

ПІДВИЩЕННЯ ЕНЕРГОЕФЕКТИВНОСТІ ЖИТЛОВИХ БУДІВЕЛЬ ШЛЯХОМ ЗАСТОСУВАННЯ РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧИХ ТЕХНОЛОГІЙ

Вінницький національний технічний університет

Анотація

Обґрунтовано необхідність розробки заходів з енергозбереження для існуючих житлових будівель. Відмічено основні перспективні рішення для термомодернізації житлових будинків з раніше встановленими теплоізоляційними покриттями. Проведено обґрунтування доцільності вибору варіанту термомодернізації існуючого теплозахисного покриття зовнішніх стін. Висвітлено основні властивості сучасних теплоізолювальних будівельних матеріалів і наведено перспективні шляхи реалізації запланованих заходів при реалізації проектів з термомодернізації об'єктів житлового фонду.

Ключові слова: термомодернізація, житлові будівлі, вентильований фасад, огорожувальні матеріали.

Abstract

The necessity of developing energy-saving measures for existing residential buildings has been substantiated. The main promising solutions for thermal modernization of residential buildings with previously installed thermal insulation coverings have been highlighted. The feasibility of selecting a thermal modernization option for the existing thermal protection covering of external walls has been justified. The main properties of modern thermal insulating building materials have been outlined, and promising ways to implement planned measures during the realization of thermal modernization projects for residential buildings have been presented.

Keywords: thermal modernization, residential buildings, ventilated facade, enclosing materials

Вступ

У контексті глобальних викликів, пов'язаних зі зменшенням використання природних видобувних ресурсів та необхідністю забезпечення сталого розвитку, питання енергоефективності (енергозбереження) набуває особливої актуальності. Енергоефективність виступає одним із ключових інструментів мінімізації негативних наслідків кліматичних змін та подолання загрозливих тенденцій, що формують кризові явища у світовій екологічній системі. За статистичними даними, у розвинених країнах близько 40 % виробленої енергії споживається об'єктами нерухомості, включаючи значні витрати на опалення у холодний період року.

Оптимізація споживання енергоресурсів за умови збереження необхідного рівня комфорту у приміщеннях потребує реалізації комплексу інженерно-технічних заходів, спрямованих на термомодернізацію існуючого будівельного фонду. Сучасні підходи до енергозбереження передбачають оновлення або влаштування ефективної зовнішньої теплоізоляційної оболонки будівель, що забезпечує зниження трансмісійних тепловтрат. Такі заходи не лише скорочують обсяги енергоспоживання, але й зміцнюють національну енергетичну безпеку та сприяють зменшенню техногенного навантаження на довкілля.

На етапі проєктування термомодернізаційних рішень першочерговим завданням є проведення комплексного аналізу наявної моделі енергоспоживання об'єкта та чинних тарифів на комунальні послуги. Результати такого аналізу забезпечують можливість визначення групових та поелементних параметрів енерговитрат, що є базою для розроблення обґрунтованих енергозберігаючих заходів. При формуванні переліку оптимізаційних дій енергоспоживання необхідно розподіляти витрати за такими категоріями: електроприлади та електротехнічне обладнання будівлі, інженерні системи опалення, вентиляції й кондиціонування, огорожувальні конструкції, а також засоби контролю, моніторингу й управління енергоспоживанням.

Основна частина

Близько 70 % житлового фонду України становлять будівлі, що відносяться до енергозбиткових. Значна частина таких споруд була зведена в період масової індустріальної забудови та характеризується недостатнім термічним опором зовнішніх конструкцій. У зв'язку з цим постає необхідність невідкладного впровадження сучасних проєктних рішень з термомодернізації. Першочерговим завданням є інтеграція енергоефективних технологічних рішень у практику будівельного проєктування, що відповідатимуть вимогам чинного законодавства у сфері енергетичної ефективності.

Недостатній рівень термічного захисту житлово-комунальної інфраструктури зумовлює втрату 60–70 % енергоресурсів у масштабах держави, що потребує підвищення нормативно встановлених величин термічного опору огорожувальних конструкцій. За аналітичними даними, до 50 % теплової енергії втрачається через стіни та покрівлі будівель. Рациональне застосування сучасних теплоізоляційних матеріалів у будівництві дозволяє скоротити тепловтрати та зменшити витрати на опалення на 50–70 % [1, 2].

Таким чином, ефективна термомодернізація будівельного фонду є одним із ключових механізмів підвищення енергоефективності, забезпечення екологічної безпеки та стабілізації енергетичного балансу держави. Комплексний підхід до оцінки енергетичної поведінки будівлі, правильне проєктування та впровадження технологічних рішень сприятимуть значному підвищенню якості експлуатації об'єктів нерухомості та досягненню стратегічних цілей сталого розвитку.

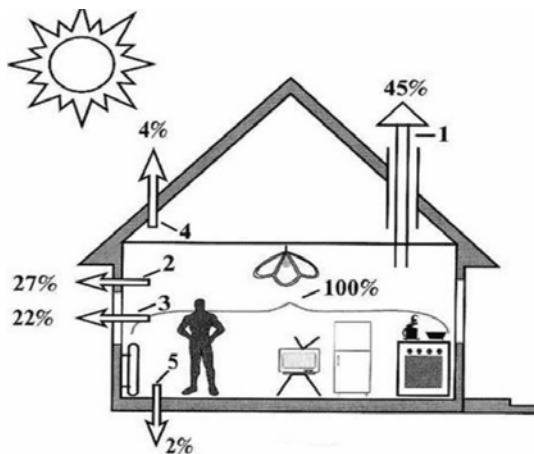


Рис. 1 Орієнтовна структура теплового балансу в житловому будинку під час опалювального періоду: 1 – втрати тепла за рахунок повітрообміну; 2 – трати тепла через стіни; 3 – втрати тепла через вікна; 4 – втрати тепла через дах; 5 – втрати тепла через підлогу

Добре відомо, що застосування зовнішньої теплоізоляції істотно знижує інтенсивність теплоперенесення з внутрішнього середовища будівлі у зовнішній простір. Потoki теплового випромінювання проходять крізь огорожувальні конструкції та частково затримуються шарами будівельних матеріалів, з яких сформована стіна. У разі припинення роботи системи опалення починає діяти так званий «ефект голландської печі», коли огорожувальні конструкції поступово повертають накопичену теплову енергію назад у приміщення. Завдяки цьому внутрішній мікро-клімат з часом стабілізується.

Кам'яні стіни, утеплені за допомогою зовнішніх теплоізоляційних систем, не лише зменшують тепловтрати, але й забезпечують додатковий захист інженерних комунікацій, розміщених на внутрішніх поверхнях стін, від ризику промерзання. Важливою перевагою є також захист від перегрівання у літній період: теплоізоляційний шар ефективно екранує стіни від впливу високих зовнішніх температур і зменшує надходження тепла всередину приміщення. Окрім того, зовнішнє утеплення не зменшує площу корисного внутрішнього простору, що є додатковою перевагою порівняно з внутрішнім утепленням.

На сьогодні розроблено значний спектр інженерно-технічних рішень щодо теплозахисту огорожувальних конструкцій стін, які класифікують за кількома основними ознаками:

1. За розміщенням теплоізоляційного шару:

- на внутрішній поверхні стіни;
- на зовнішній поверхні стіни;
- одночасно на внутрішній і зовнішній поверхнях (комбіновані рішення).

2. За наявністю та конфігурацією повітряного прошарку:

- повітряний прошарок між утеплювачем та зовнішньою поверхнею стіни;
- прошарок між захисним (оздоблювальним) шаром фасаду та утеплювачем;
- вентилявані та невентильовані повітряні прошарки в системах фасадної теплоізоляції.

3. За матеріалом теплоізоляційного шару:

- полімерні утеплювачі (пінополістирольні, поліуретанові матеріали тощо);
- органічні матеріали на основі природних компонентів (глини, рослинних наповнювачів);
- неорганічні матеріали: скловолокно, мінеральна вата, легкі бетони, теплоізоляційні розчини.

4. За способом кріплення теплоізоляційного матеріалу:

- пошарове нанесення литих теплоізоляційних мас;
- механічне кріплення спеціальними фасадними системами;
- кріплення клеючими розчинами та сумішами; – комбіновані способи фіксації.

5. За матеріалами та системою кріплення оздоблювального захисного шару (штукатурні системи, навісні фасади тощо) [3, 4].

Після вступу України до Світової організації торгівлі вітчизняна система будівельного нормування почала активно адаптуватися до вимог Європейського Союзу. Упродовж 2006–2022 років відбувалася поступова трансформація нормативної бази у сфері енергоефективності та теплозахисту будівель. Вперше мінімальні значення опору теплопередачі огорожувальних конструкцій було встановлено у ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель». З 1 липня 2013 року до нього були внесені зміни, спрямовані на підвищення вимог до теплозахисту.

Подальший розвиток нормативної документації привів до оновлення стандарту у редакції ДБН В.2.6-31:2016, а згодом – до його трансформації у сучасний нормативний документ ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель», який комплексно регламентує вимоги як до теплозахисту, так і до енергоефективності будівельних об'єктів.

У таблиці 1 наведено порівняльні значення мінімального опору теплопередачі огорожувальних конструкцій для I температурної зони відповідно до редакцій чинних у різні роки будівельних норм.

Таблиця 1 Зміни до мінімального опору теплопередачі визначені нормативними документами в різні періоди

Вид огорожувальної конструкції	2006	2013	2016	2021
	$R_{\min}$ м ² *К/Вт	$R_{\min}$ м ² *К/Вт	$R_{\min}$ м ² *К/Вт	$R_{\min}$ м ² *К/Вт
Зовнішні стіни	2,8	3,3	3,3	4,0
Суміщені покриття, що межують із зовнішнім повітрям	3,3	4,95	6,0	7,0
Перекрытия, що межують із зовнішнім повітрям та над неопалювальними підвалами	2,8	3,75	3,75	5,0
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,6	0,75	0,75	0,9
Зовнішні двері	0,44	0,44	0,6	0,7

З метою підвищення енергоефективності будівель щороку реалізується значна кількість всеукраїнських та міжнародних грантових програм, конкурсів і проєктів, спрямованих на фінансування заходів із термомодернізації як вже існуючого будівельного фонду, так і нового житлового та громадського будівництва із застосуванням сучасних енергоефективних матеріалів. Одним із найбільш показових прикладів є програма «IQ Energy», підготовлена у 2016 році Європейським банком реконструкції та розвитку (ЄБРР). Програма стала складовою глобального фонду зеленого фінансування та була спрямована на стимулювання підвищення енергоефективності житлового сектору України відповідно до стандартів Європейського Союзу.

Поступове реформування національної нормативної бази у будівельній сфері, орієнтоване на адаптацію до європейських стандартів, привело до того, що значна частина будівель, які пройшли термомодернізацію до 2022 року, вже не відповідає чинним вимогам оновлених будівельних норм. Відомо, що більшість таких проєктів реалізовано на основі технології «мокрый фасад», відповідно до якої теплоізоляційні плити приклеюються до поверхні стіни, закріплюються дюбелями, а зверху покрива-

ються армувальним шаром із полімерною сіткою. Завершальним етапом є нанесення декоративно-захисної штукатурки та фарбування. Однак зміна теплозахисних характеристик огорожувальних конструкцій у таких системах до рівня, визначеного сучасними нормами, є практично неможливою без проведення додаткових інженерно-технічних заходів, зокрема часткового або повного оновлення фасадної теплоізоляційної системи.

Сучасний ринок теплоізоляційних матеріалів України представлений широкою номенклатурою будівельно-оздоблювальних рішень, кожне з яких має свій специфічний набір експлуатаційних характеристик, переваг та обмежень. Найпоширенішими видами теплоізоляції залишаються пінополістирол та мінераловатні плити. За результатами аналітичних досліджень установлено, що пінополістирольні плити застосовуються приблизно у 40 % випадків термомодернізації існуючих будівель. Основні технічні характеристики теплоізоляційних матеріалів, що найчастіше використовуються в огорожувальних конструкціях, наведено у таблиці 2 [5].

Упродовж останніх років на вітчизняному ринку з'явилася велика кількість нових теплоізоляційних матеріалів, що значно розширило можливості впровадження інноваційних рішень у сфері енергозбереження. З удосконаленням технологій сучасні ізоляційні матеріали стали більш ефективними, екологічно безпечними та різноманітними за функціональними властивостями. Завдяки цьому забезпечується виконання широкого спектру технічних завдань, серед яких: зведення будівель збільшеної поверховості, зменшення товщини огорожувальних конструкцій, зниження загальної маси будівель, скорочення витрат будівельних матеріалів та мінімізація споживання паливно-енергетичних ресурсів при збереженні нормативних параметрів внутрішнього мікроклімату.

Окремої уваги заслуговують фасадні системи утеплення з опорядженням панелями та влаштуванням вентиляованого повітряного прошарку. На відміну від традиційних штукатурних систем, такі конструктивні рішення дають змогу гнучко змінювати товщину існуючого теплоізоляційного шару в межах реконструкції або доутеплення. Технологія «вентильований фасад» передбачає формування повітряного зазору товщиною 20–50 мм між теплоізоляційним шаром та зовнішнім облицюванням. Наявність цього прошарку забезпечує ефективне видалення водяної пари, що дає змогу підтримувати теплоізоляційний матеріал у сухому стані, підвищуючи його теплозахисні властивості. Крім того, багатшарова структура вентиляованого фасадної системи значно зменшує вплив атмосферних чинників, полегшує експлуатаційні навантаження та збільшує довговічність огорожувальних конструкцій.

Таблиця 2 Теплоізолювальні матеріали та їх характеристики

Назва матеріалу	Густина, кг/м³	Питома теплоємність, кДж/кг/К	Теплопровідність в сухому стані, Вт/(м К)	Розрахункова теплопровідність, Вт/(м К)	Коефіцієнт паропроникності, мг/(м год Па)
Мінеральна вата	30-225	0,84	0,039-0,040	0,046-0,054	0,30-0,55
Скловолокно	10-70	0,84	0,032-0,044	0,042-0,057	0,45-0,70
Екструдований пінополістирол	30-35	1,45	0,034-0,035	0,035-0,037	0,008
Пінополістрол	40-100	1,68	0,038-0,047	0,041-0,064	0,23
Перліт	250-450	0,84	0,071-0,110	0,083-0,202	0,1-0,20
Піноскло	120	0,84	0,045	0,053-0,054	0,002
Арболіт	300-800	2,3	0,07-0,16	0,11-0,3	0,11-0,3

Наявність повітряного прошарку в конструктивних рішеннях типу «вентильований фасад» є ключовим фактором, що визначає довговічність та експлуатаційну надійність таких систем. Завдяки різниці тисків у вертикальному каналі відбувається природна тяга, яка працює за принципом витяжної вентиляції. Унаслідок цього з простору теплоізоляційного шару ефективно видаляється надлишкова внутрішня волога, що позитивно впливає на стабільність теплотехнічних характеристик утеплювача та попереджає ризики його зволоження, втрати форми та мікробіологічного ураження.

Вентильований повітряний прошарок також сприяє зменшенню тепловтрат через огорожувальні конструкції, виконуючи функцію демпферного температурного бар'єра. Температура повітря всередині каналу, як правило, на 2–3 °С вища порівняно із зовнішнім середовищем, що знижує тепловий градієнт між внутрішнім об'ємом будівлі та атмосферою. Крім того, зовнішній оздоблювальний шар

виконує комплексну захисну роль — він оберігає теплоізоляцію та несучі стінові конструкції від прямого впливу атмосферних опадів, ультрафіолетового випромінювання, вітрових навантажень та механічних пошкоджень, тим самим подовжуючи строк їх служби.

Застосування технології «вентильований фасад» у проектах термомодернізації існуючих будівель, зокрема тих, де вже встановлено попередні системи теплоізоляції, є одним із найбільш перспективних напрямів удосконалення фасадних конструкцій. Такий підхід забезпечує можливість посилення теплозахисту без демонтажу старого шару утеплення, дозволяє адаптувати теплоізоляційну систему до сучасних нормативних вимог, а також значно підвищує архітектурно-естетичні властивості будівлі.

Однією з переваг навісних вентильованих фасадів є широкий вибір облицювальних матеріалів, які можуть застосовуватися для формування зовнішнього шару. До найпоширеніших належать:

- композитні панелі (рейнобонд, алюконбонд, алполік тощо), що відзначаються малою вагою, високою міцністю та стійкістю до ультрафіолетового випромінювання;
- керамогранітні плитки, які мають підвищену морозостійкість, низьке водопоглинання та механічну міцність;
- волокнисто-цементні листи (фіброцементні та азбестоцементні), стійкі до температурних коливань і біокорозії;
- металеві фасадні системи у вигляді панелей, касет або сайдингу, що відрізняються довговічністю, корозійною стійкістю та простотою монтажу.

Висновки

Проведені дослідження технологічних рішень щодо термомодернізації фасадних систем будівель з існуючими теплоізоляційними покриттями підтверджують доцільність застосування вентильованих фасадів. Аналіз характеристик теплоізолювальних матеріалів демонструє, що влаштування вентильованого повітряного прошарку є ефективним рішенням, оскільки саме цей прошарок забезпечує зниження тепловтрат. Повітряний простір працює як демпферний температурний екран, що стабілізує тепловий режим огорожувальних конструкцій та підвищує загальну енергоефективність фасадної системи.

СПИСОК ВИКОРИСТАНОЇ ЛІТЕРАТУРИ

1. Гайдук О.В., Герлянд Т.М., Кулалаєв Н.В., Півторацька Н.В., Пятинчук Т.В. Технології утеплення фасадів будівель. Підручник. Житомир: «Полісся», 2021. – 362 с. ISBN 978-617-8117-00-9.
2. Технологія облаштування фасадів будинків навісними фасадними системами з вентиляцією / Р. Я. Яким, О. А. Ужегова // Містобудування та територіальне планування. - 2011. - Вип. 40(2). - С. 581-588.
3. ДБН В.2.6-33:2018 "Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування". // Мінрегіон України. – 2018.
4. Сердюк В. Р. Організаційно-технологічні заходи термомодернізації застарілого житлового фонду [Текст] / В. Р. Сердюк, С. Ю. Франишина, Т. В. Сердюк, О. В. Христич // Вісник Вінницького політехнічного інституту. – 2022. – № 2. – С. 6-17.
5. ДСТУ 9191:2022 Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель / Технічний комітет стандартизації «енергоефективність будівель і споруд» (ТК 302), Державне підприємство «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій».

Майданюк Сергій Сергійович – студент 2-го курсу магістратури, група 1БМ-24м, Факультет будівництва, цивільної та екологічної інженерії, Вінницький національний технічний університет, м. Вінниця, kalashVE@gmail.com

Мет Іван Миколайович – к.т.н., доцент кафедри будівництва міського господарства та архітектури Вінницького національного технічного університету, e-mail: met@vntu.edu.ua

Maydanyuk Serhiy Serhiyovych – 2nd year master's student, group 1BM-23m, Faculty of Civil Engineering, Civil and Environmental Engineering, Vinnytsia National Technical University, Vinnytsia, kalashVE@gmail.com

Met Ivan Mykolayovych – Ph. D., assistant professor of construction of urban economy and architecture Vinnitsa National Technical University, e-mail: v.shvets@vntu.edu.ua