, з метою економії, будівельники замість не горючої мембрани (клас горючості НГ) використовують вітрові бар'єри з класом горючості Г2-Г4. Вони, в свою чергу, як показала практика, при виникненні пожежі вигорають дуже швидко (за декілька годин). Процес їх горіння

відбувається при таких температурах, які достатні для спалахування захисно-декоративного екрану, наприклад, у вигляді алюмінієвих композитних панелей з класом горючості Г2-Г3. Враховуючи вищенаведене, слід використовувати тільки паропроникну вітрозахисну мембрану з класом горючості НГ (не горюча) [13].

Необхідно відзначити і той факт, що при аналізі розповсюдження полум'я на будинках, утеплених навісними вентиляльованими фасадами (рис.4) було встановлено, що воно відбувалося як знизу догори так і навпаки – зверху до низу на поверхні всього фасаду. Це свідчить про відсутність протипожежних та противітрових відсічок-поясів, влаштування яких на висотних будівлях необхідно виконувати кожні 9 поверхів. Відсічки представляють собою спеціальні конструктивно-технологічні рішення, які виконані згідно проекту виконання робіт. При цьому необхідно унеможливити як напуск суміжних полотн вітрозахисної мембрани в місцях цих відсічок, так і можливість розповсюдження полум'я через протипожежну відсічку. Це дасть змогу, у разі порушення культури будівництва тобто недотриманні нормативних вимог, наприклад, влаштування саме вітрозахисної мембрани з класом горючості Г2-Г3, локалізувати розповсюдження пожежі по фасаду будівлі. У свою чергу застосування таких конструктивно-технологічних рішень дозволить значно зменшити швидкість вітрового потоку в повітряному проміжку, що зменшить емісію волокон мінераловатного утеплювача.

Однак слід пам'ятати, що влаштування мембрани на поверхні утеплювача повинно відбуватися з урахуванням всіх вимог як нормативних, так і виконавчих документів і при суворому контролі цих робіт. Це пов'язано з тим, що в процесі улаштування вітровологозахисної мембрани можливе її сповзання, що може призвести до закупорення повітряного проміжку і, як наслідок, втрати основної переваги – вентиляції системи.

Другий метод – використання для шару теплоізоляції мінераловатного утеплювача з влаштованим на його зовнішній поверхні в заводських умовах вітрозахисного шару з негорючого матеріалу, наприклад, склополотна. Однією з назв є – мінераловатний утеплювач з кашированою поверхнею. Однак при його використанні слід пам'ятати наступне:

- при малій щільності утеплювача може спостерігатися недостатня адгезія покривного матеріалу до волокон утеплювача. Це може призвести до відшарування полотна і блокування повітряного проміжку;

- слід враховувати нерівності поверхні стіни і культуру улаштування систем із застосуванням таких мінераловатних матеріалів. Так, якщо застосовувати мінераловатний утеплювач з кашированою поверхнею більшої щільності, то можливі нерівності поверхні фасаду призведуть до порушення рівності поверхні плит. А це, у свою чергу може призвести до руйнування мінераловатного утеплювача висхідними потоками повітря. Тому, у цьому випадку, за краще буде вирівняти поверхню стін;

- в результаті застосування тарілчастих дюбелів з притискною рондоллю з довжиною, меншою за необхідну або їх меншої кількості на плиту, може відбуватися локальне змінання теплоізоляції в місцях їх установки та нерівність стиків суміжних плит, рис.5. Таким чином, в місцях стикування між собою плит утеплювача виникає велика можливість утворення вихрових потоків в повітряному прошарку і, як наслідок, руйнування утеплювача.



а)



б)

Рисунок 5 – Влаштування теплоізоляційного шару з кашированою поверхнею: а) застосування дюбелів з довжиною, яка менша за необхідну; б) недостатня кількість дюбелів з тарілчастою рондоллю

Основними недоліками цього варіанту є висока вартість такого матеріалу та незахищеність стиків між плитами. Такі матеріали можливо рекомендувати при влаштуванні теплоізоляції в

навісних вентиляованих фасадах, які влаштовані з захисно-декоративним шаром з багатшарових композитних панелей та відсутністю проміжків між ними.

Третій метод – це застосування досить жорстких волокнистих плит (щільністю більше 135 кг/м^3), які самі по собі вже є вітрозахистом. Такі плити можуть влаштовуватися як за схемою, що зображена на рис.1.в, так і за схемою, що зображена на рис.1.б. Тобто при цьому не має необхідності влаштовувати вітрозахисні мембрани. Дослідження авторів [11, 12] показали, що зі збільшенням щільності мінераловатного утеплювача зменшується маса волокон, що вивітриються. Це корелюється з даними вчених Шотландського інституту професійних захворювань, які стверджують, що при середній щільності матеріалу в 100 кг/м^3 і більше таке явище, як турбулентність, практично, не викликає емісії волокон мінераловатного утеплювача. У той же час, будівельні нормативи Європейського Союзу передбачають застосування мінераловатних плит зі щільністю не менше ніж 150 кг/м^3 . Слід зауважити, що використання плит з більшою щільністю призведе до збільшення трудовитрат безпосередньо на влаштування, приблизно, на 5%. Це пов'язано з додатковими зусиллями і часом на влаштування утеплювача на поверхні стіни.

Відомо, що зі збільшенням щільності мінераловатних плит зростає їх вартість. Та, як показують результати дослідження авторів [12], влаштування навісних вентиляованих фасадів без вітрозахисної мембрани дозволяє зменшити їх трудомісткість на $22,0 \text{ люд.-год/100 м}^2$ фасаду в порівнянні з традиційною технологією з вітрозахисною мембраною. Це пояснюється відсутністю необхідності влаштування одного шару системи. При використанні мінераловатного утеплювача щільністю 150 кг/м^3 трудомісткість експлуатаційних витрат за умовних 25 років експлуатації скорочується на $486 \text{ люд.-год/100 м}^2$. Загальна вартість влаштування та ремонту за нормативний період експлуатації, при щільності 150 кг/м^3 економніше, в середньому, в 2 рази в порівнянні зі стандартними системами. Тому, вибираючи утеплювач для вентиляованих фасадних систем, необхідно враховувати його фізико-механічні властивості і в тому числі, в першу чергу, його щільність. Певну небезпеку для систем вентиляованих фасадів, які здебільшого влаштовані за схемою, що зображена на рисунку 3.б, тобто з рустами між облицювальними плитами, *несуть як атмосферні опади*, що потрапили в повітряний проміжок між екраном і внутрішнім шаром стіни (утеплювачем), так і пар, що проникає зсередини приміщень внаслідок дифузії. Відомо, що зволоження може негативно позначитися як на теплотехнічних властивостях утеплювача, так і на роботі системи в цілому, і привести надалі до необхідності заміни її конструктивних елементів. Вченими встановлено [26], що навіть невеликий відсоток зволоження (наприклад, завдяки дифузії парів) може призвести до руйнування фенолформальдегідних смол, які слугують для зв'язків волокон мінераловатного утеплювача. Існує кілька способів боротьби з цими явищами.

Перший – це розміщення дифузійної мембрани на поверхні утеплювача. До недоліків дифузійних мембран відносяться горючість більшості з них, ймовірність відшарування мембрани в процесі експлуатації в результаті значних вітрових навантажень.

Другий – герметизація компенсаційних швів між елементами екрану. Він теж має свої мінуси, оскільки терміни служби герметизуючих матеріалів значно менші ніж елементів екрану (плиток), а здійснити заміну герметика без демонтажу екрану, практично, неможливо.

Третій – це застосування щільного мінераловатного утеплювача з кашированою поверхнею. При цьому слід враховувати, що поверхня стіни повинна бути рівною. При закріпленні утеплювача слід використовувати або клейове кріплення, або тарілчасті дюбелі з притисочною рондоллю необхідної проектної довжини.

Четвертий – на сьогодні, мабуть, оптимальний варіант для НВФ з рустами між облицювальними елементами, наприклад, керамогранітними плитами, полягає в раціональному виборі товщини елементів екрану і зазорів між ними. Так дослідження в Одеській державній академії будівництва та архітектури, що виконані авторами [12] дали наступний результат: при ширині повітряного зазору близько 40-70 мм і відстані між елементами екрану у 3-4 мм та товщині його 10-12 мм краплі косоного дощу взагалі не потрапляють всередину системи завдяки водяній плівці, що утворюється під дією поверхневого натягу води. Аналогічні результати отримані у Норвезькому Дослідному Будівельному Інституті [14]. Та попри встановлені розміри проміжків, слід надійно зафіксувати захисно-декоративний екран, який, наприклад, виконаний з керамогранітних плит, рис.б.а. Оскільки, як показали натурні дослідження, в процесі експлуатації НВФ можливе збільшення проміжків між плитами з 3-4 мм до 20-30 мм внаслідок вітрових навантажень (рис.б.б,в) або деформацій каркасу, що може привести до руйнування екрану, тобто зміщення плиток керамограніту відносно кляммерів і, як наслідок, їх випадіння.

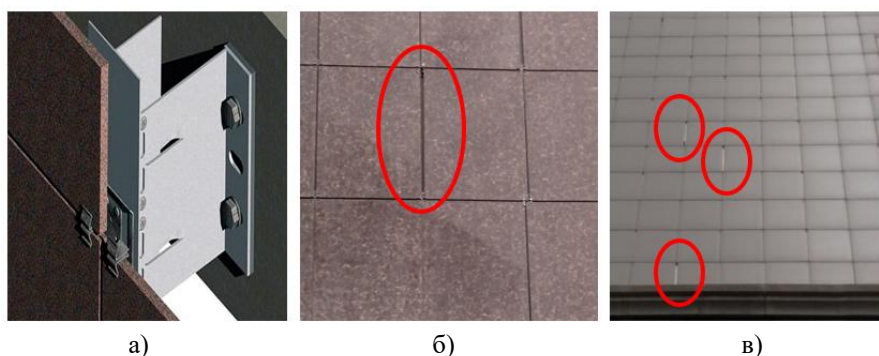


Рисунок 6 – Конструкція НВФ з облицюванням керамогранітними плитами: а) вузол кріплення; б) та в) збільшення проміжків між плитами захисно-декоративного екрану внаслідок вітрових навантажень

Каркас навісного вентилязованого фасаду. Руйнування каркасу (підконструкції) навісного вентилязованого фасаду – це критичний процес, що призводить до деформації облицювання, втрати міцності та ризику обвалення, рис.7.

Основні причини руйнування каркасу:

- Корозія елементів каркасу – використання нецинкованої сталі або несумісних металів (наприклад, алюміній із чорною сталлю), що спричиняє електрохімічну корозію. Так, каркас для навісного фасаду може виконуватися з оцинкованої сталі (з порошковим покриттям і без нього) (клас ОС), нержавіючої сталі (СН) та алюмінію (А). Вибір матеріалу залежить від вимог замовника до вартості, терміну експлуатації та надійності системи, а також від виду облицювального матеріалу, що застосовується. Наприклад, алюмінієві композитні панелі дозволяється монтувати тільки на алюмінієві напрямляючі, що викликано різницею термічних розширень алюмінію і оцинкованої сталі, а також із-за утворення ефекту гальванічної пари в разі монтажу алюмінієвої панелі на оцинковані напрямні, що призведе до утворення *корозії*.

- Помилки монтажу – низька якість бетону, неправильне встановлення кронштейнів, використання недостатньої кількості анкерів, порушення кроку напрямних, що призводить до нерівномірного навантаження.

- Ігнорування термічних деформацій – відсутність компенсаційного зазору або не відповідність проектному розміру, жорстке закріплення елементів у місцях, що потребують рухливості, призводить до викривлення напрямних при перепадах температур. Компенсаційний зазор між торцями профілів повинен бути в інтервалі 6-15 мм, рис.7. Кронштейни встановлюють по обидва боки від компенсаційного зазору на відстані не більше 450 мм.

- Динамічні навантаження – сильний вітер або вібрації можуть послабити або зламати шурупи/заклепки, що фіксують профілі та облицювання.

- Низька якість матеріалів – використання тонкостінних профілів або анкерів, які не витримують розрахункове навантаження.



Рисунок 7 – Монтаж з компенсаційним проміжком вертикальних напрямних профілів (а), руйнування каркасу (б) та випадіння матеріалу облицювання (в)

Дефектом фасадної системи також є недотримання проектної *величини повітряного прошарку*, який повинен складати 40-150мм, що призводить до зниження ефективності вентиляційних потоків повітря. Наслідком цього може бути поява в утеплювачі та стінах конденсатної або дифузійної вологи, підвищення внаслідок цього теплопровідності теплоізоляційного матеріалу, поява льоду на поверхні вентилязованих фасадів, корозія металевих деталей вентфасаду.

Проблемним питанням монтажу навісних вентиляваних фасадів, якому майже не приділяють уваги, залишається наявність «містка холоду» в огорожувальній стіні будівлі від металевого анкера, який встановлюється в стіну для кріплення кронштейна і самі кронштейни, які стикаються зі стіною.

Для зменшення тепловтрат при монтажі металевого (сталевого, алюмінієвого) каркаса навісних вентиляваних фасадів передбачається наявність паронітових термовирівнювальних прокладок між кронштейном і стіною товщиною 2 мм.

Терморозривна прокладка знижує теплопровідність лише за рахунок дійсного контакту кронштейна зі стіною, але це не впливає на роботу анкерів, що закладені у стіну будівлі. Кронштейни, як і анкери в навісних вентиляваних фасадах, підвищують теплопровідність зовнішніх стін. Зниження рівня теплозахисних характеристик стін залежить від типу матеріалів, як стіни, анкера, так і кронштейнів, їх кількості на 1 м² площі стіни. Встановлення тонких паронітових прокладок забезпечує підвищення теплозахисних характеристик зовнішніх фрагментів фасаду не більше ніж на 5% [15].

Згідно з науковими джерелами інформації, зниження рівня теплового захисту зовнішніх фрагментів фасадних систем в цілому може досягати до 50% від значення опору теплопередачі, розрахованого без впливу теплопровідних включень [16, 17].

Таким чином, актуальним є вирішення проблеми вибору оптимальних конструктивно-технологічних рішень за заданих граничних умов для влаштування систем скріпленого утеплення фасадів.

Висновки

1. Руйнування навісного вентиляваного фасаду найчастіше спричинене помилками проектування, порушеннями технології монтажу, використанням неякісних матеріалів або корозією каркасу.

2. Для запобігання появі дефектів, руйнуванню навісних вентиляваних систем необхідно проводити регулярне обстеження фасаду, перевіряти стан кріплень та забезпечувати якісний монтаж згідно з проектною документацією.

3. При влаштуванні конструкцій фасадної теплоізоляції головними вимогами до них є захист зовнішніх стін від зволоження та забезпечення показників теплоефективності на протязі всього нормативного терміну їх ефективної експлуатації не менш ніж 25 років.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

- [1] Абелешов В. І. Дослідження деяких аспектів підвищення ефективності конструкцій фасадів будівель. Харків: Національний технічний університет "Харківський політехнічний інститут", Энергосбережение. Энергетика. Энергоаудит. 2013. №11 (117). С.18-23.
- [2] Менейлюк О.І. Матеріали та технології ізоляційних робіт в будівництві / О.І. Менейлюк, Бабій І.М., Бочорішвілі Г.Д., Бочевар К.І. // Монографія. М 34. Одеса: Видавництво ФОП Бондаренко М.О., 2020. – 492 с.: іл.
- [3] Goulouti K., Castro J., Vassilopoulos A., Keller T. Thermal performance evaluation of fiber-reinforced polymer thermal breaks for balcony connections // Energy and Buildings, 70. – 2014. – P. 365-371.
- [4] Babii I, Kucherenko L., Sokolan Yu, Zalogina A., Slawomir Rabczak. Comparative characteristics of modern technologies thermal insulation of the houses. Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska I Architektury Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture JCEEA, t. XXXVIII, z. 68, 2021. - Ss.17-25. [DOI \(prz.edu.pl\)](https://doi.org/10.3390/buildings13040840)
- [5] Siciliano, A.P.; Zhao, X.; Fedderwitz, R.; Ramakrishnan, K.; Dai, J.; Gong, A.; Zhu, J.Y.; Kośny, J.; Hu, L. Sustainable wood-waste-based thermal insulation foam for building energy efficiency. Buildings, 2023, 13, 840. <https://doi.org/10.3390/buildings13040840>.
- [6] Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій: монографія. Київ: Гама-Принт, 2009. 137 с.
- [7] Фаренюк Г.Г. Світові тенденції підвищення енергоефективності будівель / Г. Г. Фаренюк, А. В. Тишковець // Наука та будівництво. - 2017. - № 4. - С. 4-10.
- [8] ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція будівель. [Чинний від 01.09.2022] Київ: Мінрегіон України, 2022. 31 с.
- [9] ДСТУ Б В.2.6-35:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням індустріальними елементами з вентиляваним повітряним прошарком. Загальні технічні умови. [Чинний від 06.01.2009] Київ: Мінрегіон України, 2009. 25 с.
- [10] Бабій І.М. Визначення емісії волокон мінераловатного утеплювача в вентиляваних фасадах / Бабій І.М., Менейлюк І.О. // Науково-технічний збірник "Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві", Вінниця. №. 4(57), 2014. – С. 225-231.
- [11] Бабій І.Н. Исследования влияния аэродинамических воздействий на технологические системы навесных вентилируемых фасадов / Бабій І.Н., Менейлюк І.А., Сафонова Д.М., Лаври І.Ю. // зб. наук. праць «Вісник Придніпровської державної академії будівництва та архітектури», № 4(255 256). Дніпро, 2019 р.-С.10-15.

- [12] Менейлюк А.И. Влияние технологических особенностей устройства вентилируемых фасадных систем на их теплозащитные свойства / Менейлюк А.И., Бабий И.Н., Менейлюк И.А. // Вісник ХНУБА. – Вип. 58, Харків, 2014.- С.131-135.
- [13] ДБН В.1.1-7-2016 «Пожежна безпека об'єктів будівництва». Загальні вимоги. Мінрегіон України.2017. – 41с.
- [14] Pontinha, A.D.R.; Mäntyneva, J.; Santos, P.; Durães, L. Thermomechanical performance assessment of sustainable buildings' insulating materials under accelerated ageing conditions. Gels, 2023, 9, 241. <https://doi.org/10.3390/gels9030241>.
- [15] Nazirov R. A., Belov T. V. Influence of heat transfer resistance of insulation on the distribution of temperature fields in wall enclosures with hinged ventilated facades. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2014. Vol. 7, № 2. P. 207-213.
- [16] Сердюк В. Р. Розширення функціональних властивостей навісних вентиляваних фасадів при утепленні будівель. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві. 2023. № 34(1). С 91–100.
- [17] Ратушняк Г.С., Горюн О.Ю., Лялюк А.О. Моделювання теплопередавання у вузлі примикання віконного блоку до зовнішньої стіни. Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві 2020. № 2. С. 113-118.

REFERENCES

- [1] Abeleshov V.I. Research of some aspects of increasing the efficiency of building facade structures. Kharkiv: National Technical University "Kharkiv Polytechnic Institute", Energy Saving. Energy. Energy Audit. 2013. No. 11 (117). P. 18-23.
- [2] Menelyuk O.I. Materials and technologies of insulation works in construction / O.I. Menelyuk, Babii I.M., Bochorishvili G.D., Bochevar K.I. // Monograph. M 34. Odesa: Publishing House of FOP Bondarenko M.O., 2020. – 492 p.: ill.
- [3] Goulouti K., Castro J., Vassilopoulos A., Keller T. Thermal performance evaluation of fiber-reinforced polymer thermal breaks for balcony connections // Energy and Buildings, 70. – 2014. – P. 365-371.
- [4] Babii I, Kucherenko L., Sokolan Yu, Zalagina A., Sławomir Rabczak. Comparative characteristics of modern technologies thermal insulation of the houses. Czasopismo Inżynierii Ładowej, Środowiska I Architektury Journal Of Civil Engineering, Environment And Architecture JCEEA, t. XXXVIII, z. 68, 2021. - Ss. 17-25. DOI (prz.edu.pl)
- [5] Siciliano, A.P.; Zhao, X.; Fedderwitz, R.; Ramakrishnan, K.; Dai, J.; Gong, A.; Zhu, J. Y.; Kosny, J.; Hu, L. Sustainable wood-waste-based thermal insulation foam for building energy efficiency. Buildings, 2023, 13, 840. <https://doi.org/10.3390/buildings13040840>.
- [6] Farenjuk G.G. Fundamentals of ensuring energy efficiency of buildings and thermal reliability of enclosing structures: monograph. Kyiv: Gama-Print, 2009. 137 p.
- [7] Farenjuk G.G. World trends in increasing energy efficiency of buildings / G. G. Farenjuk, A. V. Tyshkovets // Science and Construction. - 2017. - No. 4. - P. 4-10.
- [8] DBN V.2.6-31:2021 Thermal insulation of buildings. [Valid from 01.09.2022] Kyiv: Minregion of Ukraine, 2022. 31 p.
- [9] DSTU B V.2.6-35:2008 Constructions of buildings and structures. Constructions of external walls with facade thermal insulation and decoration with industrial elements with a ventilated air layer. General technical conditions. [Valid from 06.01.2009] Kyiv: Minregion of Ukraine, 2009. 25 p.
- [10] Babii I.M. Determination of the emission of mineral wool insulation fibers in ventilated facades / Babii I.M., Menelyuk I.O. // Scientific and technical collection "Modern technologies, materials and structures in construction", Vinnytsia. No. 4(57), 2014. – P. 225-231.
- [11] Babii I.N. Studies of the influence of aerodynamic effects on technological systems of hinged ventilated facades / Babii I.N., Menelyuk I.A., Safonova D.M., Lavry I.Yu. // Collection of scientific works "Bulletin of the Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture", No. 4(255 256). Dnipro, 2019 - P.10-15.
- [12] Menelyuk A.I. Influence of technological features of the device of ventilated facade systems on their heat-shielding properties / Menelyuk A.I., Babii I.N., Menelyuk I.A. // Bulletin of the KhNUBA. - Issue 58, Kharkiv, 2014. - P.131-135.
- [13] ДБН В.1.1-7-2016 "Fire safety of construction objects". General requirements. Ministry of Regional Development of Ukraine.2017. - 41p.
- [14] Pontinha, A.D.R.; Mäntyneva, J.; Santos, P.; Durães, L. Thermomechanical performance assessment of sustainable buildings' insulating materials under accelerated aging conditions. Gels, 2023, 9, 241. <https://doi.org/10.3390/gels9030241>.
- [15] Nazirov R. A., Belov T. V. Influence of heat transfer resistance of insulation on the distribution of temperature fields in wall enclosures with hinged ventilated facades. Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2014. Vol. 7, No. 2. P. 207-213.
- [16] Serdyuk V. R. Expansion of functional properties of hinged ventilated facades during building insulation. Modern technologies, materials and structures in construction. 2023. No. 34(1). P. 91–100.
- [17] Ratushnyak G. S., Goryun O. Yu., Lyaluk A. O. Modeling heat transfer at the junction of the window block to the outer wall. Modern technologies, materials and structures in construction 2020. No. 2. P. 113-118.

Бабій Ігор Миколайович – к.т.н, доцент, доцент кафедри будівельних технологій Одеської державної академії будівництва і архітектури. E-mail: igor7617@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8650-1751.

Олійник Наталія Володимирівна – канд. техн. наук, доцент, доцент кафедри будівельних технологій Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: natali.1727v@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-4492-7003.

Фадеева Альвіна Петрівна – старший викладач кафедри мовної підготовки та міжнародної комунікації Одеської державної академії будівництва та архітектури. E-mail: fadeeva_alvina@ukr.net.

Бондаренко Олександр Володимирович – аспірант кафедри будівельних технологій Одеської державної академії будівництва і архітектури. E-mail: sanekbond54@gmail.com. ORCID ID: 0009-0008-6874-2496.

Куралова Аделіна Степанівна – студентка групи А-190 Архітектурно-художнього інституту Одеської державної академії будівництва і архітектури. E-mail: adellkurll@gmail.com.

I. Babii
N. Oliinyk
A. Fadeeva
O. Bondarenko
A. Kuralova

RESEARCH OF DEFECTS AND SHORTCOMINGS IN THE INSTALLATION OF THERMAL INSULATION SYSTEMS BASED ON HINGED VENTILATED FACADES

Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture, Odessa

This article presents a detailed analysis of the possibilities of applying various methods for landfill leachate treatment, including biological, physicochemical, membrane, and hybrid technologies. The study examines the main parameters and characteristics of landfill leachate, which is considered one of the most hazardous by-products of municipal solid waste disposal due to its complex chemical composition and high concentration of pollutants. Particular attention is paid to the variability of leachate composition depending on landfill operating conditions and external environmental factors.

Based on an extensive review of scientific literature and existing practical experience, the article identifies treatment methods that are currently available and potentially applicable in Ukraine. The effectiveness of these methods is analyzed using real examples of leachate and wastewater treatment processes. The advantages and disadvantages of each approach are presented, taking into account operational efficiency, technological complexity, environmental safety, and economic feasibility. In addition, the treatment methods are compared according to key indicators, including biological oxygen demand (BOD), chemical oxygen demand (COD), ammonium nitrogen concentration, heavy metal content, and the degree of organic pollutant removal.

The influence of landfill age on the composition and characteristics of leachate is also investigated, as this factor directly affects the selection and efficiency of treatment technologies. The article provides a classification of landfills according to their age and analyzes the processes of leachate formation at different stages of landfill operation. Special attention is given to the bacteriological characteristics of landfill leachate, including the presence of microorganisms, pathogens, fungi, and other microbial contaminants that may pose environmental and sanitary risks.

The environmental impact of untreated leachate and the potential risks to soil, groundwater, surface water, and human health are identified and discussed. Based on the conducted review and comparative analysis, it is concluded that hybrid treatment methods are the most promising solution, as they combine the advantages of individual technologies, ensure greater treatment efficiency, and provide more universal application under varying local conditions and treatment requirements.

Keywords: *hinged ventilated facades, facade insulation, external walls, thermal modernization, energy efficiency.*

Ihor Babii – PhD, Associate professor of the Department of Construction Technologies of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: igor7617@gmail.com. ORCID ID: 0000-0001-8650-1751.

Nataliia Oliinyk – Ph.D., Associate professor of the Department of Construction Technologies, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: natali.1727v@gmail.com. ORCID ID: 0000-0003-4492-7003.

Alvina Fadeeva – Senior Lecturer, Department of Language Training and International Communication, Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: fadeeva_alvina@ukr.net

Oleksandr Bondarenko – postgraduate student of the Department of Construction Technologies of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: sanekbond54@gmail.com. ORCID ID: 0009-0008-6874-2496.

Adelina Kuralova – student of group A-190 of the Architectural and Art Institute of the Odessa State Academy of Civil Engineering and Architecture. E-mail: adellkurll@gmail.com.