



Doi: <https://doi.org/10.33644/2313-6679-3-2024-4>

УДК 692.232 : 624.04



ПОСТОЛЕНКО А.М.

Канд. техн. наук, в.о. завідувача відділу будівельної фізики та енергоефективності, с.н.с., ДП «Державний науково-дослідний інститут будівельних конструкцій», м. Київ, Україна, e-mail: postolenko@ndibk.gov.ua тел.: +38 (050) 380 7325, ORCID: 0000-0003-0502-8910



ВЕЛИЧКО А.М.

Начальник відділу технічної підтримки, ТОВ з П «Хенкель Баутехнік (Україна)» м. Вишгород, Україна e-mail: anatoliy.velichko@henkel.com тел.: +38 (067) 234 1494

ЕКСПЛУАТАЦІЙНА ПРИДАТНІСТЬ КОНСТРУКЦІЙ ЗОВНІШНІХ СТІН ІЗ ФАСАДНОЮ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЄЮ ТА ОПОРЯДЖЕННЯМ ШТУКАТУРКАМИ ПРИ ЗАСТОСУВАННІ ДВОШАРОВОЇ ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЇ

АНОТАЦІЯ

Україна проходить складний шлях становлення енергонезалежної держави. Умови сьогодення демонструють не тільки економічні аспекти впровадження енергоефективних та енергоощадних технологій у всіх сферах життєдіяльності, а і здатність таких систем забезпечити існування в екстремальних умовах військового часу, коли постачання енергетичних ресурсів не є стабільним та не може бути гарантовано чи прогнозовано.

В сучасних будівлях теплоізоляційна оболонка влаштовується з застосуванням вискоєфективних теплоізоляційних матеріалів і може бути виконана за різними технологіями. Використання фасадної теплоізоляції забезпечує виконання вимог щодо енергоефективності будівель (в тому числі, забезпечення низького рівня тепловитрат на опалення будівель). Однією з найпоширеніших в Україні є системи фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровими штукатурками. Встановлення вищих вимог до показників енергоефективності будівель та мінімальних вимог до показників енергоефективності огород-

жувальних конструкцій будівель з введенням у 2022 році нових будівельних стандартів призвело до необхідності коригування вже сталих практик проектування та улаштування зазначених систем фасадної теплоізоляції.

В статті наведені проблемні питання, з якими стикаються виробники фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатуркою в результаті збільшення товщини теплоізоляційного шару. Запропоноване рішення щодо застосування двошарової теплоізоляції та наведено опис особливостей технології виконання робіт з улаштування подвійного шару теплоізоляції з мінераловатних плит. Наведено результати та аналіз розрахунків з оцінки тепловологісного стану конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками з суцільним та подвійним шаром теплоізоляції та їх порівняння.

Наведена оцінка можливості застосування на практиці та приклад реального застосування фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою з застосуванням двошарової теплоізоляції.



КЛЮЧОВІ СЛОВА: система утеплення, фасадна теплоізоляція, ETICS, двошарова теплоізоляція, опорядження, тонкошарові штукатурки, енергозбереження, енергоефективність, сухі будівельні суміші.

THE SERVICEABILITY OF EXTERNAL WALL STRUCTURES WITH FAÇADE INSULATION AND PLASTER FINISHING USING DOUBLE-LAYER INSULATION

ABSTRACT

Ukraine is undergoing a difficult path to becoming an energy-independent state. The current conditions demonstrate not only the economic aspects of implementing energy-efficient and energy-saving technologies in all spheres of life but also the ability of such systems to ensure existence in extreme wartime conditions, where the supply of energy resources is neither stable nor guaranteed or predictable.

In modern buildings, the thermal insulation envelope is constructed using high-efficiency insulation materials and can be implemented using various technologies. The use of facade insulation ensures compliance with energy efficiency requirements for buildings (including ensuring low heat loss for heating). One of the most common systems in Ukraine is facade insulation systems with thin-layer plaster finishes. The introduction of higher requirements for building energy efficiency indicators and minimum requirements for the energy efficiency indicators of building envelope structures with the introduction of new building standards in 2022 has led to the need to adjust the established practices of designing and installing these facade insulation systems.

The article presents the problematic issues faced by manufacturers of facade insulation with plaster finishing as a result of increasing the thickness of the insulation layer. A solution is proposed for the use of double-layer insulation, along with a description of the technology for installing double-layer insulation using mineral wool boards. Results and analysis of calculations assessing the thermal and moisture state of external wall structures with facade insulation and plaster finishing with a single and double layer of insulation are provided, along with their comparison.

An assessment of the practical application and an example of the real-world use of facade insulation with thin-layer plaster finishing using double-layer insulation are presented.

KEYWORDS: insulation system, facade insulation, ETICS, double-layer insulation, finishing, thin-layer plasters, energy saving, energy efficiency, dry building mixes.

ВСТУП

Україна проходить складний шлях становлення енергонезалежної держави. Умови сьогоден-

ня демонструють не тільки економічні аспекти впровадження енергоефективних та енергоощадних технологій у всіх сферах життєдіяльності, а і здатність таких систем забезпечити існування в екстремальних умовах військового часу, коли постачання енергетичних ресурсів не є стабільним та не може бути гарантовано чи прогнозовано.

Системна робота на законодавчому рівні щодо впровадження політики енергоефективності і регулювання в будівельній сфері питань стосовно забезпечення енергетичної ефективності будівель активно ведеться з початку 2000-х років. В 2006 році був прийнятий ДБН В.2.6-31:2006 «Теплова ізоляція будівель» [1], який запровадив принципи проектування будівель за показниками енергоефективності. Нове покоління ДБН В.2.6-31 підвищували мінімальні вимоги до характеристик енергоефективності в цілому та теплоізоляційної оболонки будівель зокрема. На державному рівні створені законодавче поле та державна установа «Фонд енергоефективності», яка веде роботу, спираючись на підтримку західних партнерів, з впровадження енергоефективних заходів в багатоквартирних житлових будинках.

З 01.09.2022 діють ДБН В.2.6-31:2021 «Теплова ізоляція та енергоефективність будівель» [2] та ДБН В.1.2-11:2021 «Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність» [3], які встановлюють вимоги до показників енергоефективності та вимоги до теплотехнічних показників елементів теплоізоляційної оболонки будівель.

В той же час, підвищення вимог до показників енергоефективності та активне впровадження в існуючу нормативну базу європейських стандартів призводять до необхідності перегляду діючих національних стандартів для забезпечення експлуатаційної придатності та надійності конструкцій зовнішніх стін з фасадною теплоізоляцією. Необхідно зазначити, що підприємства та організації будівельної галузі демонструють свою високу здатність адаптації до змін і можливість активно та швидко розробляти та впроваджувати рішення, які забезпечують енергоефективність на рівні вимог державного законодавства в сфері енергоефективності, визначених Наказом Міністерства розвитку громад та територій України від 27 жовтня 2020 року № 260 «Про затвердження мінімальних вимог до енергетичної ефективності будівель», зареєстрованим в Міністерстві юстиції України від 18 грудня 2020 р. за №1257/35540, або вище. Такі рішення мають обов'язково пройти оцінювання прийнятності будівельних виробів та конструкцій.

АНАЛІЗ ОСТАННІХ ДОСЛІДЖЕНЬ ТА ПУБЛІКАЦІЙ

Створення надійної та енергоефективної обо-



лонки житлових та громадських будівель при новому будівництві, під час реконструкції або відновлення пошкоджених будівель забезпечується, зокрема, шляхом застосування фасадної теплоізоляції. В [4] зазначається, що фасадна теплоізоляція є основним напрямком вдосконалення теплоізоляційної оболонки сучасних будівель, а її система конструкцій є формоутворюючою підсистемою загальної енергетичної системи, яку називають «будівля з кондиціонованим простором повітря».

Найпоширенішою системою фасадної теплоізоляції в Україні, яка застосовується в сфері житлового будівництва, є система з опорядженням тонкошаровою штукатуркою або ETICS (External Thermal Insulation Composite System – зовнішня теплоізоляційна композитна система) – згідно з європейськими стандартами. ETICS широко використовується у країнах ЄС для підвищення енергоефективності будівель. Критерії оцінки таких фасадних систем викладені як в національних стандартах [5], так і в прийнятих та діючих на рівні національних європейських стандартів [6]. В [5, 6] значна увага приділяється питанню оцінки показників довговічності фасадних систем з опорядженням тонкошаровою штукатуркою. Порівняльний аналіз викладено в [7].

Використання ETICS значно зросло за останні десятиліття завдяки своїм покращеним теплотзберігаючим властивостям, низькій вартості монтажу та простоті застосування не тільки при новому будівництві, а також для теплової модернізації фасадів будівель [7, 8]. В той же час зазначається, що на практиці недостатня увага приділяється оцінці таких показників як водопоглинання (випробування на капілярність), паропроникність (опір дифузії водяної пари), зміна термічного опору (стабільність тепलोзахисних властивостей в часі), стабільність зовнішнього вигляду, адже система фасадної теплоізоляції постійно піддається впливу атмосферних та антропогенних факторів, які можуть призвести до фізико-механічних і естетичних аномалій [8].

Окремо необхідно зазначити, що в європейських країнах активно ведуться дискусії щодо критеріїв оцінки фасадних систем з опорядженням тонкошаровою штукатуркою щодо їх життєвого циклу в питаннях сталого розвитку [9].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Підвищення мінімально допустимого значення приведенного опору теплопередачі огорожувальної конструкції житлових та громадських будівель R_{qmin} [2] та набуття

чинності ДСТУ 9191:2022 [10], який визначає метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель, призвело до збільшення товщини теплоізоляційного шару зовнішніх огорожувальних стінових конструкцій, в тому числі і для систем з опорядженням тонкошаровою штукатуркою.

Закономірно, що збільшення товщини для систем з теплоізоляційним шаром з мінеральної вати з 150 мм до 180-200 мм, залежно від конструктивних особливостей та теплофізичних показників теплоізоляційного матеріалу, призвело до збільшення ваги плит утеплювача з мінеральної вати, які застосовуються. Сучасні виробничі можливості забезпечують виробництво плит утеплювача з мінеральної вати, які відповідають за своїми фізико-технічними показниками нормативним вимогам та мають товщину 180-200 мм.

Однак збільшення маси плити утеплювача призвело не тільки до збільшення маси системи фасадної теплоізоляції в цілому, а і вплинуло безпосередньо на процес влаштування, що пов'язано зі збільшенням маси плити, з якою має працювати робітник. Про це свідчать дані, наведені в табл. 1. Вага мінераловатної плити утеплювача розміром 1000×600 мм, завтовшки $d = 150$ мм та густиною 145 кг/м³ становить 15,7 кг, а завтовшки $d = 200$ мм – 20,9 кг. Тобто, вага плити утеплювача завтовшки 200 мм на 5 кг перевищує вагу плити утеплювача завтовшки 150 мм.

Для зниження фізичного навантаження на робітників, які влаштовують систему фасадної теплоізоляції, шляхом зменшення маси одиначної плити утеплювача та забезпечення високої якості огорожувальної конструкції запропоноване рішення – використання двошарової теплоізоляції. Оцінка тепловологісного стану огорожувальних конструкцій з застосуванням зазначеної фасадної системи утеплення та оцінка її експлуатаційної

Таблиця 1 – Маса плити теплоізоляційного матеріалу з мінеральної вати для системи фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою

№	Товщина теплоізоляційного шару, м	Маса 1 плити розміром 1000×600 мм теплоізоляційного матеріалу з мінеральної вати густиною, кг/м ³			
		125	135	145	150
1	0,05	4,5	4,9	5,2	5,4
2	0,10	9,0	9,7	10,4	10,8
3	0,15	13,5	14,6	15,7	16,2
4	0,18	16,2	17,5	18,8	19,4
5	0,20	18,0	19,4	20,9	21,6



придатності проводиться згідно з [5].

ВИКЛАД ОСНОВНОГО МАТЕРІАЛУ ДОСЛІДЖЕНЬ

Конструкція фасадної системи утеплення з двошаровою теплоізоляцією та з опорядженням тонкошаровою штукатуркою, а також послідовність розташування її складових елементів наведені на рис. 1.

Особливості технології виконання робіт з улаштування подвійного шару теплоізоляції з плит мінераловатних. Перший шар теплоізоляційного матеріалу завтовшки 50 мм приклеюється суцільним способом з використанням високоадгезійного клею. Через дві доби приклеюється другий шар теплоізоляційного матеріалу завтовшки 150 мм суцільним комбінованим способом з використанням високоадгезійного клею: на поверхню першого шару теплоізоляційного матеріалу наноситься «чорніння на здир» високоадгезійного клею товщиною біля 1 мм; на нього одразу (на мокро) приклеюється другий шар теплоізоляційного матеріалу завтовшки 150 мм з нанесенням під гребінку суцільним шаром високоадгезійного клею. Через дві доби виконується кріплення механічними елементами - дюбелями та влаштовується захисний армований шар завтовшки 5 мм та декоративно-захисне покриття.

Поперечні перерізи конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою з суцільним та з подвійним шарами теплоізоляції, які були випробувані в лабораторії будівельної теплотехніки та акустики ДП НДІБК, наведені на рис. 2.

Відомо, що термічний опір будівельних конструкцій (стіни, покриття, перекриття) відрізняються. Для їх виготовлення використовують різні матеріали та їх комбінації, які виконують визначені в конструкції функції. Одним

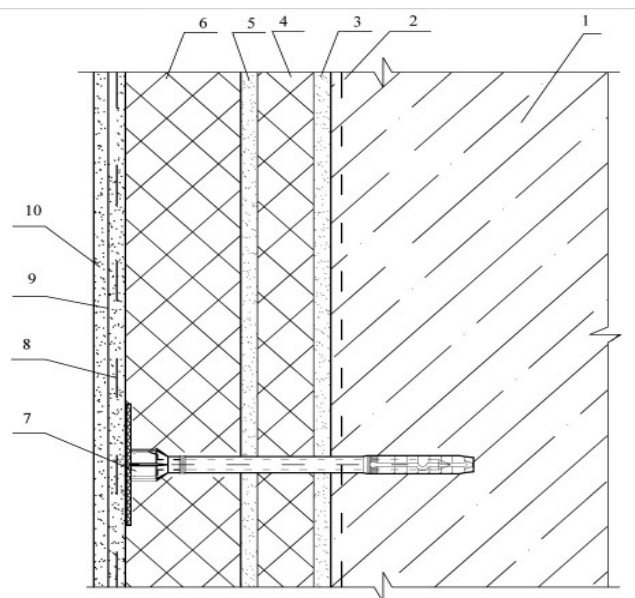


Рисунок 1 – Послідовність розташування окремих складових елементів збірної системи з двошаровою теплоізоляцією та з опорядженням тонкошаровою штукатуркою:

1. несуча стіна;
2. ґрунтувальний шар і, в разі потреби, шар для вирівнювання поверхні стіни, яка підлягає утепленню;
3. шар високоадгезійного клею;
4. перший шар теплоізоляційного матеріалу;
5. шар високоадгезійного клею;
6. другий шар теплоізоляційного матеріалу;
7. механічно фіксуючі елементи;
8. захисний шар по теплоізоляційному шару із втопленою армувальною сіткою з лугостійкого скловолокна;
9. адгезійний ґрунтувальний шар;
10. декоративно-захисне покриття.



а)



б)

Рисунок 2 – Поперечні перерізи конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою з суцільним (а) та з подвійним (б) шарами теплоізоляції



з найважливіших показників, що характеризує теплоізоляційний матеріал, є теплопровідність, яка залежить від вологості матеріалу. Збільшення вологості теплоізоляційного матеріалу у товщі шару конструкції призводить до зниження теплоізолюючих властивостей огорожувальної конструкції в цілому. Згідно з [2] розрахункові температура і вологість внутрішнього повітря (розрахункові умови експлуатації) визначають перенесення тепла і вологи через матеріал при його експлуатації в огорожувальних конструкціях. Згідно з таблицею Б.2 [2] для житлових будівель $\theta_{int} = 20^{\circ}\text{C}$, $\varphi_{int} = 55\%$. Місце розташування об'єкта будівництва – Київ.

Згідно з п. 5.11 [2] вологісний стан зовнішніх огорожувальних конструкцій повинен відповідати вимогам [12]. При цьому, допустиме за теплоізоляційними характеристиками збільшення вологості матеріалу Δw , % за масою, в конструкції в холодний період року приймають згідно з таблицею 5 [2]. Для виробів теплоізоляційних з мінеральної вати значення становить $\Delta w = 2,5\%$.

На першому етапі проведена розрахункова оцінка тепловологісного стану конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками з суцільним та подвійним шаром теплоізоляції графоаналітичним методом. Значення розрахункових теплофізичних характеристик, прийняті згідно з [10] та задекларовані виробниками систем фасадної теплоізоляції, наведені в табл. 2.

В табл. 3 наведено опис, складові та товщини конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками

з суцільним та подвійним шаром теплоізоляції, для яких була виконана розрахункова оцінка тепловологісного стану.

Результати розрахунків з оцінки тепловологісного стану конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками з суцільним та подвійним шаром теплоізоляції для систем С1-С8 графоаналітичним методом наведено на рис. 3.

Аналіз отриманих результатів показує, що, за заданими вихідними даними для розрахунку, лінії Е та е не перетинаються, конденсація водяної пари в товщі огорожувальної конструкції - відсутня. Умови щодо допустимого збільшення вологості матеріалу у товщі шару конструкції та щодо допустимої кількості накопиченої в товщі огорожувальної конструкції вологи за період вологонакопичення вважаємо виконаними.

В той же час, для запобігання можливості зволоження матеріалів огорожувальних конструкцій при експлуатації будівель та споруд, необхідно щоразу проводити розрахунок з оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій згідно з ДБН В.2.6-31:2021 [2] та ДСТУ-Н Б В.2.6-192 [12].

За результатами розрахунків систем С1-С8 видно, що конструкції, які мають внутрішні шари з більшим опором паропроникненню (С2, С4, С6, С8), мають менші ризики утворення зони конденсації на межі між теплоізоляційним шаром та захисно-опоряджувальним шаром.

Конструкції фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою штукатуркою з суцільним та з подвійним шарами теплоізоляції, які влаштовані за описаною вище технологією,

Таблиця 2 – Значення розрахункових теплофізичних характеристик матеріалів, використаних у розрахунках

№	Назва матеріалу	Товщина шару, м	Густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м·К)	Паропроникність, мг/(м·год·Па)
1	Вапняно-піщаний розчин	0,01	1600	0,81	0,12
2	Блоки з ніздрюватого бетону	0,3	400	0,13	0,23
3	Кладка з цегли керамічної звичайної на цементно - піщаному розчині	0,25	1800	0,81	0,11
4	Вироби теплоізоляційні з мінеральної вати	0,2; 0,15; 0,05	135	0,045	0,4
5	Високоадгезійний клей	0,004	1200	0,58	0,1
6	Силікон-еластомерна штукатурка	0,0015	1000	0,61	0,031
7	Полімерцементна декоративна штукатурка	0,0015	1400	0,54	0,07
8	Фарба силікон-силікатна	$0,25 \cdot 10^{-3}$	1400	-	0,05



Таблиця 3 – Характеристики стінових конструкцій із фасадною теплоізоляцією та опорядженням тонкошаровими штукатурками, для яких була виконана розрахункова оцінка тепловологісного стану

Система (С)*	Стінова конструкція (СК)	Тип шару утеплювача (ШУ)	Шар опоряджувальний (ШО)	Товщина шару d , м		
				СК	ШУ	ШО
С1	Стіна з блоків з ніздрюватого бетону	Суцільний шар (МВ1)	Захисний шар (полімерцементний) із сіткою зі скловолкна; Декоративнозахисне покриття: силікон-еластомерна штукатурка	0,3	0,2	0,0065
С2	Кладка з цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	Суцільний шар (МВ1)		0,25	0,2	0,0065
С3	Стіна з блоків з ніздрюватого бетону	Подвійний шар (МВ2)		0,3	0,05+ +0,004+ +0,15**	0,0065
С4	Кладка з цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	Подвійний шар (МВ2)		0,25	0,05+ +0,004+ +0,15***	0,0065
С5	Стіна з блоків з ніздрюватого бетону	Суцільний шар (МВ1)		0,3	0,2	0,00675
С6	Кладка з цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	Суцільний шар (МВ1)		0,25	0,2	0,00675
С7	Стіна з блоків з ніздрюватого бетону	Подвійний шар (МВ2)		0,3	0,05+ +0,004+ +0,15**	0,00675
С8	Кладка з цегли керамічної звичайної на цементно-піщаному розчині	Подвійний шар (МВ2)		0,25	0,05+ +0,004+ +0,15***	0,00675

Примітки:

* - внутрішній шар (розміщений зі сторони приміщення) для всіх систем – шар штукатурки на основі вапняно-піщаного розчину товщиною $d = 0,01$ м;

** - шари теплоізоляції з МВ, з'єднані між собою високоадгезійним полімерцементним клеєм, товщина шару становить $d = 0,004$ м.

не відрізняються за теплозахисними властивостями, а їх тепловологісний стан є подібним. Критичним місцем для обох видів систем є межа між теплоізоляційним шаром та захисно-опоряджувальним шаром, де в період вологонанкопичення можуть створитись умови утворення та накопичення вологи.

ДП НДІБК проведені випробування з виз-

начення стійкості до циклічних кліматичних впливів систем утеплення із фасадною одношаровою та двошаровою теплоізоляцією згідно з методикою, викладеною в [5]. За результатами випробувань встановлена зміна термічного опору для обох видів систем утеплення з опорядженням тонкошаровою штукатуркою після 60 циклічних кліматичних впливів, підтверджена їх стійкість

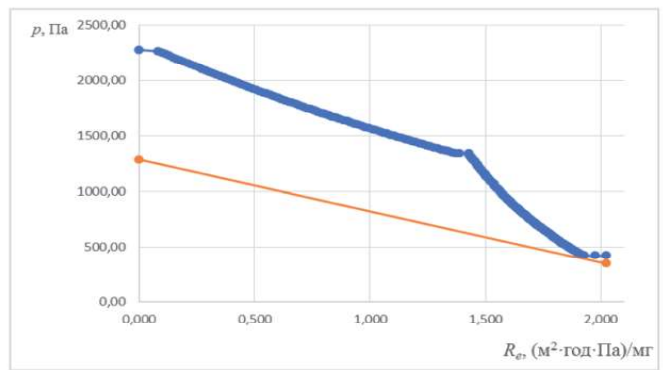
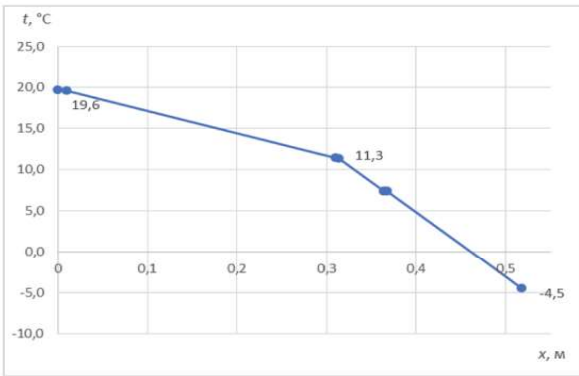


Сис-
тема

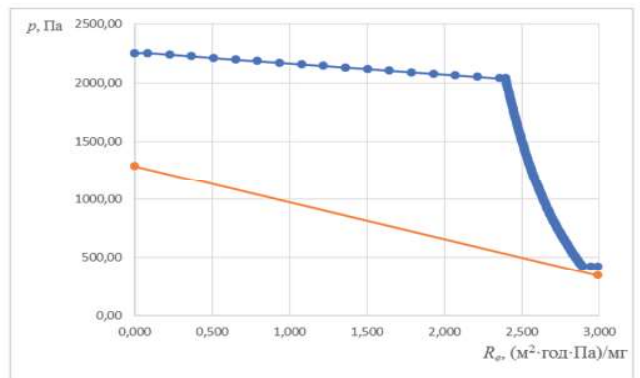
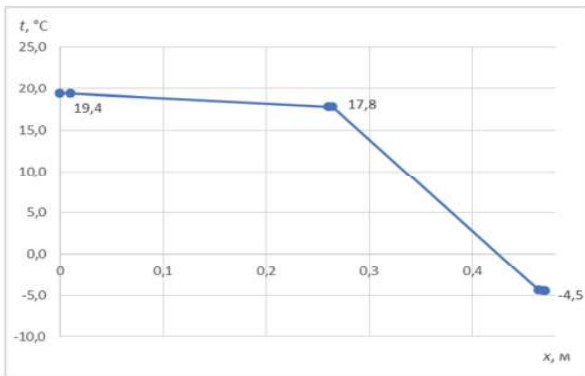
Розподіл температур у товщі
огороджувальної конструкції

Розподіл парціальних тисків у товщі
огороджувальної конструкції

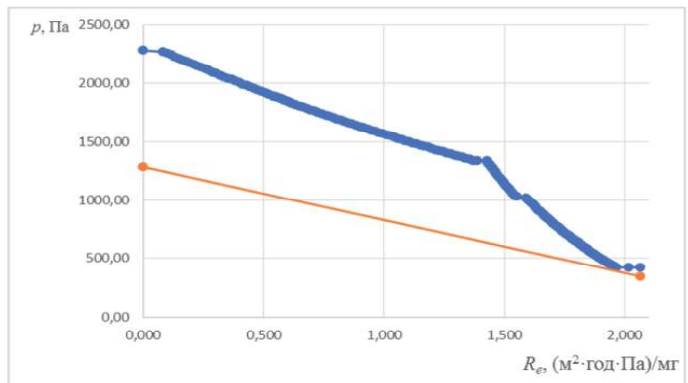
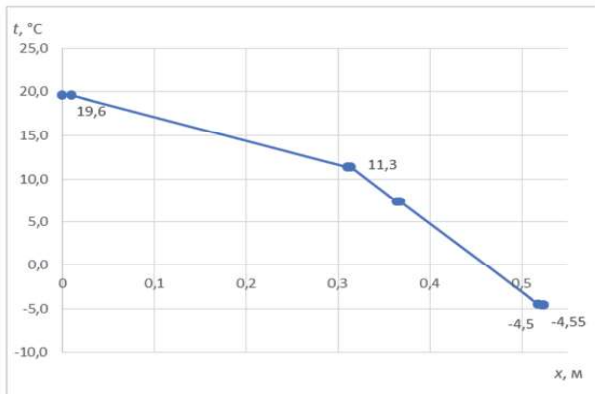
C1



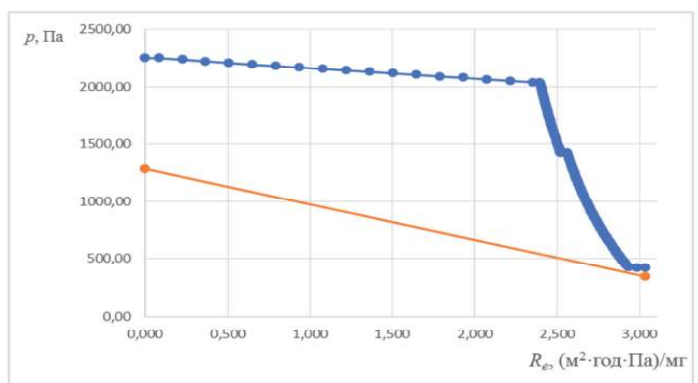
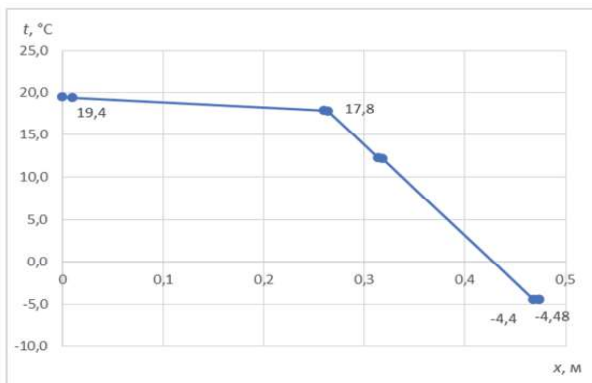
C2



C3



C4



а)

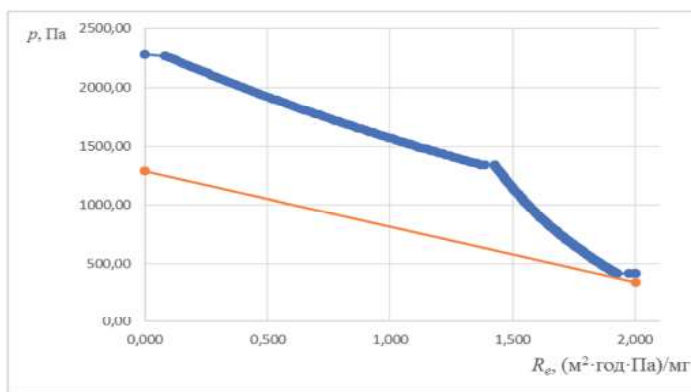
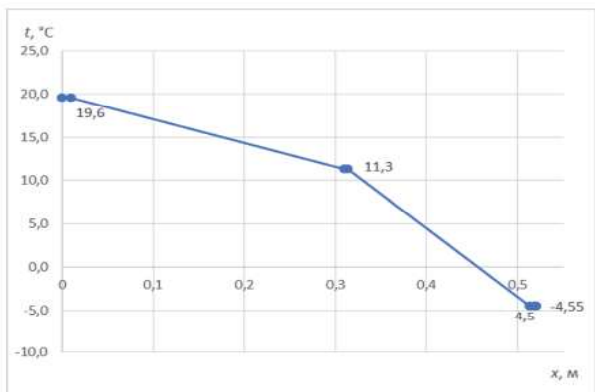
б)



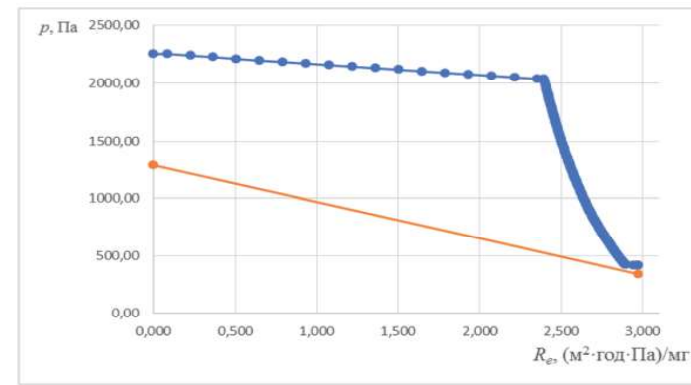
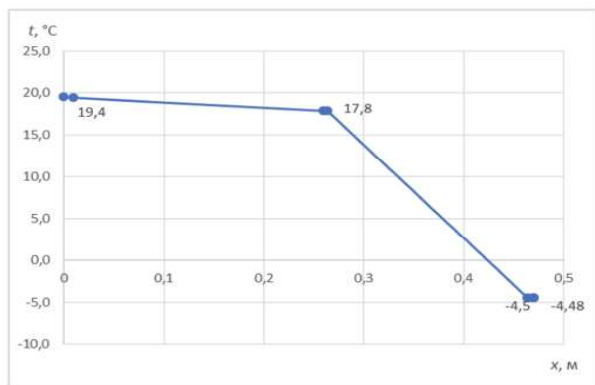
Розподіл температур у товщі огорджувальної конструкції

Розподіл парціальних тисків у товщі огорджувальної конструкції

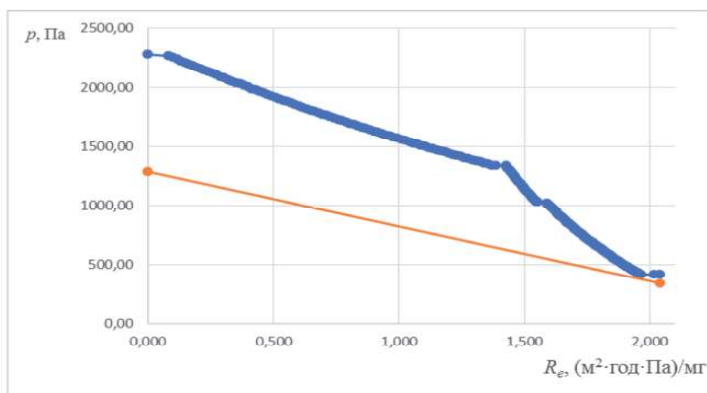
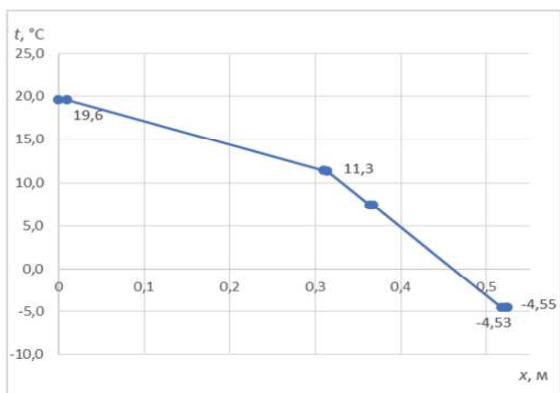
Сис-
тема



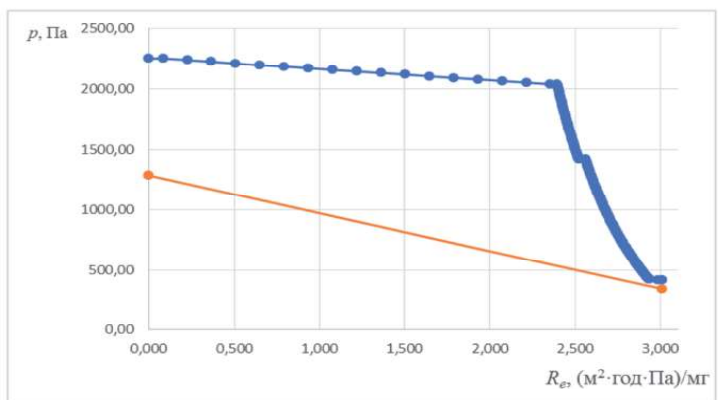
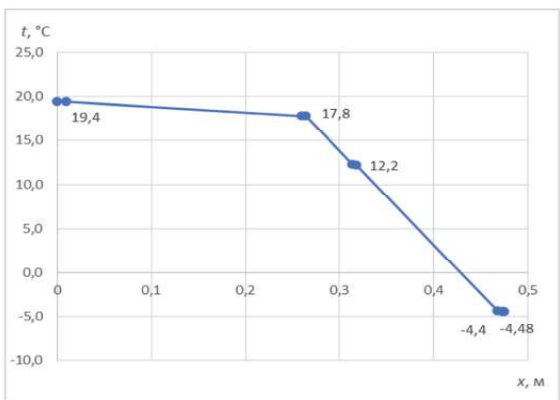
C5



C6



C7



C8

а)

б)

Рисунок 3 – Результати розрахунків з оцінки тепловологісного стану конструкцій зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками з суцільним та подвійним шаром теплоізоляції для систем С1-С8: розподіл температур $t(x)$ по товщині конструкції (а) та розподіл E_x (б)



до циклічних кліматичних впливів та придатність до експлуатації.

Системи утеплення з двошаровою теплоізоляцією та опорядженням тонкошаровою штукатуркою застосовані на реальних об'єктах. Наприклад, при капітальному ремонті багатоквартирного житлового будинку в селищі Бородянка, пошкодженого під час бойових дій (рис. 4).



Рисунок 4 – Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками при застосуванні двошарової теплоізоляції

ВИСНОВКИ

Для забезпечення вимог до показників енергоефективності будівель в цілому та огорожувальних конструкцій будівель зокрема, з введенням у 2022 році нових будівельних норм, проєктувальники та забудовники пішли шляхом збільшення товщини теплоізоляційного шару, який застосовують в системах фасадної теплоізоляції, що, в свою чергу, збільшило вагу теплоізоляційного шару. Вага мінераловатної плити утеплювача густиною 145 kg/m^3 та розміром $1000 \times 600 \text{ mm}$ завтовшки $d = 200 \text{ mm}$ становить $20,9 \text{ kg}$, що має наслідком збільшення фізичного навантаження на робітників, які влаштовують систему фасадної теплоізоляції, їх підвищену втомлюваність та зниження якості виконуваних робіт.

Застосування двошарової теплоізоляції дозволяє виконувати операції з влаштування теплоізоляційного шару з плит меншої товщини та забезпечити якість виконання робіт без фізичного перевантаження будівельників. Застосування двошарової теплоізоляції надає можливість комбінувати різні типи матеріалів та забезпечити більш високу однорідність конструкції.

Проведені розрахунки та випробування дозволяють стверджувати, що використання фасадних систем з двошаровою теплоізоляцією, яка передбачає наявність додаткового клейового шару в системі, забезпечують теплозахисні властивості на рівні з одношаровими, а їх тепловологісний стан (для систем, що були оцінені) є подібним.

Проведені в лабораторних умовах випробування підтверджують стійкість системи фасадної теплоізоляції з опорядженням тонкошаровою

штукатуркою та двошаровою теплоізоляцією до кліматичних впливів.

Запропоновані система утеплення з двошаровою теплоізоляцією та технологія виконання робіт застосовані на ряді будівельних об'єктів у 2023-2024 роках.

Застосування системи фасадної теплоізоляції з двошаровою теплоізоляцією, в порівнянні з одношаровою, потребує більших трудовитрат та витрат часу на влаштування. Необхідно звернути увагу на необхідність уточнення кошторисних розрахунків через збільшення обсягів робіт.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. Київ: Міністерство регіонального розвитку та будівництва України, 2006. 73 с.
2. ДБН В.2.6-31:2021. Теплова ізоляція та енергоефективність будівель. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 27 с.
3. ДБН В.1.2-11:2021. Основні вимоги до будівель і споруд. Енергозбереження та енергоефективність. Київ: Міністерство розвитку громад та територій України, 2022. 21 с.
4. Фаренюк Г.Г. Вплив екстремальних дій на експлуатаційну придатність та надійність конструкції фасадної теплоізоляції. Наука та будівництво. 2023. № 2 (36). С.3-11.
5. ДСТУ Б В.2.6-36:2008. Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови. Київ: Мінрегіонбуд України, 2009. 35 с.
6. ДСТУ ЕТАГ 004:2021. Настанова з європейських технічних ухвалень. Збірні системи фасадної теплоізоляції з опорядженням штукатурками (ЕТАГ 004:2013, IDT). Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2021. 234 с.
7. Фаренюк Г.Г., Олексієнко О.Б. Аналіз критеріїв оцінки фасадних конструктивних систем зі штукатурним шаром. Наука та будівництво. 2020. № 4. С.3-14.
8. Parracha J.L., Borsoi G., Flores-Colen I., Veiga R., Nunes N., Dionísio A., Glória Gomes M., Faria P. Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, biosusceptibility and surface properties. Construction and Building Materials. 2021. № 272, 121956. URL: <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121956>
9. Jacek Michalak. External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) from Industry and Academia Perspective. Sustainability. 2022. № 13(24), 13705. URL: <https://doi.org/10.3390/su132413705>



10. ДСТУ 9191:2022. Теплоізоляція будівель. Метод вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель. Київ: ДП «УкрНДНЦ», 2022. 63 с.
11. Jerman, M., Cerný, R. Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. *Energy and Buildings*. 2012. № 53. P. 39-46. URL: <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.002>
12. ДСТУ-Н В В.2.6-192:2013. Настанова з розрахункової оцінки тепловологісного стану огорожувальних конструкцій. Київ: Мінрегіон України, 2014. 37 с.

REFERENCES

1. DBN V.2.6-31:2006. (2006). Thermal insulation of buildings. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
2. DBN V.2.6-31:2021. (2022). Thermal insulation and energy efficiency of buildings. Kyiv: Ministry of Communities and Territories Development of Ukraine.
3. DBN V.1.2-11:2021. (2022). Main requirements for buildings and structures. Energy saving and energy efficiency. Kyiv: Ministry of Communities and Territories Development of Ukraine.
4. Farenjuk, G.G. (2023). The impact of extreme actions on the operational suitability and reliability of facade insulation design. *Science and Construction*, 2(36), 3-11.
5. DSTU B V.2.6-36:2008. (2009). Building and structure designs. External wall constructions with facade insulation and plaster finishing. General technical conditions. Kyiv: Ministry of Regional Development and Construction of Ukraine.
6. DSTU ETAG 004:2021. (2021). Guideline for European technical approvals. Prefabricated facade insulation systems with plaster finishing. Kyiv: "UkrNDNC".
7. Farenjuk, G.G., & Oleksiyenko, O.B. (2020). Analysis of evaluation criteria for facade structural systems with a plaster layer. *Science and Construction*, 4, 3-14.
8. Parracha, J.L., Borsoi, G., Flores-Colen, I., Veiga, R., Nunes, N., Dionísio, A., Glória Gomes, M., & Faria, P. (2021). Performance parameters of ETICS: Correlating water resistance, biosusceptibility, and surface properties. *Construction and Building Materials*, 272, 121956. <https://doi.org/10.1016/j.conbuildmat.2020.121956>
9. Michalak, J. (2022). External Thermal Insulation Composite Systems (ETICS) from industry and academia perspective.

Sustainability, 13(24), 13705. <https://doi.org/10.3390/su132413705>

10. DSTU 9191:2022. (2022). Thermal insulation of buildings. Method for selecting insulation material for building insulation. Kyiv: "UkrNDNC".
11. Jerman, M., & Cerný, R. (2012). Effect of moisture content on heat and moisture transport and storage properties of thermal insulation materials. *Energy and Buildings*, 53, 39-46. <https://doi.org/10.1016/j.enbuild.2012.07.002>
12. DSTU-N B V.2.6-192:2013. (2014). Guideline for the calculated assessment of the thermal and moisture condition of enclosing structures. Kyiv: Ministry of Regional Development of Ukraine.

Стаття надійшла до редакції 2.07.2024