

*Р. С. Яковчук, канд. техн. наук, А. Д. Кузык, д-р. с.-г. наук, професор, О. В. Міллер, А. С. Лин, канд. техн. наук, доцент
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНО-ОЗДОБЛЮВАЛЬНІ СИСТЕМИ ФАСАДІВ БУДИНКІВ ЯК ФАКТОР ПІДВИЩЕНОЇ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ

Проаналізовано проблеми, пов'язані із пожежною небезпекою теплоізоляційно-оздоблювальних систем фасадів будинків, яка залежить від конструктивного рішення системи теплоізоляції та виду теплоізоляційного матеріалу.

Розглянуто узагальнені вимоги до фізико-технічних показників якості теплоізоляційних матеріалів; можливість застосування конструкцій фасадної теплоізоляції залежно від їх класу, висотності будинків та горючості матеріалів теплоізоляційного та опоряджувального шарів; пожежно-технічні властивості пінополістиролу. Проаналізовано загрозу розповсюдження пожежі системами теплоізоляційного оздоблення фасадів та розглянуто можливі шляхи її поширення між поверхами.

Доведено, що застосування горючих теплоізоляційних матеріалів становить підвищену небезпеку для життя і здоров'я людей під час пожежі. Проблема забезпечення пожежної безпеки будівель, в яких застосовуються теплоізоляційно-оздоблювальні системи зовнішніх стін, залежить від ряду факторів та потребує більш ретельного дослідження.

Ключові слова: теплоізоляція, теплоізоляційні матеріали, фасадні системи, пінополістирол, показники пожежної небезпеки, горючість, займистість, димоутворювальна здатність, токсичність.

R. Yakovchuk, A. Kuzyk, O. Miller, A. Lyn

HEAT INSULATION-APPARATUS SYSTEMS OF HOUSEHOLD FACADE AS A FACTOR OF INCREASED FIRE HAZARD

The paper analyzes the problems associated with the fire hazard of the application of thermal insulation and finishing systems of facades of buildings, which directly depends on the design solution of the thermal insulation system and the type of thermal insulation material.

The generalized requirements for physical and technical indicators of the quality of heat-insulating materials; the possibility of applying facade heat insulation structures depending on their class, the height of the houses and the combustibility of the materials of the heat-insulating and finishing layers; fire-technical characteristics of expanded polystyrene are considered. The threats of fire spreading by thermal insulation systems of facades are analyzed and possible ways of its propagation between floors are considered.

It is concluded that the use of combustible thermal insulating materials poses an increased danger to life and health of people during a fire. The problem of ensuring the fire safety of buildings, in which the insulation and finishing systems of exterior walls are used, depends on a number of factors and requires a more thorough study.

Key words: insulation, thermal insulation materials, facade systems, expandable polystyrene, fire hazard indices, combustibility, flammability, smoke forming ability, toxicity.

Вступ. Значне зростання ціни енергетичних ресурсів змушує переглянути не лише політику держави щодо енергозбереження [1], але й спонукає архітекторів, будівельників та власників будинків до використання теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін. При цьому важливе значення має якість та ефективність огорожуючих конструкцій, забезпечення нормативних теплотехнічних показників, реалізація конструктивних принципів економії енергії згідно з нормативними документами [2, 3] як новобудов, так і вже існуючих будівель та споруд. Впровадження та реалізація енергоощадних технологій дає змогу не лише зупинити зростання енергоспоживання, але й істотно його зменшити, що є надзвичайно актуальним в умовах збільшення об'ємів житлового будівництва в нашій країні.

Енергоефективні будівлі та споруди на сьогодні є поєднанням архітектурно-будівельних, конструкторських, інженерних рішень, які спрямовані на зниження їх енергоспоживання без втрати їх надійності, довговічності та комфорту [4]. Сучасні вимоги до таких будівель передбачають застосування в будівництві інноваційних рішень, ефективних теплоізоляційних матеріалів, енергоощадних технологій опалення та освітлення приміщень тощо.

Одним із таких рішень, яке є досить популярним на сьогодні, є застосування зовнішніх систем теплоізоляції фасадів будинків, при цьому їх можна використовувати як при будівництві з нульового циклу, так і для утеплення зовнішніх стін під час реконструкції будівель. Конструкція із фасадною теплоізоляцією – це конструктивне рішення, в якому шар теплової ізоляції кріпиться до несучої частини стіни завдяки клейовим і/або механічним засобам кріплення з нанесенням оздоблювального покриття на шар теплової ізоляції, що призначене для забезпечення нормативних значень теплотехнічних показників стінових конструкцій, захисту конструкцій від впливу навколишнього середовища, забезпечення нормативного мікроклімату приміщень та надання фасадам будинків та споруд привабливого естетичного вигляду [5].

Проте досить часто використовуються такі теплоізоляційні матеріали, які не мають відповідних технічних документів та необхідних сертифікатів, що становить серйозну загрозу у разі виникнення і розповсюдження пожежі. Крім цього, виявлено численні випадки порушення та недотримання вимог Технічного регламенту будівельних конструкцій, будівель і споруд при проектуванні та застосуванні конструкцій із фасадною теплоізоляцією, загальних правил улаштування конструкцій та експлуатації будинків із зовнішніми стінами з фасадною теплоізоляцією [5].

Приклади пожеж з поширенням вогню по теплоізоляційно-оздоблювальних системах фасадів будівель вказують на їх особливу небезпеку. Ця небезпека безпосередньо пов'язана з конструктивним рішенням системи теплоізоляції та самим видом теплоізоляційного матеріалу [6].

Так, 3 квітня 2013 року виникла пожежа у багатоповерховій будівлі «Грозний-Сіті», м. Грозний, РФ. Основними причинами її поширення по фасаду стали порушення під час проектування та монтажу навісної фасадної системи. Теплоізоляцію будівлі було виконано з горючого матеріалу «Alucobond», що має групу горючості Г4 (підвищеної горючості).

29 серпня 2015 р. горів 24-поверховий житловий комплекс «Гагарін Плаза» у м. Одесі. Пожежа почалася з мансардного поверху, після чого полум'я швидко поширилося до нижніх поверхів та охопило увесь периметр будівлі. Однією з причин розповсюдження пожежі такої складності була невідповідність будинку державним архітектурно-будівельним нормам, зокрема використання горючих матеріалів для утеплення зовнішніх стін.

Однією з найбільших за кількістю загиблих та травмованих стала пожежа у 24-поверховому житловому будинку «Grenfell Tower» м. Лондон, Англія 14 червня 2017 року. Пожежа виникла в одній із квартир на нижніх поверхах через загоряння холодильника, але через неякісні облицювальні плити будинку вогонь швидко охопив майже всю будівлю. Внаслідок загинули 80 людей та 68 отримали травми різного ступеня важкості. Для теплоізоляції будівлі використовували облицювальні фасадні матеріали, а саме композитні панелі «Reynobond PE».

8 січня 2018 р. сталася пожежа у 9-поверховій житловій будівлі у м. Тюмень, РФ. Під час капітального ремонту будинку підрядники використовували дешеві легкозаймісті облицювальні панелі групи горючості Г4. Полум'я за лічені хвилини охопило близько 1500 м² обшивки будівлі і частину покрівлі. В результаті пожежі будівля майже повністю обгоріла зовні.

Постановка проблеми. Горіння полімерів – це складне фізико-хімічне явище, воно включає в себе процеси тепло- та масообміну, хімічну кінетику реакцій як в конденсованій, так і в газовій фазах, а також інші фактори. Великий асортимент полімерних матеріалів за хімічною будовою та складом, їх багатоконпонентність, поєднання з іншими будівельними матеріалами та широке застосування у галузі будівництва зумовлюють специфічні умови виникнення, розвитку та гасіння пожеж [7].

У будівельній галузі близько 80% теплоізоляційного матеріалу – це пінополістирол (ППС), який має значні недоліки, щодо показників пожежної безпеки: він є горючим матеріалом, під час пожежі виділяє токсичні продукти, а також значний впливає на вогнестійкість будівельних конструкцій із фасадною теплоізоляцією [8]. У зв'язку з цим виникає необхідність аналізу горючих теплоізоляційних матеріалів, які використовуються, а також конструктивних особливостей фасадних систем та їх впливу на умови розвитку та поширення пожежі.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. В Україні проблемами пожежної небезпеки полімерних теплоізоляційних матеріалів займалися Довбиш А.В., Новак С.В., Нефедченко Л.М., Згуря В.І., Хом'як Я.І., Пресняк І.С., Харченко І.О., Климаць Р.В., Скоробогатко Т.М., Якименко О.П., Третякова О.В., Дагіль В.Г. та інші. Зокрема в роботі [9] було представлено результати досліджень пожежної небезпеки сучасних теплоізоляційних матеріалів (пінополістиролу, пінополіуретану) та визначені показники горючості пінополістиролу марки ПСБ залежно від його густини. Автори розробили пропозиції щодо удосконалення методу випробувань полімерних теплоізоляційних матеріалів на горючість.

В роботі [10] наводяться результати визначення пожежонебезпечних властивостей полімерних теплоізоляційних матеріалів. Досліджено вплив особливостей застосування методів випробування, а також вплив густини, способів виробництва та хімічного складу полімерних теплоізоляційних матеріалів на визначення показників їх пожежної небезпеки. Також авторами проведено повномасштабні випробування зовнішніх теплоізоляційних систем із застосуванням пінополістирольних утеплювачів.

В роботі [11] був проведений аналіз щодо безпечної експлуатації фасадних утеплень будівель у зв'язку із використанням потенційно пожежонебезпечних матеріалів, особливостей конструкцій різних видів фасадних систем та технології їх виготовлення.

Виклад основного матеріалу. У багатошарових огороджувальних конструкціях теплоізоляційні матеріали застосовують як теплоізоляційний шар. Залежно від типу та густини теплоізоляційних виробів, що використовують, він може виконуватись:

- одношаровим – на основі теплоізоляційних виробів одного типу та густини;
- багатошаровим – на основі двох або більше теплоізоляційних виробів різної густини та/або типу;
- комбінованим – на основі багатошарових теплоізоляційних виробів одного типу, виконаних із шарів різної густини, що сполучені між собою завдяки як хімічній, так і фізичній адгезії.

Область застосування теплоізоляційного матеріалу може бути різноманітною: заглиблені конструкції будівель, цокольні конструкції, підлога, зовнішні стіни, перекриття (цокольні, міжповерхові, горищні), покриття.

Визначальними при виборі теплоізоляційного матеріалу є такі фізико-технічні показники якості, згідно з ДСТУ [12]: гранична температура застосування; вологість; водопоглинання; морозостійкість; паропроникність; група горючості; міцність на стиск/границя міцності при стиску; границя міцності при зсуві; границя міцності при розтягу у напрямку, перпендикулярному до поверхні; густина; правильність геометричної форми.

Вибір теплоізоляційних матеріалів за показником горючості здійснюють згідно з вимогами ДБН [13]; для конструкцій фасадної теплоізоляції – додатково, згідно з вимогами ДБН В.2.6-33; для конструкцій покриттів – додатково, згідно з вимогами ДБН В.2.6-14.

Теплоізоляційний шар розташовується зі зовнішньої сторони несучої частини огорожувальної конструкції (рис. 1), його товщина визначається за результатами розрахунку опору теплопередачі, згідно з рекомендаціями [14].

Найбільш застосовуваний не лише в Україні, але й за кордоном для теплоізоляції фасадів пінополістирол (ППС) є частиною теплоізоляційних композиційних систем із зовнішніми штукатурними шарами. Його широке використання пояснюється перш за все тим, що він є порівняно дешевим, має малу вагу, невеликі значення густини, теплопровідності, водопоглинання та високі значення морозостійкості. Серед основних недоліків – горючість, висока димоутворювальна здатність, токсичність продуктів горіння та низька термостійкість.

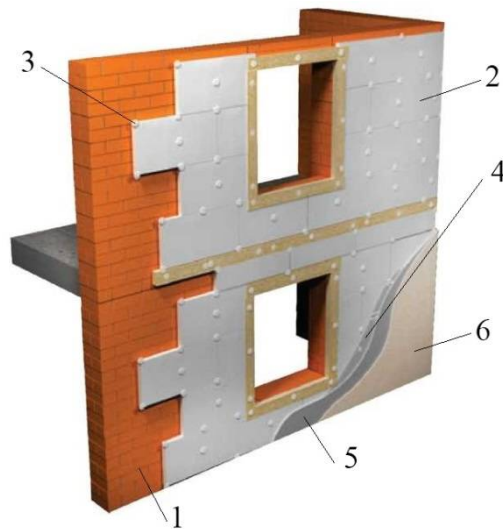


Рисунок 1 – Конструктивна схема збірної теплоізоляційної системи фасаду будинку з оздобленням легкими тонкошаровими штукатурками:

1 – несуча частина стіни; 2 – шар теплової ізоляції із пінополістиролу; 3 – елемент механічного кріплення утеплювача (анкер); 4 – шар армувальної сітки; 5 – вирівнювальний штукатурний шар; 6 – оздоблювальне (декоративне) покриття

Для теплоізоляції фасадів використовують три основні види пінополістиролів – безпресовий, пресовий та екструдований. Всі вони мають однаковий хімічний склад полімеру та можуть відрізнятися лише різними добавками – пластифікаторами, антипіренами тощо.

Пожежна небезпека будівель та споруд визначається кількістю та властивостями горючого навантаження, пожежною небезпекою будівельних конструкцій та здатністю конструкцій чинити опір дії небезпечних факторів пожежі протягом певного часу, доки не настане один із граничних показників вогнестійкості.

Основні вимоги до забезпечення показників безпеки під час застосування систем фасадної теплоізоляції наведено у [15]. Зокрема, конструкції фасадної теплоізоляції мають відповідати вимогам [13], під час застосування матеріалів теплової ізоляції та оздоблювального шару групи горючості НГ такі системи можуть бути застосовані для будинків з умовною висотою до 73,5 м без обмежень. Конструкції із шаром теплової ізоляції, які відносяться до груп горючості Г1, Г2, можуть застосовуватися тільки для будинків з умовною висотою до 15 м за винятком будинків дитячих дошкільних закладів, навчальних, лікувальних закладів.

Конструкції фасадної теплоізоляції з оздобленням штукатуркою або дрібноштучними виробами (клас А) при застосуванні теплової ізоляції груп горючості Г1, Г2 та штукатурки або дрібноштучних виробів із негорючих матеріалів та матеріалів Г1 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою до 26,5 м за винятком дитячих дошкільних закладів, навчальних закладів та лікувальних закладів та будинків I ступеня вогнестійкості, будинків II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів та закладів дозвілля. При умовній висоті понад 15 м обов'язкове виконання поясів через кожні три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше двох товщин використаної ізоляції.

Конструкції фасадної теплоізоляції з оздобленням індустріальними елементами (клас В) з шаром теплової ізоляції із негорючих мінераловатних плит та з личкувальним шаром групи горючості Г1 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою до 26,5 м за винятком будинків дитячих дошкільних закладів, навчальних, лікувальних закладів та будинків I ступеня вогнестійкості, будинків II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля.

Конструкції фасадної теплоізоляції з оздобленням цеглою або стіновими каменями (клас Б) та конструкції з оздобленням прозорими елементами (клас Г) при застосуванні теплової ізоляції групи горючості Г1 можуть застосовуватися для багатоповерхових будинків з умовною висотою до 26,5 м за винятком дитячих дошкільних закладів, навчальних закладів та лікувальних закладів та будинків I, II та III ступенів вогнестійкості культурно-видовищних закладів, закладів дозвілля. При умовній висоті понад 15 м обов'язкове виконання поясів через кожні три поверхи та обрамлення віконних та балконних прорізів тепловою ізоляцією із негорючих матеріалів завширшки не менше двох товщин використаної ізоляції.

Висота будинків та дозволені до застосування в конструкціях теплоізоляційні та опоряджувальні матеріали залежно від групи їх горючості наведені в таблиці 1 [15].

Таблиця 1

Застосування конструкцій фасадної теплоізоляції залежно від їх класу, висотності будинків та горючості матеріалів теплоізоляційного та оздоблювального шарів [15]

Клас збірної системи	Умовна висота будинків H , м	Група горючості теплоізоляційного матеріалу			Група горючості опоряджувального матеріалу		
		НГ	Г1	Г2	НГ	Г1	Г2
А	$H < 15$	+	+	+		+	+ *
	$15 < H < 26,5$	+	+	+	+	+	
	$26,5 < H < 73,5$	+			+		
Б	$H < 15$	+	+	+	+		
	$15 < H < 26,5$	+	+		+		
	$26,5 < H < 73,5$	+			+		
В	$H < 15$	+	+	+		+	+ *
	$15 < H < 26,5$	+			+	+	
	$26,5 < H < 73,5$	+			+		
Г	$H < 15$	+	+	+	+		
	$15 < H < 26,5$	+	+		+		
	$26,5 < H < 73,5$	+			+		

* з урахуванням вище викладених вимог та за умови погодження з органами державного нагляду у сфері пожежної, техногенної безпеки та цивільного захисту.

Особливість пожежної небезпеки теплоізоляційно-оздоблювальних систем фасадів будинків, де як теплоізоляційний матеріал використовується пінополістирол, полягає у можливості поширення вогню на вище розташовані поверхи будівлі. Під час пожежі відбувається руйнування шару декоративно-захисного оздоблення і займання великої площі горючого утеплювача зумовлює утворення високих температур та значного задимлення. За даними [16, 17] під час горіння пінополістиролу швидкість виділення тепла відбувається в три рази інтенсивніше, ніж деревини, проте триває воно недовго.

Проблема горючості пінополістиролу невід'ємно пов'язана із його здатністю до димоутворення та токсичними продуктами горіння. При цьому процес димоутворення буде залежати від умов горіння самого полімерного матеріалу (відкрите горіння, безполуменеве горіння або тління). Димоутворювальна здатність речовин характеризується відповідним коефіцієнтом (табл. 2) [18].

Таблиця 2

Димоутворювальна здатність деяких горючих речовин [18]

№ з/п	Назва горючої речовини	Коефіцієнт димоутворення, м ² /кг
1.	Пінополістирол самозатухаючий	1219
2.	Пінополістирол звичайний	1048
3.	Гума	850
4.	Пінополіуретан	757
5.	Лінолеум	270
6.	Фанера	140
7.	ДВП	130
8.	Тканина для м'яких меблів	116
9.	ДСП	90
10.	Картон	35
11.	Деревина	23

Так, коефіцієнт димоутворення пінополістиролу звичайного в 45 раз більший за коефіцієнт димоутворення деревини, а додавання антипірену до звичайного ППС на 14 % збільшує його димоутворювальну здатність.

Іншою важливою проблемою використання пінополістиролу як утеплювача є виділення великої кількості токсичних речовин під час його термічного розкладу. На швидкість поширення диму та токсичних продуктів горіння впливатимуть аеродинамічні характеристики повітряних потоків та умови конвективного газобміну в приміщенні [19].

Найбільшу небезпеку для життя людини при термічному розкладі ППС становить чадний газ, синильна кислота, фенол, бензол та стирол (табл. 3) [18].

Таблиця 3

Склад продуктів термічного розкладу пінополістиролу [18]

№ з/п	Назва небезпечної речовини, яка виділяється при горінні пінополістиролу	Концентрація, м ² /кг
1.	Чадний газ CO	1219
2.	Вуглекислий газ CO ₂	1048
3.	Синильна кислота HCN	850
4.	Фенол C ₆ H ₅ OH	757
5.	Оксид азоту(I), N ₂ O	270
6.	Ацетон CH ₃ -CO-CH ₃	140
7.	Бензол C ₆ H ₆	130
8.	Стирол C ₈ H ₈	116

В умовах теплового впливу пожежі процеси, які відбуваються в теплоізоляційно-оздоблювальній системі, залежать від пожежно-технічних властивостей пінополістиролу, а саме:

- початок процесу усадки пінополістиролу відбувається за температури 85-90 °С;
- температура плавлення пінополістиролу становить 240 °С;
- початок процесу термодеструкції пінополістиролу з виділенням газоподібних продуктів відбувається за температури 280 – 290 °С;
- температура займання пінополістиролу залежить від його виду і коливається в межах 220-380 °С;
- температура самозаймання становить 460 – 480 °С [6].

Загроза розповсюдження пожежі по теплоізоляційно-оздоблювальній системі зумовлена не лише пожежною небезпекою матеріалу, який в ній використовується, але залежить також і від конструктивних особливостей конкретної будівлі та параметрів самої пожежі [20].

Можливими шляхами поширення пожежі теплоізоляційного оздоблення фасадів між поверхами можуть бути:

- горючі матеріали будівельних конструкцій фасаду (займання теплоізоляційного шару може відбутися в результаті пожежі в приміщенні з наступним перекиданням вогню з віконного прорізу);
- отвори та тріщини, які утворюються в місцях стиків перекриттів та зовнішніх стін через втрату вогнестійкості будівельної конструкції;
- отвори в перекриттях через втрату вогнестійкості будівельної конструкції;
- технологічні отвори в перекриттях та стінах (кабельні проходки, повітроводи тощо);
- коридори та сходові клітки.

Найчастішими причинами займання теплоізоляційно-оздоблювальних систем зовнішніх стін є перекидання вогню з віконного прорізу будівлі в результаті інтенсивної пожежі в приміщенні. В таких умовах конвективні потоки тепла здатні зайняти горюче облицювання зовнішніх стін.

На процес поширення вогню фасадними системами впливає ряд факторів. Серед них можна виділити такі: зовнішні умови (теплові потоки з віконного прорізу, температурні режими горіння теплоізоляційного матеріалу); пожежно-технічні характеристики матеріалу теплоізоляції (температура займання, швидкість поширення вогню по матеріалу, температура самозаймання та ін.); архітектурні та об'ємно-планувальні характеристики будівлі.

Як уже зазначалося вище, конструкція зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією виконується із нанесенням оздоблювального покриття на шар теплової ізоляції. Це покриття має не лише декоративне значення, але й виконує захисну функцію за умови додержання усіх технологічних вимог. Виробники утеплювачів рекомендують завжди захищати його поверхню негорючими матеріалами, які протягом певного часу не дадуть температурі досягнути критичних значень та створити умови для його займання. При цьому важливе значення для безпечного використання фасадних систем із горючим утеплювачем мають також термомеханічні властивості декоративно-захисного оздоблення, його стійкість до утворення та поширення тріщин в результаті температурних напружень та деформації конструкцій.

На сьогодні не передбачено обов'язкової сертифікації виробів на основі полімерів за комплексними показниками пожежної безпеки, які охоплюють токсичність, димоутворювальну здатність, займистість, горючість, здатність до поширення вогню, швидкість тепловиділення під час горіння тощо. Як правило, такий вид продукції випробовують лише на горючість, рідше – на димоутворювальну здатність. Це пов'язане із відсутністю єдиної стандартизованої методики випробування та відповідного експериментального обладнання.

Висновки. Проведений аналіз наводить на такі висновки:

1. Застосування горючих теплоізоляційних матеріалів як утеплювачів фасадів є економічно вигідним, однак становить підвищену небезпеку для життя та здоров'я людей під час пожежі. Тому проблема забезпечення пожежної безпеки будівель, в яких застосовуються теплоізоляційно-оздоблювальні системи зовнішніх стін, потребує ретельного дослідження.

2. Для визначення пожежної безпеки таких конструкцій необхідно враховувати увесь комплекс небезпечних властивостей теплоізоляційного матеріалу, а саме: горючість, займистість, здатність до поширення вогню, швидкість тепловиділення, димоутворення та токсичність продуктів горіння. Для цього потрібно вносити зміни у діючі норми та стандарти.

3. Під час пожежі можливе швидке поширення вогню на великі площі. Крім цього, горіння пінополістиролу (як найпоширенішого теплоізоляційного матеріалу) супроводжується виділенням великої кількості диму та токсичних продуктів горіння, це буде ускладнювати

евакуацію та рятування людей. Тому необхідно виконувати протипожежні заходи щодо обмеження розповсюдження пожежі (протипожежні розриви з негорючих матеріалів, протипожежний захист віконних прорізів тощо), а також створення умов для безпечного евакуування людей з палаючої будівлі.

4. Важливою проблемою теплоізоляції будівель є використання неякісних, дешевих матеріалів, які не відповідають сертифікатам якості на цей вид продукції, а також порушення та недотримання вимог Технічного регламенту при проектуванні та застосуванні конструкцій із фасадною теплоізоляцією, загальних правил улаштування конструкцій та експлуатації будинків із зовнішніми стінами з фасадною теплоізоляцією.

Список літератури:

1. Закон України від 22.06.2017 № 2118-VIII «Про енергетичну ефективність будівель» // Відомості Верховної Ради (ВВР), 2017, № 33, ст. 359.
2. ДБН В.2.6-31:2016 Теплова ізоляція будівель / Державне підприємство «Укрархбудінформ». – К.: ДП «Укрархбудінформ», 2017. – 33 с.
3. ДБН В.1.2-11-2008 Основні вимоги до будівель і споруд. Економія енергії / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2008. – 14 с.
4. Алоян Р.М., Федосов С.В., Опарина Л.А. Энергоэффективные здания – состояние, проблемы и пути решения – Иваново: ПресСто, 2016. – 276 с.
5. ДСТУ Б В. 2.6-36:2008 Конструкції будинків і споруд. Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією та опорядженням штукатурками. Загальні технічні умови / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 35 с.
6. Пожарная опасность навесных фасадных систем / И.Р. Хасанов [и др.] // Пожарная безопасность, 2006. – № 5. – С. 36-47.
7. Серков Б.Б. Пожарная опасность полимерных материалов, снижение горючести и нормирование их пожаробезопасного применения в строительстве: дис. ... д-ра техн. наук: 05.26.03 / Борис Борисович Серков – Москва, 2001. – 271 с.
8. Кузиляк В.Й. Пожежна небезпека використання пінопоістиролу як теплоізоляційного матеріалу у будівництві / В.Й. Кузиляк, Р.С. Яковчук, Р.Б. Веселівський // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів: ЛДУ БЖД, УкрНДПБ ДСНС України, 2016. – № 27. – С. 81 – 87.
9. Пожежна небезпека полімерних теплоізоляційних матеріалів / А.В. Довбиш, Я.І. Хом'як, С.В. Новак, Л.М. Нефедченко // Науковий вісник УкрНДПБ. – К., 2008. – № 2(18). – С. 42-49.
10. Полімерні теплоізоляційні матеріали та їх пожежна небезпека. Застосування методів випробувань / А.В. Довбиш, В.І. Згуря, Я.І. Хом'як, І.С. Пресняк, Д.С. Новак // Актуальні проблеми транспортної медицини. – 2009. – № 2. – С. 68-75.
11. Дагіль В. Г. Пожежна безпека термомодернізації будівель за допомогою фасадних систем / В. Г. Дагіль, Л. В. Хаткова // Збірник наукових праць Харківського національного університету Повітряних Сил. – 2014. – № 4. – С. 118-120.
12. ДСТУ Б В.2.7-195:2009 Будівельні матеріали. Матеріали і виробы теплоізоляційні. Номенклатура показників / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 33 с.
13. ДБН В.1.1-7-2016 Захист від пожежі. Пожежна безпека об'єктів будівництва / Держбуд України. – К.: Держбуд України, 2017. – 35 с.
14. ДСТУ Б В.2.6-189:2013 Методи вибору теплоізоляційного матеріалу для утеплення будівель / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2014. – 55 с.
15. ДБН В. 2.6-33:2008 Конструкції зовнішніх стін із фасадною теплоізоляцією. Вимоги до проектування, улаштування та експлуатації / Мінрегіонбуд України. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 23 с.
16. Tewarson, A. Heat release rates from samples of polymethylmethacrylate and polystyrene burning in normal air // Fire and Materials, 1976 – P. 90-96.

17. Tewarson, A. Flammability of Polymers and organic liquids. Part 1. Burning intensity // Factory Mutual Research Corporation Technical Report No. 22429, 1975. – 67 p.
18. Калиниченко С.С. Пожароопасные свойства пенополистирола / С.С. Калиниченко, А.И. Солдатов // Материалы LIV международной научно-технической конференции «Достижения науки – агропромышленному производству» / под ред. докт. техн. наук П.Г. Свечникова. – Челябинск : ЧГАА, 2015. – Ч. IV. – С. 161 – 165.
19. Алексащенко А.А., Кошмаров Ю.А., Молчадский И.С. Тепломассоперенос при пожаре. – М.: Стройиздат, 1982. - 175 с.
20. Хасанов И.Р. Тепловые воздействия на наружные конструкции при пожаре // Пожарная безопасность, 2013. – № 4. – С. 16-26.

References:

1. Zakon Ukrainy vid 22.06.2017 № 2118-VIII «Pro enerhetychnu efektyvnist budivel» // Vidomosti Verkhovnoi Rady (VVR), 2017, № 33, st. 359.
2. DBN V. 2.6-31:2016 Teplova izoliatsiia budivel [Thermal insulation of buildings] – Kiev: Ukraine State Building, 2017. – 33 p.
3. DBN V. 1.2-11-2008 Osnovni vymohy do budivel i sporud. Ekonomiia enerhii [Basic requirements for buildings and structures. Energy saving] – Kiev: Ukraine State Building, 2008. – 14 p.
4. Aloian R.M., Fedosov S.V., Oparyna L.A. (2016). *Energy efficient buildings - the state, problems and solutions*. Yvanovo: PresSto (in Rus)
5. DSTU B V. 2.6-34:2008 Konstruktsii budynkiv i sporud. Konstruktsii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu ta oporiadzhenniam shtukaturkamy. Zahalni tekhnichni umovy [Construction of buildings and structures. Construction of the external walls Facade Insulations and plaster. General technical requirements] (2009), Kiev: State Standard of Ukraine (in Ukr.)
6. Pozharnaia opasnost navesnykh fasadnykh system [Fire hazard of hinged facade systems] / Y.R. Khasanov [y dr.] // Pozharnaia bezopasnost, 2006. – № 5. – P. 36-47.
7. Serkov B.B. (2001). Pozharnaia opasnost polymernykh materyalov, snyzhenye horiuchesty y normyrovanye ykh pozharobezopasnogo prymereneniya v stroytelstve [Fire hazard of polymer materials, reduction of flammability and rationing of their fireproof application in construction]. *Doctor's thesis*. Moscow, Russia (in Rus)
8. Kuzyliak V.I. Pozhezhna nebezpeka vykorystannia pinopoistyrolu yak teploizoliatsiinoho materialu u budivnytstvi [Fire danger of the use of foam polystyrene as a heat-insulating material in construction] / V.I. Kuzyliak, R.S. Yakovchuk, R.B. Veselivskiy // Pozhezhna bezpeka: Zb. nauk. prats. – Lviv: LDU BZhD, UkrNDIPB DSNS Ukrainy, 2016. – № 27. – P. 81 – 87.
9. Pozhezhna nebezpeka polimernykh teploizoliatsiinykh materialiv [Fire hazard of polymer heat-insulating materials] / A.V. Dovbysh, Ya.I. Khomiak, S.V. Novak, L.M. Nefedchenko // Naukovyi visnyk UkrNDIPB. – K., 2008. – № 2(18). – P. 42-49.
10. Polimerni teploizoliatsiini materialy ta yikh pozhezhna nebezpeka. Zastosuvannia metodiv vyprobuvan [Polymeric heat-insulating materials and their fire hazard. Application of test methods] / A.V. Dovbysh, V.I. Zghuria, Ya.I. Khomiak, I.S. Presniak, D.S. Novak // Aktualni problemy transportnoi medytsyny. – 2009. – № 2. – P. 68-75.
11. Dahil V. H. Pozhezhna bezpeka termomodernizatsii budivel za dopomohoiu fasadnykh system [Fire safety of thermo-modernization of buildings with the help of facade systems] / V. H. Dahil, L. V. Khatkova // Zbirnyk naukovykh prats Kharkivskoho natsionalnoho universytetu Povitrianykh Syl. – 2014. – № 4. – P. 118-120.
12. DSTU B V. 2.7-195:2009 Budivelni materialy. Materialy i vyroby teploizoliatsiini. Nomenklatura pokaznykiv [Building materials. Heat-insulating materials and products. Nomenclature of indicators. General technical requirements] (2010), Kiev: State Standard of Ukraine (in Ukr.)
13. DBN V.1.1-7-2016 Zakhyst vid pozhezhi. Pozhezhna bezpeka obyekti budivnytstva [Fire protection. Fire safety of construction objects] – Kiev: Ukraine State Building, 2017. – 35 p.

14. DSTU B V.2.6-189:2013 Metody vyboru teploizoliatsiinoho materialu dlia utepлення budivel [Methods of selecting insulation material for thermal insulation of buildings. General technical requirements] (2014), Kiev: State Standard of Ukraine (in Ukr.)
15. DBN V 2.6-33:2008 Konstruktsii zovnishnikh stin iz fasadnoiu teploizoliatsiieiu. Vymohy do proektuvannia, ulashtuvannia ta ekspluatatsii [Construction of external walls with Facade insulation. Requirements for the design, installation and operation] – Kiev: Ukraine State Building, 2009. – 23 p.
16. Tewarson, A. Heat release rates from samples of polymethylmethacrylate and polystyrene burning in normal air // *Fire and Materials*, 1976 – P. 90-96.
17. Tewarson, A. Flammability of Polymers and organic liquids. Part 1. Burning intensity // Factory Mutual Research Corporation Technical Report No. 22429, 1975. – 67 p.
18. Kalynychnenko S.S. Pozharoopasnye svoistva penopolystyrola / S.S. Kalynychnenko, A.Y. Soldatov // *Materyaly LIV mezhdunarodnoi nauchno-tekhnycheskoi konferentsyy «Dostyzhennia nauky – ahropromyshlennomu proyzvodstvu»* / pod red. dokt. tekhn. nauk P.H. Svechnykova. – Cheliabynsk : ChHAA, 2015. – Ch. IV. – P. 161 – 165.
19. Aleksashenko A.A., Koshmarov Yu.A., Molchadskyi Y.S. (1982). *Heat and mass transfer in the fire*. Moskva: Stroiyzdat (in Rus)
20. Khasanov Y.R. Teplovye vozdeistviya na naruzhnye konstruktsyy pry pozhare [Thermal effects on external structures in case of fire] // *Pozharnaia bezopasnost*, 2013. – № 4. – P. 16-26.

