

РОЗШИРЕННЯ ФУНКЦІОНАЛЬНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ НАВІСНИХ ВЕНТИЛЬОВАНИХ ФАСАДІВ ПРИ УТЕПЛЕННІ БУДІВЕЛЬ

Вінницький національний технічний університет

В статті показано, що великий відсоток житлового фонду України представлений панельними будинками масових серій забудови 1960–1980-х років, який будувався з заниженими показниками нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій, внаслідок тривалого терміну експлуатації будівель зазнав фізичного та морального зношування.

Показано, що занижені показники термічного опору оболонки будинків привели до надмірних витрат енергії на м² застарілого житлового фонду, які перевищують в 2,0-2,5 рази показники країн ЄС. На утримання застарілого житлового на будівельну галузь приходить більше 30-40% від всіх енергоносіїв.

В статті наведено порівняння зростання термічного опору огорожувальних конструкцій європейських країн та України.

Важливе місце в захисті будівель від впливу атмосферних явищ навколишнього середовища, підвищені їх енергоефективності та наданні сучасного вигляду застарілим об'єктам займають навісні вентилявані фасади (НВФ). Показані перспективи розширення функціональних властивостей навісних фасадів, які забезпечують отримання енергії за рахунок їх облицювання сонячними панелями та економії енергії при охолодженні будівлі за рахунок влаштування текстильних вентиляваних фасадів.

Ключові слова: енергоефективність, нормативна база, навісний вентиляваний фасад, поліфункціональні властивості вентиляваних фасадів.

Вступ

У всьому світі будівлі споживають близько 40 % загальної первинної енергії, в ЄС до 36 % від загальної суми викидів CO₂ надходять з будівель. Будівельна галузь зберігає великі резерви енергозбереження та зменшення викидів парникових газів.

Діючі в країнах ЄС будівельні норми встановлюють споживання енергії в будинках на рівні 80–100 кВт • год / (м² • рік). У нового покоління будинків, які проектується і будуються відповідно до нової концепції ЄС, рівень енергоспоживання повинен бути не вище 15 кВт • год / (м² • рік).

Будинки існуючого застарілого житлового фонду України мають рівень споживання 250-400 кВт • год / (м² • рік). Постійне відставання показників нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій в десятки років привело до надмірних витрат енергії при утриманні застарілого житлового фонду та до необхідності обов'язкового його утеплення. І це при тому, що країни ЄС масово переходять до масштабного будівництва енергоефективних та «пасивних» будинків з нульовим споживанням енергії.

Термічний опір стінових конструкцій застарілої забудови коливається в межах 0,8–1 м² • К/Вт і такі будівлі відволікають великі обсяги енергії на їх утримання. Країни ЄС переходять до будівництва будинків з витратами від 20 до 40 кВт год/м² та пасивних будинків, які додатково генерують та віддають енергію в мережу.

Для зовнішнього утеплення стін будинку використовуються два основних способи: «мокрый» фасад і «сухий» вентиляваний фасад. Кожне технологічне рішення має свої переваги і недоліки. У професійних будівельників, інвесторів, конструкторів та архітекторів викликають великий інтерес навісні вентилявані фасади (НВФ), які характеризуються широкою палітрою кольорів облицювання фасадів, довговічністю та енергоефективністю.

Мета роботи. Дослідження технології утеплення будівель шляхом використання навісних вентиляваних фасадів та сучасних тенденцій розширення їх функціональних властивостей.

Виклад основного матеріалу дослідження

Динаміка змін та абсолютні значення нормативних показників термічного опору «оболонки» будівель та їх порівняння зі стандартами розвинених країн дають комплексну порівняльну оцінку споживання енергетичних ресурсів в будівельній галузі України.

З 1 вересня 2022 року в Україні введені в дію нові ДБН, які передбачають зростання нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій (табл. 1). Ві табл. 2 приведені порівняльні нормативні показники термічного опору введених нових і відмінених ДБН, їх порівняння з аналогічними показниками європейських країн і, що не менш важливо, з термінами їх прийняття.

Таблиця 1

Порівняльні показники мінімально допустимого значення приведенного опору теплопередачі (R) огорожувальних конструкцій житлових та громадських будівель.

Огороджувальні конструкції, термічний опір, R (м ² • К / Вт)	ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель		ДБН В.2.6-31:2021 Теплова ізоляція та енергоефективність будівель	
Зовнішні стіни	3,3	2,8	4,0	3,5
Світлопрозорі огорожувальні конструкції	0,75	0,6	0,9	0,7
Суміщені покриття	6,0	5,5	7,0	6,0
Покриття опалюваних горищ (технічних поверхів), мансард, горищні перекриття неопалюваних горищ	4,95	4,5	6,0	5,5
Перекриття, що межують із зовнішнім повітрям, та над неопалюваними підвалами	3,75	3,3	5,0	4,0
Зовнішні двері	0,6	0,5	0,7	0,6

Як видно з табл. 2 Україна лише наблизилася показники нормативних вимог термічного опору огорожувальних конструкцій до показників європейських країн, крім того, це було зроблено з запізненням практично в 10–15 років.

Таблиця 2

Порівняльні нормативні показники коефіцієнту термічного опору огорожувальних конструкцій будівель (м² К/Вт) та рік прийняття.

Країна	Німеччина	Данія	Великобританія	Норвегія	Швеція	Україна	Україна
Рік прийняття	2009	2006	2010	2007	2008	2016	2022
Стіни	3,57	5,00	5,55	5,56	5,56	3,3-2,8	4,0-3,5
Покрівля	5,00	5,56	6,67	7,69	7,69	6,0-5,5	6,0-5,5
Вікна	0,77	0,67	0,67	0,83	0,76	0,75-0,6	0,9-0,7
Підлога	2,86	6,67	4,76	6,67	6,67	4,95-4,5	5,0-4,0

Якщо Норвегія, Данія, Швеція, іншу країни підвищили показники термічний опір стін до 5,0-5,55 м² • К / Вт ще в 2006-2008 роках, то Україна підвищила цей показник до 4,0 м² • К / Вт і це було зроблено лише в 2022 році. Вимоги термічного опору для покриттів і перекриттів в 2010 році а європейських країнах зросли до 10 м² • К / Вт проти діючих у 2006 році 6,7 м² • К / Вт, тоді як в Україні лише у 2022 році відповідно до вимог нових ДБН вони були підвищені до 6,0 м² • К / Вт. З 2021 року в сусідній Польщі термічний опір для стін був збільшений до R = 5,00 м² • К / Вт, хоча в Україні, як і в Польщі, кліматичні умови є практично ідентичні, а в якості основного стінового матеріалу використовується переважно газобетон автоклавного тверднення.

Існуючий застарілий житловий фонд потребує енергії на м² житлової площі фактично в 2,0–2,5 рази більше ніж в розвинених європейських країнах. Це відбувається в умовах зростання вартості викопних видів палива та необхідності зменшення викидів парникових газів. В Україні ситуація набагато складніша, ніж в країнах ЄС. Більше 70% громадян живе в будинках, які зводили у 60–80-ті роки ХХ століття, а 19% — взагалі в спорудах 50-х років та старше. Їх будували в епоху символічних цін на енергоносії та кліматичної реальності того часу – відсутність проблем парникових газів.

В Україні приймалися декілька спроб утеплення застарілого житлового фонду, але брак державних коштів не дозволяв цього зробити централізовано. В ЄС задекларовано, що до 2050 року новобудови та старі будинки мають мати рівень споживання енергії наближений до нуля. Україна отримала статус кандидата для вступу до ЄС, адаптує власну нормативну базу до європейських вимог і має їх дотримуватись.

Узагальнені дані Мінрегіону [1] свідчать, що близько 90 % всіх багатопверхівок потребують термомодернізації. Тепломодернізація житлових будинків забезпечить економію енергії на рівні 40-60 % від їх існуючого на сьогодні енергоспоживання. За оцінками експертів сфера житлово-комунального господарства залишається однією з найенергоємніших, а потенціал скорочення

споживання природного газу становить 8–10 млрд м³ [2].

В 2023 році прийнято за основу та включено до порядку денного Верховної Ради Закон України «Про здійснення комплексної реконструкції кварталів (мікрорайонів) застарілого житлового фонду». В обґрунтуванні прийняття цього Закону зазначено, що на території України налічується 30380 багатоквартирних житлових будинків віднесених до застарілого житлового фонду, а саме: збудованих включно до 1919 року – 7646 (58 визнані аварійними); збудованих у період з 1920-1953 роки – 9693 (45 визнані аварійними); збудовані у період з 1954-1969 роки – 7192 (40 визнані аварійними); збудовані у період з 1970-1989 роки – 5364 (24 визнані аварійними); збудовані у період з 1990-2010 роки – 785. Продовження експлуатації таких будинків несе в собі не тільки некомфортне існування мешканців, а й пряму загрозу для їх життєвого середовища.

Руйнація житлового фонду в результаті війни, розв'язаної росією, ще більше ускладнила проблеми утримання житлового фонду. Загальна вартість відновлення пошкоджених житлових і нежитлових будівель та інфраструктури в Україні станом на 1 листопада 2022 року становила \$105,3 млрд. Сюди входять зруйновані та частково пошкоджені об'єкти [3].

В останні роки в Україні реалізована низка заходів, які сприяють зменшенню витрат енергії в будівельні галузі. До найбільш важливих дійових організаційно-технічних заходів термомодернізації існуючого застарілого житлового фонду, слід віднести:

- прийняття в 2018 році Закону України «Про енергетичну ефективність будівель»;
- створення і початок роботи Фонду енергоефективності, який забезпечує збільшення
- обсягів виконання будівельних робіт з термомодернізації будівель через ОСББ та коштів місцевих бюджетів;
- затвердження Кабінетом в 2018 році оновленого Переліку будівельних робіт, що не
- потребують дозвільних документів на утеплення та не підлягають прийому в експлуатацію і до якого включено індивідуальні житлові будинки, що належать до об'єктів з незначними наслідками відповідальності(СС1) та багатоквартирні житлові будинки висотою до 100 м (об'єкти з середніми наслідками відповідальності (СС2). Ремонтні та теплоізоляційні роботи необхідно погоджувати лише у випадку, якщо будинок має історичну або архітектурну цінність.
- з 2000 по 2022 рік відбулось зростання обсягів власного виробництва енергоефективних
- конструкційно - теплоізоляційних і теплоізоляційних газобетонів автоклавного тверднення більше ніж в 50 раз, вони витісняють з будівельного ринку високоенергоємні на стадії виробництва і не енергонефективні на стадії експлуатації традиційні стінові матеріали - повнотілу глиняну та силікатну цеглу, керамзитобетон;
- в 2019 році Україна збільшила податок на викиди CO₂ в 25 раз, а в 2020 років ще в 3 рази, який з досвіду європейських країн являється найбільш дієвим механізмом зменшення енергоспоживання;
- введення в дію з 1 вересня 2022 року ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та
- енергоефективність будівель» передбачає підвищення вимог термічного опору «оболонки» будівлі в середньому на 20%;
- прийняття 1 грудня 2018 року нових ДБН В.2.6-33:2018 «Конструкції зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією», що містить вимоги та рекомендації щодо проектування зовнішніх стін будівель з фасадною теплоізоляцією для забезпечення надійного захисту будівель від атмосферних факторів, зменшення тепловтрат та утворення конденсату в стінових конструкціях.

Україна на сьогодні має розвинений сектор виробництва будівельних матеріалів, який включає видобуток будівельної сировини, виробництво основних матеріалів і обладнання. Основна частина виробленого споживається в Україні (95%), а питома вага вітчизняних будматеріалів у загальному їх споживанні в Україні перевищує 90%[4]. В Україні впроваджуються інноваційні будівельні матеріали, технології, утеплення стін відбувається переважно з використанням «мокрих» технологій. Навісний вентиляований фасад (НВФ), як відносно нова система утеплення будинків («сухий фасад»), швидко набирає популярності. При цьому НВФ є одним із найпопулярніших і сучасних трендів у сфері архітектури та будівництва сучасних будівель.

Технологія влаштування НВФ

В Європі ще наприкінці 1970-х років НВФ отримали поширення, в Україні вони стали популярними в 1990-х роках, як швидкий спосіб збільшення опору теплопередачі стінових конструкцій переважно громадських будівель. [5].

Монтаж зовнішнього фасаду здійснюється на спеціальні підсистеми у вигляді каркаса з дерев'яного

бруса або металевого профілю. Вимоги до проектування НВФ передбачають улаштування надійного навісного каркаса, теплоізоляційного шару, опорядження індустріальними елементами, повітряного прошарку фіксованої товщини між шарами теплоізоляції та опоряджувальними елементами з обов'язковим забезпеченням його вентиляції.

На рис 1 приведений фрагмент зовнішнього вигляду конструкторсько-технологічної схеми найбільш поширеної збірної системи НВФ з вентиляваним повітряним прошарком.



Рисунок 1 – Фрагмент стіни з навісним вентиляваним фасадом.

Для кріплення направляючих навісної системи фасаду до стіни використовуються різноманітні елементи кріплення (заклепки; дюбелі; анкерні болти; санчата; столики; тощо).

Одним із бюджетних варіантів влаштування НВФ для малоповерхових індивідуальних будинків є влаштування навісного каркасу з дерева, на який кріпиться вініловий сайдинг.

В якості теплоізоляції в НВФ використовуються негорючі мінераловатні утеплювачі, які кріпляться до стіни будівлі тарілчастими дюбелями. Для утеплення вентиляваного фасаду зі стандартним утеплювачем завтовшки 50 мм, використовуються кронштейни з виносом 80 мм або 120 мм. Мінераловатний утеплювач має щільно примикати до стіни будівлі.

При виконанні монтажних робіт рекомендується використовувати наступні інструменти: ротаційний лазерний нівелір при нанесенні позначок отворів для кронштейнів, перфоратор, болгарку, болтоверт, ножиці, листозгин, заклепувальний інструмент для фіксації профілів до кронштейна та клямерів. Клямер – спеціальна стальна пластина товщиною 1-1,1 мм з кількома фіксаторами, вона буває рядова, стартова, бічна (рис. 4). Клямер жорстко і надійно фіксується спеціальними заклепками до напрямного профілю, частіше до Т-подібного профілю (тавр), рідше – до L-подібного профілю.



Рисунок 2 – Зовнішній вигляд клямерів.

Завдяки зазору між утеплювачем і фасадом будівлі потоки повітря, що сходять, легко циркулюють за фасадом, підсушуючи при цьому шари утеплювача у разі попадання на них вологи та потенційної вологи, яка може надходити з стіни будинку, наприклад з газобетонної стіни.

Для запобігання видування волокон з утеплювача і його зволоження застосовуються гідро-вітрозахисні мембрани, які забезпечують виток водяних парів з утеплювача і одночасно захищають теплоізоляцію від проникнення вологи з зовні та видування волокон утеплювача.

Питома вага алюмінію $2,7-2,9 \text{ г/см}^3$, що практично в 3 рази менше сталі. Стальні навісні системи потребують антикорозійного захисту або використання спеціальних сталей, їх модуль пружності практично в 3 рази вище ніж сплавів з алюмінію тому для алюмінієвих систем закладають 3-х кратний запас міцності, а для сталевих - 1,5-1,7 рази.

Основним нормативним документом проектування НВФ є ДБН В.2.6-33: 2018 «Конструкції

зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування». Відповідно до п. 5.3.2 та 5.3.3. ДБН В.2.6-33:2018 при застосуванні матеріалів теплової ізоляції та опоряджувального шару групи горючості НГ згідно з ДБН В.1.1-7 конструкції із фасадною теплоізоляцією можуть застосовуватися для будівель та споруд умовною висотою понад 47 м без обмежень. Конструкції із шаром теплової ізоляції групи низької горючості Г1 і групи помірної горючості Г2 та опоряджувальним шаром із матеріалів, які відносяться до групи низької горючості Г1 і групи помірної горючості Г2 згідно з ДБН В.1.1-7, можуть застосовуватися тільки для будівель та споруд з умовною висотою менше ніж 9 м. за винятком будівель та споруд дошкільних закладів освіти, закладів освіти, закладів охорони здоров'я, закладів для літніх людей згідно з ДБН 8.2.243. ДБН 3.2.2-4, ДБН В.2.2-10. ДБН В.2.2-17, ДБН В.2.2-18, ДБН 363 та будівель і споруд ступеня вогнестійкості, а також для будівель і споруд II та III ступенів вогнестійкості, при застосуванні опоряджувального шару з матеріалів, які відносяться до групи помірної горючості Г2.

Технологія влаштування НВФ передбачає наступну послідовність виконання робіт: підготовка поверхні стіни та розмітку для свердління отвору під установку кріпильних виробів; розмітка та монтаж терморозривів та кронштейнів; монтаж утеплювача і гідровітробар'єра; монтаж вертикальних або горизонтальних направляючих профілів; монтаж конструкцій, необхідних для установки: парапетів, віконних укосів і т.д.; монтаж облицювальних елементів (панелей, керамогранітних плит, тощо). В процесі монтажу елементів системи проводиться операційний контроль якості робіт та готуються акти на приховані роботи відповідно до ДБН

А .3.1-5:2016 «Організація будівельного виробництва».

Спосіб термомодернізації будівель системами НВФ на сьогодні набув великого поширення і буде зростати надалі оскільки дозволяє швидко утеплити стіни будинку. Фасади сірих застарілих будівель, з стінами з силікатної або керамічної цегли завдяки використанню НВФ отримують привабливий, красивий вигляд. Стіни існуючих будинків не потребують особливої підготовки, утеплення стін може проводитись навіть в зимній період. Аналіз світового та вітчизняного досвіду термомодернізації будівель з НВФ підтверджує інші переваги (рис. 3).

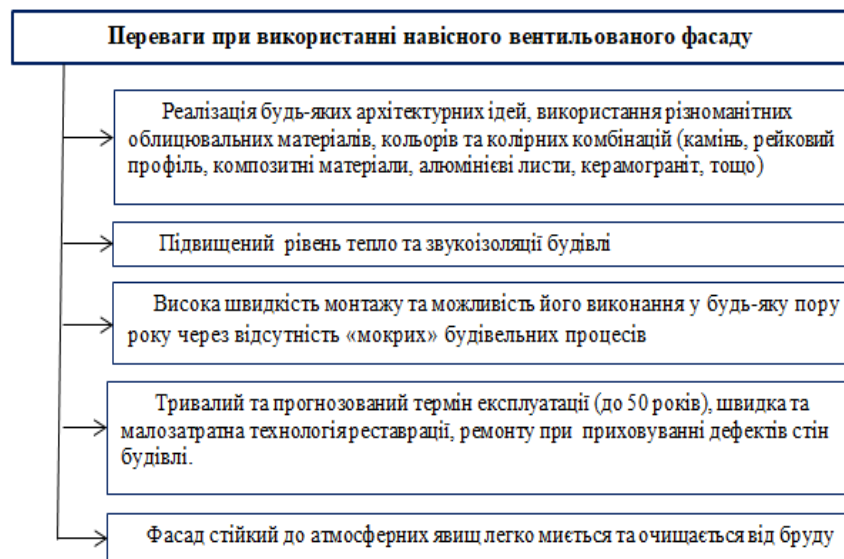


Рисунок 3 – Основні переваги використання НВФ.

Виробники НВФ супроводжують свою продукцію детальними інструкціями, які частково замінюють технологічні карти та карти трудових процесів. НВФ, як будівельна продукція, обов'язково мають бути сертифіковані. Найбільшу поширеність в Україні отримали НВФ з використанням облицювальних панелей з керамограніту.

При цьому величина зазору між утеплювачем та фасадом будівлі за різними джерелами становить від 20 до 50 мм. Це дозволяє висхідним потокам повітря циркулювати між облицювальним матеріалом та утеплювачем, висушуючи шар утеплювача у разі попадання на нього вологи.

До основних недоліків НВФ слід віднести:

- корозія металевих елементів (кронштейнів кріплення та дюбелів), що потребує
- антикорозійного захисту, використання алюмінію, нержавіючої сталі, що збільшує їх вартість;

- має місце негативний вплив металевих кронштейнів кріплення та дюбелів на
- теплозахисні властивості стінової конструкції через їх контакт та проникнення в тіло стіни;
- використання гідро- та вітрозахисних мембран на полімерній основі сприяють
- порушенню пожежної безпеки, а їх відсутність з часом негативно впливає на якість теплоізоляції;
- при перевищенні товщини повітряного зазору зростає можливість виникнення гучного
- звуку, при недостатній - ускладнюється циркуляція повітря і винос вологи з теплоізоляції;
- ускладнюється технологія влаштування округлих форм фасаду та оздоблення віконних
- примикань.

На сьогодні на будівельному ринку присутня велика кількість різноманітних індустріальних облицювальних елементів (табл. 3), які забезпечують високу довговічність фасаду, архітектурну виразність фасаду будівлі, оптимальні витрати матеріальних і трудових ресурсів.

Таблиця 3

Види класифікації та класифікаційні ознаки навісних вентиляційних фасадів.

Вид класифікації	Вид облицювального матеріалу
По виду облицювального матеріалу	- натуральний камінь - керамограніт - агломератна плитка або штучний камінь - фіброцемент - алюмінієві композитні панелі - лінеарні панелі - ламінат високого тиску - скляні панелі - теракотова кераміка - металосайдінг - альтернативні матеріали: клінкерна плитка, HPL панелі, фотоелектричні модулі, медіакасети
По виду матеріалу несучих конструкції	- оцинкована сталь; нержавіюча сталь; алюміній і його сплави; дерево
Наявність теплоізоляційного шару	- с утеплюючим шаром; без утеплюючого шару
По типу фіксації навісної конструкції	- панелі з кріпленням до стіни - панелі з кріпленням до плити перекриття
По довговічності	- до 15 років; до 25 років; до 50 років
По вартості фасаду	- економ, стандартний та преміум варіант

Проблемні питання виробництва НВФ

Проблемним питання НВФ, на які майже не звертається уваги, залишається наявність в огорожувальні стіні будівлі «містка холоду» від металевого анкера, який розміщується в стіні для фіксації кронштейна та самі кронштейни, які контактують зі стіною.

З метою зменшення втрат тепла при монтажі металевого (сталю, алюмінієвого) каркасу НВФ між кронштейном і стіною передбачається наявність паронітових терморозривних прокладок. Пароніт це продукт вулканізації суміші азбестових волокон (60-70 %), розчинника, каучуку (12-15 %), мінеральних наповнювачів (15-18 %) та сірки (1.2-8.0 %), які піддаються вальцюванню під великим тиском. Відповідно до Угоди про асоціацію з ЄС Україна була зобов'язана ввести заборону на використання азбесту на виробництві в рамках адаптації українського законодавства до 31 жовтня 2021 року. Використання всіх типів азбесту заборонені в 55 країнах світу. Відповідно до рекомендацій МОП та ВООЗ Верховна Рада в 2022 році ухвалила загальною законопроект №4142 про громадське здоров'я, який передбачає заборону використання азбесту у будівництві.

Терморозривна прокладка зменшує теплопровідність лише шляхом прямого контакту кронштейна зі стіною і не впливає на анкер, що заглиблений в стіну будівлі. Кронштейни, як і анкери у НВФ збільшують теплопровідність зовнішніх стін. Зниження рівня теплозахисту стін залежить від виду матеріалів, як стіни, анкера так і кронштейнів, їх кількості на 1 м² площі стіни.

Влаштування тонких паронітових прокладок забезпечує приріст рівня теплозахисту фрагментів фасаду не більше як на 5 % [6].

За даними [7] зниження рівня теплозахисту фасадних систем в цілому може досягати до 50% від величини опору теплопередачі, розрахованої без впливу включень. На рис 3 приведена схема розподілу температури стіни.

Як видно з рис. 3 видно, що температура облицювального елемента фасаду і поверхні теплоізоляції однакова тому розрахунок термічного опору стіни з НВФ має проводитись без врахування повітряного прошарку. При цьому за умови відсутності облицювального елемента на фасаді будинку пориви холодного або гарячого повітря будуть охолоджувати або нагрівати стіну.

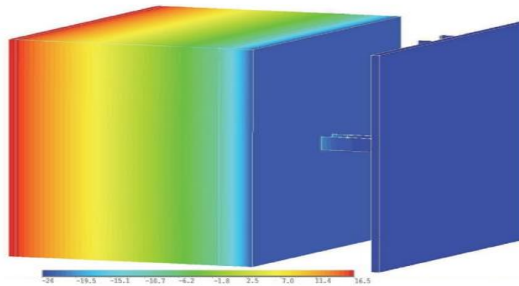


Рисунок 4 – Розподіл температур (°C) поверхнями фрагмента зовнішньої стіни з НВФ, утеплювачем $\delta = 50$ мм та кронштейном.

Як відомо, теплопровідність вуглецевої сталі становить $45 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, а чистого алюмінію – $235 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$. Нержавіюча сталь має низьку теплопровідність, $15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$, що робить її більш прийнятною для конструкцій у корозійних середовищах або такі «енергозатратні» і теплопровідні матеріали конструкцій на фасаді зовнішніх стін потребують вдосконалення. Для підвищення теплотехнічної однорідності конструкцій НВФ в ряді публікацій передбачається встановлення паронітових прокладок на стіни під кронштейни. Також одним із можливих рішень пропонується заміна оцинкованої сталі кронштейнів на сталь аустенітну нержавіючу (наприклад – на сталь № 1.4301) по [8], коефіцієнт теплопровідності такої сталі дорівнює $\lambda = 15 \text{ Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$.

НВФ як джерело генерації електроенергії

Використання фотоелектричних модулів на фасаді будівлі – це інноваційний світовий тренд. Отримання сонячної енергії дозволяє знизити негативний вплив об'єкта на довкілля за рахунок скорочення викидів CO_2 та інших забруднюючих речовин, що супроводжують вироблення електроенергії з традиційного викопного палива.

На сьогодні в Україні існує реальна можливість ціленаправленого використати фасадів будинків для генерації електричної енергії шляхом облицювання фасадів сонячними панелями. Переваги влаштування вентилязованого фасаду з сонячних модулів цілком очевидні – це

співрозмірність цін сонячних панелей з цінами стандартних матеріалів для влаштування НВФ (алюмінієві касети, керамоблоки і т.ін.) технічні характеристики сонячних панелей повністю відповідають вимогам щодо захисту фасаду будівлі з можливістю використання стандартних перевірених каркасних конструкцій.

Канадська компанія Element випустила фотоелектричні панелі на основі телуриду кадмію (CdTe) Solstex, призначені для облицювання фасадів висотних будівель. Товщина фотоелектричних елементів становить 6 мм. Для встановлення таких сонячних батарей використовується запатентована система кріплень Unity. Панелі Solstex важать не більше $17 \text{ кг}/\text{м}^2$. При цьому вони прості в установці та здатні виробляти значно більше енергії, ніж аналоги [9]. Вироблена електроенергія може використовуватися для потреб будівлі або подаватися в загальну енергомережу.

Фасад із сонячними батареями ідеально підходить для облаштування вентилязованих фасадів офісів, готелів, торгових центрів, житлових багатоквартирних будинків, а також інших об'єктів нерухомості з підвищеними вимогами до енергозбереження і архітектурної виразності.

Liberta Solar [10] складається зі скляних елементів з вбудованими сонячними панелями на основі кристалічного кремнію і всіх необхідних допоміжних елементів (перетворювачі, накопичувачі і т.д.). Електрика використовується для потреб будівлі або подається в загальну енергомережу.

Крім генерації електроенергії та функції будівельних конструкцій, інтегровані сонячні панелі здатні виконувати й інші завдання, такі як світлозахисні огороження, підтримка теплопостачання, звукоізоляція тощо. Фахівці змогли розробити матеріал, у якому поєдналися переваги сонячних панелей та естетичні властивості популярних облицювальних систем. Фотоелектричні модулі різних відтінків стали прикрасою будинків.

НВФ для охолодження будівель

Текстильні (або тканинні) вентилязовані фасади з'явилися в європейських країнах відносно недавно. Такі фасади використовуються в будівництві при оздобленні фасадів будівель різного призначення: магазинів, складських приміщень, спортивних та адміністративних об'єктів, для облицювання фасадів готелів, промислових об'єктів, торгових центрів. Текстильний фасад це напівпрозорий фасад з поліестеру (рис. 5) або скловолокна він виступає як конструктивний захист від сонця. За допомогою алюмінієвого каркаса проводиться кріплення виробу на фасаді будівлі. Текстильні фасади дозволяють заощадити більше 70 % енергії від витрат на охолодження будівель за допомогою систем кондиціонування.

Завдяки простоті виробництва швидкості виконання БМР, універсальності вони знайшли широке застосування у новому цивільному фасадному будівництві, реконструкції та будівництві навісних фасадів спеціальних об'єктів. Спеціально розроблені мембрани надають фасадному текстилю водовідштовхувальні властивості. Полотна з полівінілхлориду (ПВХ) мають гарантію експлуатації при температурі від $-30\text{ }^{\circ}\text{C}$ до $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$. Тканина коштує порівняно не дорого і завжди її можна замінити. На рис. 5 приведені фрагменти використання текстильних фасадів на прикладі фасадів різних будівель [11].



Рисунок 5 – Фрагменти зовнішнього вигляду текстильно та вентилязованих фасадів.

Висновки

Україна тривалий час користувалась застарілими низькими нормативними показниками термічного опору огорожувальних конструкцій, які лише в 2022 році були наближені до стандартів ЄС. Застарілий не утеплений житловий фонд на сьогодні залишається високо енергозатратним.

Низька вартість енергоносіїв в недалекому історичному минулому та занижені вимоги нормативів термічного опору оболонки будинків в Україні відіграли негативну роль і виконали функцію «міни уповільненої дії».

Використання НВФ являється на сьогодні полі функціональним технологічним рішенням утеплення будівель. НВФ можуть виконувати додаткову функцію джерела енергії, шляхом облицювання їх сонячними панелями. Вони генерують електроенергію при облицюванні фасаду сонячними панелями, а також охолоджують будівлю при використанні текстильних вентилязованих фасадів. Такі фасади не містять шкідливих речовин схильних до гниття і поширення цвілі.

До не менш важливих переваг вентилязованих фасадів слід віднести можливість застосування та реалізація будь-яких архітектурних ідей. Кольорова палітра та форма фасадного облицювання покращую естетику будівлі, кожен будинок стає індивідуальним у всіх відношеннях. НВФ забезпечує високий рівень зниження шуму (мінімум на 20 дБ), високу швидкість монтажу в будь-яку пору року, економію витрат на кондиціонуванні будівлі, тривалий термін експлуатації, легку процедуру реставрації, ремонту, стійкість до атмосферних явищ.

Термін служби навісного вентилязованого фасаду залежить від конструктивного рішення і може наближатись до терміну служби будівлі, легко піддається локального ремонту. Низка переваг вентилязованих фасадів забезпечує їх зростання використання, як в новому будівництві так і при термомодернізації застарілого житлового фонду.

Через відносно високу металоємність НВФ являються більш вартісними в порівнянні зі збірною системою облицювання стін легкими тонкошаровими і товстошаровими штукатурками (мокрими фасадами).

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. У Мінрегіоні визначились, які будинки першими пройдуть термомодернізацію <https://www.slovoidilo.ua/2016/03/14/novyna/ekonomika/u->
2. Урядовий портал: Термомодернізація житлових будівель та бюджетних установ - одне з пріоритетних питань політики України у сфері енергоефективності. www.kmu.gov.ua.
3. Звіт про прямі збитки інфраструктури від руйнувань внаслідок військової агресії росії проти України станом на 1 вересня 2022 року». https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/10/Sep22_FINAL_Sep1_Damages-Report.pdf.
4. Локалізація відновлення в Україні. ДП «Укрпромзовнішекспертиза», ГО «Інститут
5. Міжнародних Економічних Досліджень» https://era-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Ukraine-ERA-Reconstruction-Capacity-Report-BFO_web_ua.pdf
6. Назиров Р. А., Белов Т. В. Влияние сопротивления теплопередачи утеплителя на распределение температурных полей в стеновых ограждениях с навесными вентилируемыми фасадами // Journal of Siberian Federal University. Engineering & Technologies. 2014. Vol. 7. № 2. P. 207-213.
7. Крутилин А.Б Особенности проектирования вентилируемых фасадных систем теплоизоляции в конструкциях наружных стен из ячеистого бетона. Матер. НПК Минск, 19–20 Мая 2021 года, «Опыт производства и применения ячеистого бетона автотоклавно твердения», -С.122-128.
8. Протасевич, А.М. Классификация вентилируемых фасадных систем. Влияние теплопроводных включений на их теплозащитные характеристики / А.М. Протасевич, А.Б. Крутилин // Инженерно-строительный журнал. – 2011. – № 8. – С. 57–62.
9. Сталі нержавіючі. Часть 1. Перечень нержавеющей сталей. СТБ EN 10088-1-2009. – Минск: Государственный Стандарт Республики Беларусь, 2009. – 69 с.
10. Вентилируемые фасады из солнечных батарей с КПД 18% уже доступны в Канаде. <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4962-ventiliruemye-fasady-iz-solnechnykh-batarej-s-kpd-18-uzhe-dostupny-v-kanade.html>.
11. Сонячні панелі Liberta Solar. <https://rautagroup.com/uk/product/liberta-solar-uk/>.
12. Архитектура: На что способны текстильные фасады. <https://www.houzz.ru/statyi/arkhitektura-na-chto-sposobny-tekstilnyye-fasady-stsetivw-vs~128640827>

REFERENCES

1. U Minrehioni vyznachylysia, yaki budynky pershymy proyduť termomodernizatsiyu <https://www.slovoidilo.ua/2016/03/14/novyna/ekonomika/u->
2. Uryadovyy portal: Termomodernizatsiya zhytlovykh budivel' ta byudzhetykh ustanov - odne z nayvazhlyvishykh pytan' polityky Ukrayiny u sferi enerhoefektyvnosti. www.kmu.gov.ua.
3. Zvit pro pryami zbytky infrastruktury vid ruynuvan' vnaslidok viys'kovoyi ahresiyi rosiyi proty Ukrayiny stanom na 1 veresnya 2022 roku». https://kse.ua/wp-content/uploads/2022/10/Sep22_FINAL_Sep1_Damages-Report.pdf.
4. Lokalizatsiya vidnovlennya v Ukrayini. DP «Ukrpromzovnishekspertyza», HO «Instytut 5. Mizhnarodnykh ekonomichnykh doslidzhen'» https://era-ukraine.org.ua/wp-content/uploads/2023/05/Ukraine-ERA-Reconstruction-Capacity-Report-BFO_web_ua.pdf
5. Nazyrov R . A., Belov T. V. Vlyyanye soprotyvlenyya teploperedachy uteplyuvacha na rozpodil temperaturnykh poliv v stenovykh ohrazhdenyyakh s navesnymy ventilyruemyemy fasadamy // Vestnyk Sybirs'koho federal'noho universytetu. Inzheneriya ta tekhnolohiyi. 2014. Vyp. № 2. S. 207-213. 7. Krutylyn A. B. Osoblyvosti proektuvannya ventyl'ovanykh fasadnykh system teploizolyatsiyi v konstruktsiyakh zovnishnykh sten z yacheystoho betonu. Mater. NPK Mins'k, 19–20 travnya 2021 roku, «Opyt proyzvodstva y pryumenenyya yacheystoho betonu avtoklavnoho tverdinnya», -S.122-128.
7. Protasevych, A.M. Klasyfikatsiya ventyl'ovanykh fasadnykh system. Vlyyanye teploprovodnykh vkluchenny na ykh teplozashchytne kharakterystyky / A.M. Protasevych, A.B. Krutylyn // Ynzhenerno-stroytel'nyy zhurnal. – 2011. – № 8. – S. 57–62.
8. Staly nerzhaveyushchye. Chast' 1. Perechen' nerzhaveyushchykh staley. STB EN 10088-1-2009. – Mynsk: Hosudarstvennyy Standart Respublyky Belarus', 2009. – 69 s.
9. Ventyl'ovani fasady vid sonyachnykh batarey z KPD 18% vzhe dostupni v Kanadi. <https://ecotechnica.com.ua/energy/solntse/4962-ventiliruemye-fasady-iz-solnechnykh-batarej-s-kpd-18-uzhe-dostupny-v-kanade.html>.
10. Sonyachni paneli Liberta Solar. <https://rautagroup.com/uk/product/liberta-solar-uk/>.
11. Arkhitektura: Na shcho zdatni tekstyl'ni fasady. <https://www.houzz.ru/statyi/arkhitektura-na-chto-sposobny-tekstilnyye-fasady-stsetivw-vs~128640827>

Сердюк Василь Романович – д.т.н., професор кафедри будівництва, міського господарства та архітектури, Вінницький національний технічний університет, e-mail: vasromvs@gmail.com, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2927-6291>.

V. Serdyuk

EXPANSION OF THE FUNCTIONAL PROPERTIES OF HINGES VENTILATED FACADES WHEN INSULATING BUILDINGS

Vinnytsia National Technical University

The article shows that a large percentage of the housing stock of Ukraine is represented by panel houses of the mass series of construction in the 1960s-1980s, which were built with understated indicators of the normative requirements for the thermal resistance of the enclosing structures.

It is shown that the underestimated indicators of the thermal resistance of the building envelope led to excessive energy consumption per m² of the outdated housing stock, which exceeds the indicators of the EU countries by 2.0-2.5 times. The construction industry accounts for more than 30-40% of all energy sources for the maintenance of outdated housing.

The article compares the growth of the thermal resistance of fencing structures in European countries and Ukraine.

An important place in the protection of buildings from the influence of atmospheric phenomena of the environment, their increased energy efficiency and giving a modern appearance to outdated objects is occupied by hinged ventilated facades. Prospects for expanding the functional properties of hinged facades are shown, which provide energy generation due to their cladding with solar panels and energy savings during building cooling due to the installation of textile ventilated facades.

Key words: energy efficiency, regulatory framework, hinged ventilated facade, multifunctional properties of ventilated facades.

Serdyuk Vasyl – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Department of Construction, Urban Economy and of architecture, Vinnytsia National Technical University, e-mail: vasromvs@gmail.com,