

УДК 614.841.34

СТВОРЕННЯ ВИПРОБУВАЛЬНОГО ОБЛАДНАННЯ ДЛЯ ВИЗНАЧЕННЯ ПОВЕДІНКИ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ПІДЛОГ ПІД ЧАС ГОРІННЯ З ВИКОРИСТАННЯМ ДЖЕРЕЛА ТЕПЛООВОГО ВИПРОМІНЮВАННЯ

<https://doi.org/10.33269/nvcz.2024.1.58-70>

Тимошенко О. М.¹, ORCID iD 0000-0001-7568-5030

Коваленко В. В.¹, ORCID iD 0000-0001-5780-5684

Добростан О.В.^{1*} ORCID iD 0000-0001-8908-0729

Самченко Т. В.¹ ORCID iD 0000-0003-3702-8296

Ратушний О. В.¹ ORCID iD 0000-0002-4728-3509

Маладика Л. В.² ORCID iD 0000-0003-1644-0812

*E-mail: dob2009@ukr.net

¹Інститут державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту, Україна

²Черкаський інститут пожежної безпеки імені Героїв Чорнобиля Національного університету цивільного захисту України, Україна

ІНФОРМАЦІЯ ПРО СТАТТЮ

Надійшла до редакції:

18.04.2024

Пройшла рецензування:

24.04.2024

КЛЮЧОВІ СЛОВА:

покриття для підлог, випробування, пожежна небезпека, джерело теплового випромінювання, реакція на вогонь, щільність теплового потоку, оптична щільність диму

АНОТАЦІЯ

Показано актуальність випробувань з визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання для створення передумов щодо підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів будівництва в Україні. Підтверджено доцільність запровадження в країні європейської пожежної класифікації щодо реакції на вогонь покриттів для підлог. Уперше в Україні на рівні європейських підходів розроблено конструкцію та робочу конструкторську документацію випробувального обладнання для визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання. Визначено його технічні характеристики. Обґрунтовано та експериментально підтверджено параметри пальника для запалювання зразка, радіаційної панелі та системи для вимірювання оптичної щільності диму. Технічні характеристики створеного випробувального обладнання дають змогу здійснювати випробування зразків всіх типів покриттів для підлог. Наведено необхідні для проведення випробувань засоби вимірювальної техніки, а також процедури калібрування випробувального обладнання, проведення випробувань та вимоги з оцінки результатів випробувань. Підготовлено матеріали для верифікації випробувального обладнання, результати якої засвідчуватимуть гарантовані розробником і виробником випробувального обладнання основні параметри, технічні характеристики та дійсні значення нормованих метрологічних показників для випробувань покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання згідно з вимогами та методикою, наведеними у ДСТУ EN ISO 9239-1:2022.

Постановка проблеми. На сьогодні в Україні основні вимоги пожежної безпеки до покриттів для підлог викладено в [1]. Відповідно до цих норм для матеріалів, які застосовують як покриття для підлог, повинні визначатись такі показники пожежної небезпеки: група горючості, група поширення полум'я,

група займистості, коефіцієнт димоутворення та токсичність продуктів горіння. У країнах Європейського Союзу до покриттів для підлог встановлені вимоги з пожежної безпеки щодо їх реакції на вогонь. Одним із основних методів, які застосовують для оцінювання реакції на вогонь покриттів для підлог, є визначення

їхньої поведінки під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання згідно з [2].

Удосконалення національної нормативної бази, яка регламентує вимоги пожежної безпеки до будівельних конструкцій, виробів та матеріалів, створення передумов для підвищення рівня їхньої пожежної безпеки сьогодні базується на запровадженні в Україні європейської пожежної кваліфікації будівельних виробів і конструкцій, яка встановлена у серії європейських стандартів.

Отже, одним із напрямів проведення наукових досліджень в межах виконання заходів щодо забезпечення пожежної безпеки, а також гармонізації національної нормативної бази з міжнародними та європейськими нормативними документами є удосконалення нормативної бази щодо будівельних норм і оцінки відповідності покриттів та покривельних матеріалів відповідно до вимог пожежної безпеки для нормативної підтримки Закону України «Про надання будівельної продукції на ринку» № 850-IX [3]. Спрямування роботи на удосконалення національної нормативної бази з вимог пожежної безпеки шляхом упровадження відповідних європейських підходів для створення передумов підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів будівництва підтверджує її актуальність.

З огляду на зазначене вище важливим слід вважати дослідження, спрямоване на оцінку стійкості покриттів для підлог до вогневого впливу за європейською класифікацією. Для цього необхідно створити відповідне випробувальне обладнання та провести його верифікацію, яка засвідчуватиме гарантовані його розробником і виробником основні параметри, технічні характеристики та дійсні значення нормованих метрологічних показників обладнання для випробувань покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання згідно з вимогами та методикою, наведеними у [2].

Також є доцільним на створеному обладнанні провести випробування низки покриттів для підлог, а отримані за цими випробуваннями результати порівняти з

даними, одержаними за відповідним національним методом випробування. Це надасть можливість встановити відповідні кореляційні залежності між отриманими результатами та бути базисом для обґрунтування внесення відповідних змін до будівельних норм стосовно вимог пожежної безпеки до покриттів для підлог.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. У [4–5] наведено матеріали щодо проведення в ІДУ НД ЦЗ аналогічних робіт зі створення випробувального обладнання.

У [6] наведені матеріали досліджень щодо створення системи для вимірювання оптичної щільності диму.

З урахуванням розрахунків пожежної навантаги джерел запалювання, аналізу результатів випробувань, проведених EGOLF, та моделювання вогневих процесів обґрунтовано доцільність запровадження в Україні методу випробувань покриттів для підлог з визначення поведінки під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання за європейським методом.

Формулювання цілей дослідження. За мету дослідження ставилось висвітлення матеріалів щодо проведених в ІДУ НД ЦЗ аналітичних, експериментальних досліджень та конструкторських робіт зі створення випробувального обладнання для визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання і подальших робіт з виготовлення, монтажу, налагодження, калібрування та верифікації під час уведення цього обладнання в експлуатацію.

Методи дослідження. Метод випробування з визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання успішно застосовується в країнах Європи протягом багатьох років. Вимірювання, передбачені методом випробування, є підґрунтям для оцінювання одного з аспектів поведінки покриттів для підлог в умовах вогневого впливу. Тепловий потік, який забезпечують, імітує рівень теплового випромінювання, що може надходити на

підлогу коридора, верхні поверхні якого зазнають нагрівання від полум'я, гарячих газоподібних продуктів або того й іншого, на ранніх стадіях розвитку пожежі в сусідньому приміщенні або протипожежному відсіку в умовах, коли поширюванню полум'я заважає повітряний потік. Роботи проводились з метою підвищення показників точності, стабільності та повторюваності отримуваних результатів випробувань у різних лабораторіях.

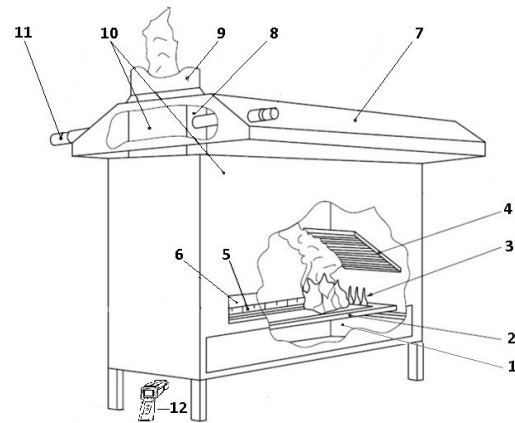
Виклад основного матеріалу.

Розроблення робочої конструкторської документації випробувального обладнання для визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання проводилось у рамках виконання науково-дослідної роботи «Оцінювання стійкості покриттів для підлог до вогневого впливу за європейською класифікацією ("Випробування покриттів для підлог")».

Загалом конструкція випробувального обладнання визначається принциповою схемою та рекомендаціями щодо деяких конструктивних елементів, викладених у [2].

Випробувальне обладнання призначене для випробувань зразків покриттів для підлог усіх типів, наприклад текстильних килимів, килимів, виготовлених із корки, деревини, гуми і пластмас, а також зовнішніх шарів методом оцінювання поведінки під час горіння в умовах, коли поширюванню полум'я заважає повітряний потік, а також поширювання полум'я горизонтально змонтованими підлогами, які зазнають впливу градієнта щільності теплового потоку у випробувальній камері під час запалювання полум'ям від пальника для запалювання. За потреби на випробувальному обладнанні може бути проведено оцінювання димоутворення.

Загальний вид та перелік основних вузлів випробувального обладнання наведено на рис. 1.



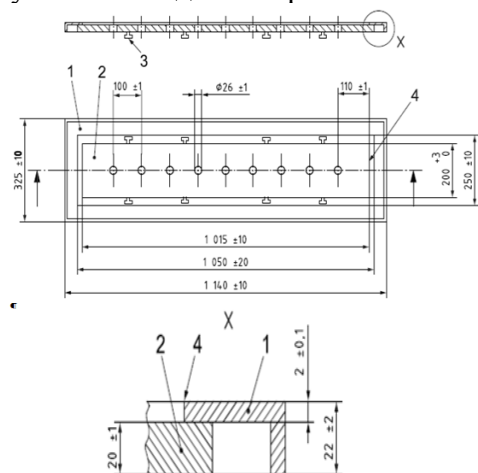
1 – випробувальна камера; 2 – утримувач зразка разом зі зразком на зсувній платформі; 3 – пальник для запалювання зразка; 4 – радіаційна газова панель; 5 – шкала; 6 – відкидні дверцята з віконцем для спостереження; 7 – витяжний зонт; 8 – витяжна труба випробувальної камери; 9 – витяжний трубопровід системи відведення димових газів; 10 – термопари; 11 – система для вимірювання оптичної щільності диму; 12 – радіаційний пірометр

Рисунок 1 – Загальний вид та перелік основних вузлів випробувального обладнання

Джерело: [3]

Випробувальна камера 1 виконана як сталевий каркас, обшитий зовні сталевим листом, зсередини термоізолювана плитами, виготовленими із силікату кальцію, товщиною (20 ± 1) мм і номінальною густиною від 650 кг/м³ до 750 кг/м³.

Зразок підлоги під час випробувань закріплюється горизонтально на утримувачі 2. Загальний вигляд утримувача 2 наведено на рис. 2.



1 – утримувач зразка; 2 – макет зразка; 3 – гвинт; 4 – нульова точка

Рисунок 2 – Загальний вигляд утримувача зразка

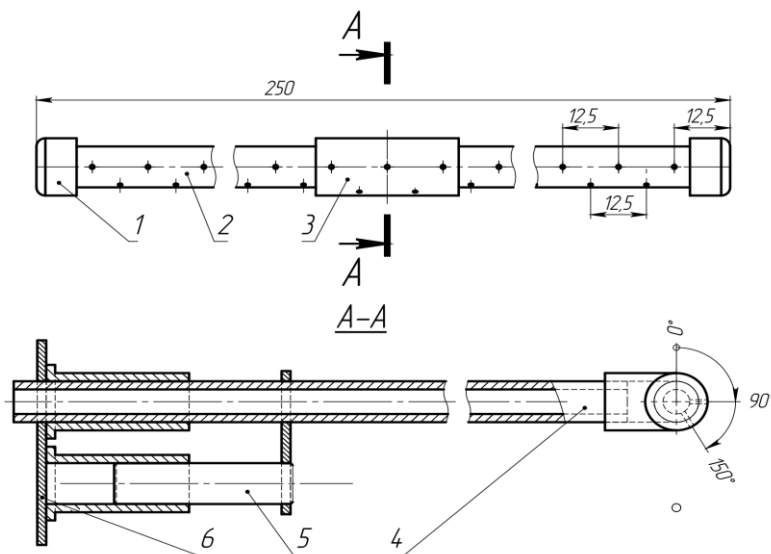
Джерело: [3]

Утримувач 2 виготовлений з жаростійкої нержавіючої сталі кутового профілю товщиною $(2,0 \pm 0,1)$ мм, розміри якого показано на рис. 2. Сумарна товщина утримувача дорівнює (22 ± 2) мм. Вогневий вплив на зразок здійснюють крізь отвір в утримувачі з розмірами (200 ± 3) мм \times (1015 ± 10) мм.

Для закріплення (притискування) зразка покриття підлоги утримувач 2 споряджений вісьмома гвинтами 3 (по чотири штуки з кожного боку). Утримувач 2 прикріплюють до зсувної платформи за допомогою двох болтів з кожного торця (на

рис. 2 не показано). Зсувна платформа пересувається на двох бокових кулькових направляючих типу H53 GTV, що висуваються у разі відчинених дверцят б на 500 мм відносно переднього фасаду обладнання. Допустима навантага на направляючі – 100 кГс.

Пальник для запалювання зразка 3 (далі – пальник) виготовлений згідно з рекомендаціями, наведеними в [2]. Загальний вигляд пальника для запалювання зразка та робочий момент досліджень його витратних характеристик наведено на рис. 3.



1 – заглушка; 2 – патрубок з отворами; 3 – трійник; 4 – трубопровід вхідний; 5 – направляюча; 5 – бічна стінка випробувальної камери

Рисунок 3 – Загальний вигляд пальника для запалювання зразка та робочий момент досліджень його витратних характеристик

Джерело: розробка авторів

У патрубку з отворами 2 виконано радіально 19 рівномірно розташованих отворів діаметром 0,7 мм вздовж центральної лінії та 16 рівномірно розташованих отворів діаметром 0,7 мм, виконаних радіально під кутом 60° під центральною лінією.

Газ, що застосовується, – пропан промислової чистоти з теплотворною здатністю не менше 83 МДж/м^3 . Витрата пропану має бути налаштована на $(0,026 \pm 0,002)$ л/с. Пальник має бути розміщений таким чином, щоб полум'я, що утворюється з нижнього ряду отворів, торкалося зразка на відстані (10 ± 2) мм від

нульової точки, а висота полум'я з верхнього ряду отворів по ширині пальника перебуває в межах від 60 мм до 120 мм. Патрубок з отворами 2 має перебувати на висоті 3 мм над торцем утримувача зразка, коли пальник розташований в положенні для запалювання зразка підлоги. Якщо пальник не прикладають до зразка підлоги для випробування, конструкцією обладнання забезпечена можливість його переміщення по направляючій 5 на відстань не менше 50 мм від нульової точки.

Як джерело енергії теплового випромінювання в обладнанні застосована

радіаційна газова панель 4 (далі – радіаційна панель) з керамічними пластинами ІЧ випромінювання, змонтована на металевій рамі, з розмірами випромінювальної поверхні (300 ± 10) мм \times (450 ± 10) мм. Тип радіаційної панелі – RI 32/117-001, виробник панелі – фірма «SBM» (Франція). Для покращення технічних

характеристик доопрацьовано конструкцію живильного газового трубопроводу та оптимізовано витратні характеристики газових форсунок. Загальний вигляд доопрацьованої радіаційної панелі 4 і блока газової автоматики та робочий момент досліджень рівномірності витратних характеристик двох її форсунок наведено на рис. 4.



Рисунок 4 – Загальний вигляд доопрацьованої радіаційної панелі та блока газової автоматики і робочий момент досліджень витратних характеристик двох її форсунок

Джерело: розробка авторів

Радіаційна панель 4 закріплена до верхньої стінки випробувальної камери 1 над утримувачем зразка 2 таким чином, що її довший бік перебуває з нахилом до горизонтальної площини під кутом $(30 \pm 1)^\circ$.

Радіаційна панель 4 оснащена автоматизованою системою безпеки: автоматичний (дистанційний) п'єзопадпал газу, відключення подавання газу під час вимкнення електричного живлення.

Вимірювач щільності теплового потоку, використовуваний для визначення профілю щільності теплового потоку, впливу якого зазнає зразок для випробування, має належати до пристроїв типу Шмідта – Бьолтера, діаметр має дорівнювати 25 мм. Його діапазон вимірювання має бути від 0 кВт/м² до 15 кВт/м², а калібрування має здійснюватися у діапазоні щільності

теплового потоку в умовах роботи від 1 кВт/м² до 15 кВт/м². Цей вимірювальний прилад необхідно забезпечити джерелом води для охолодження з температурою від 15°C до 25°C .

Вимірювач щільності теплового потоку повинен мати похибку $\pm 3\%$ від виміряного значення, а його калібрування необхідно проводити згідно з ISO 14934-3.

Система газового живлення обладнання складається з: балона з пропаном; запірного вентиля на балоні; газового редуктора; пускових електроклапанів для включення пальника 3 та радіаційної панелі 4; з'єднувальних трубопроводів та електричних кабелів; пускових кнопок і вимикачів електричного струму.

На внутрішньому боці задньої стінки випробувальної камери 1 закріплена шкала 5 як металева лінійка довжиною 1 м,

початок (нуль) якої збігається з нульовою точкою на утримувачі 2. Шкала 5 призначена для вимірювання відстані між фронтом полум'я на зразку покриття підлоги і нульовою точкою на утримувачі 2 у часі протягом випробувань.

На лицевій частині випробувальної камери 1 передбачено відкидні дверцята 6 зі скляним віконцем для спостереження за процесом випробувань.

Зверху випробувальної камери 1 передбачено витяжний зонт 7, з витяжним трубопроводом системи відведення димових газів 9 та відцентровим термостійким вентилятором типу «Dundar CM/CT 21.2 Н», оснащеним додатковою крильчаткою, яка розташована між равликовим корпусом і електродвигуном, виконуючи функцію охолодження корпусу і перешкоджання потраплянню гарячого повітря на електродвигун вентилятора (на рис. 1 не показаний). Допустима температура димових газів – до 120 °С. Продуктивність вентилятора регулюється зміною обертів електродвигуна за допомогою спеціального електронного пристрою.

У випробувальній камері 1 передбачено дві термопари 10 типу К зі сталеву оболонкою діаметром 3,2 мм згідно з ІЕС 60584-1 з ізольованим вимірювальним спаєм: одна термопара розміщена в поздовжній центральній вертикальній площині камери на відстані 25 мм від її верху в напрямку донизу і на відстані 100 мм в напрямку назад від внутрішньої стінки витяжної труби випробувальної камери 8, друга термопара встановлена в центральній частині витяжної труби випробувальної камери на відстані (150 ± 2) мм від її верху.

Для оцінювання димоутворення під час горіння покриттів для підлог на обладнанні передбачена система для вимірювання оптичної щільності диму 11.

Оптичну щільність диму у витяжній трубі випробувальної камери 8 визначають за величиною ступеня послаблення світла за допомогою системи 11, що складається з лампи, об'єктива, лінзи, світлофільтра, фотодіода, схема оптична принципова якої наведена на рис. 5.

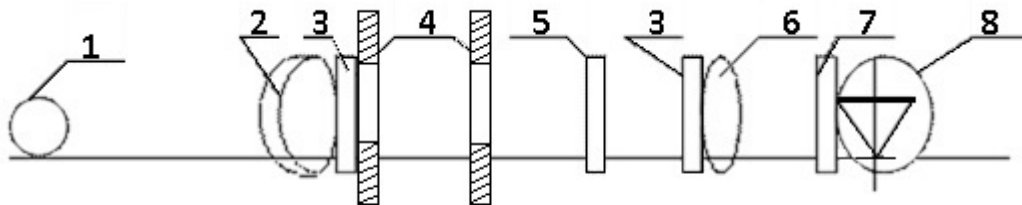


Рисунок 5 – Схема оптична принципова

1 – лампа; 2 – об'єктив; 3 – скляне віконце; 4 – бокові стінки витяжної труби випробувальної камери; 5 – світлофільтр калібрувальний; 6 – лінза; 7 – світлофільтр; 8 – фотодіод

Джерело: розробка авторів

Принцип роботи системи для вимірювання оптичної щільності диму такий. Світло від лампи 1 об'єктивом 2 формується в паралельний пучок, який проходить через задимлене середовище у витяжній трубі випробувальної камери 4, на лінзі 6 фокусується на фотодіоді 8. За напрямком світлового променя передбачено місце для встановлення світлофільтрів калібрувальних 5, що мають метрологічно атестовані показники оптичної щільності в децибелах і

призначені для перевірки лінійності вихідного електричного сигналу фотодіода 8 відносно інтенсивності світла, що потрапляє на фотодіод 8 від лампи 1 на всьому робочому діапазоні системи для вимірювання оптичної щільності диму 11.

Для відпрацювання необхідних параметрів щодо створення системи для вимірювання оптичної щільності диму 11 розроблено експериментальний зразок, загальний вигляд якого наведено на рис. 6.

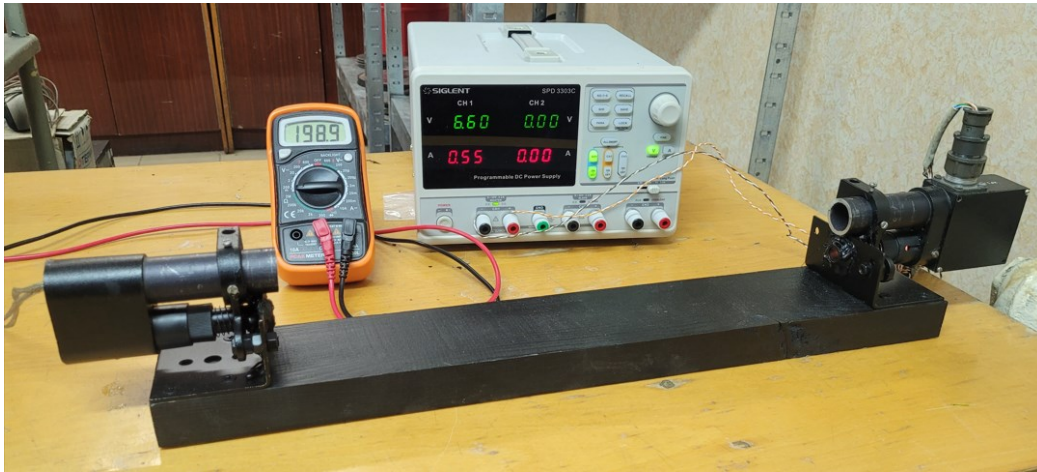


Рисунок 6 – Загальний вигляд та робочий момент досліджень оптичних параметрів експериментального зразка системи для вимірювання оптичної щільності диму

Джерело: розробка авторів

Світофільтр 7 призначений для коригування спектральної характеристики фотодіода 8. Для захисту оптики від забруднення передбачені скляні віконця 3.

Лампа розжарювання зі спіраллю 1 функціонує за кольорової температури (2900 ± 100) К. Електроживлення лампи здійснюється стабілізованим постійним струмом, а стабільність показників її функціонування (в тому числі стабільність температури в короткий і довгий проміжки часу) має бути в межах $\pm 5\%$. На обладнанні застосована лампа ОП 8–3,2 (лампа оптична, номінальна напруга живлення постійного струму – 8 В).

Фотоелемент, верхня межа вимірювання якого вища за діапазон сигналу принаймні на дві октави та лінійність якого перебуває в межах 3% від вимірюваного значення пропускання або 1% від абсолютного пропускання, калібрують з використанням оптичних фільтрів. Як рівень шуму, так і зсув у системі має бути меншим за 0,5% від початкового значення. Фотоелемент повинен мати спектрально розподілену чутливість, що узгоджується з вимогами СІЕ (Міжнародної комісії з освітлення), а також функцією $V(\gamma)$ (фотооптичні криві СІЕ) з похибкою не більше $\pm 5\%$. На обладнанні застосовано фотодіод типу ФД-263, який працює у фотогенераторному режимі, генеруючи струм напругою до 200 мВ під час потрапляння на нього світла від лампи 1. Система для вимірювання оптичної

щільності диму 11 має таку характеристику:

- за відкритого фотодіода у чистому середовищі – не більше 200 мВ;
- за закритого фотодіода у чистому середовищі – 0 мВ.

Система для вимірювання оптичної щільності диму 11 змонтована у двох співвісних патрубках, закріплених до бокових стінок витяжної труби випробувальної камери 8.

Для контролювання температури нагрівання керамічних пластин радіаційної панелі 4 передбачено радіаційний пірометр 12 з діапазоном вимірювання від 480 С до 530 С (температура чорного тіла) з похибкою ± 5 С, придатний для контролю ділянки круглої форми діаметром 250 мм з відстані близько 1,4 м. Чутливість пірометра має бути достатньо стабільною у діапазоні довжини хвиль від 1 мкм до 9 мкм.

Для реєстрування вихідних сигналів від двох термопар 10, від системи для вимірювання оптичної щільності диму 11, від пірометра 12 та інших параметрів роботи стенда застосовано вимірювальний блок на базі модуля аналогового вводу сигналу «ADAM-4018» з ноутбуком.

Унаслідок виконаних робіт розроблене випробувальне обладнання має такі технічні характеристики, наведені у табл. 1, та технічні дані, що вказані нижче за текстом.

Таблиця 1 – Технічні характеристики випробувального обладнання

№ з/п	Найменування показника	Одиниця вимірювання	Значення показника
1	Продуктивність встановленого повітряного відцентрового вентилятора, не менше	м ³ /год	2500
2	Встановлена електрична потужність, не менше	Вт	1000
3	Напруга електричного струму, не більше:	В	220
4	Частота струму електричної мережі, не менше	Гц	50
5	Максимальна товщина зразка покриття підлоги, не більше	мм	70
6	Максимальна допустима маса зразка підлоги, не більше	кг	70
7	Габаритні розміри випробувального обладнання Д×В×Ш, не більше	мм	
8	Маса конструктивна випробувального обладнання, не більше	кг	

Основні деталі випробувального обладнання виготовлені із чорного сталюого металопрокату з відповідним антикорозійним покриттям фарбою з термостійкістю до 500 °С. Утримувач зразка, пальник для запалювання зразка виготовлені з нержавіючої сталі. Деякі деталі та комплектуючі мають антикорозійне гальванічне покриття – цинкування, анодування тощо.

Передбачений електричною схемою випробувального обладнання пристрій регулювання обертів електричного двигуна змінного струму вентилятора забезпечує регламентовану швидкість повітряного потоку у витяжній трубі випробувальної камери ($2,5 \pm 0,2$) м/с.

Для вимірювання швидкості повітряного потоку застосовують термоанемометр. Похибка вимірювання термоанемометра за швидкості повітряного потоку 2,5 м/с не повинна перевищувати ($\pm 0,1$) м/с.

Під час проведення випробувань використовують ЗВТ, що наведені в табл. 2. Після монтажу випробувального обладнання і щоразу під час внесення змін, які впливають на технічні характеристики випробувального обладнання або принаймні один раз на місяць проводять

його калібрування. Якщо під час послідовних калібрувань змін немає, то цей інтервал можна збільшити до шести місяців.

Макет зразка, використовуваний для калібрування, має бути виконаний з плити, виготовленої із силікату кальцію, без покриття, товщиною (20 ± 1) мм і густиною (850 ± 100) кг/м³. Його ширина має дорівнювати (250 ± 10) мм, а довжина – (1050 ± 20) мм; в центральній точці її центральної лінії, а також вздовж неї в точках, що розташовані на відстані 110 мм і від 210 мм до 910 м, вимірній від нульової точки зразка для випробування, мають бути передбачені отвори діаметром (26 ± 1) мм (див. рис. 2).

Розміщують зсувну платформу та утримувач разом із макетом зразка у камері. Вимірюють швидкість потоку повітря у витяжній трубі в умовах, коли система витяжної вентиляції функціонує і відкидні дверцята зачинено, за необхідності налаштовують її на ($2,5 \pm 0,2$) м/с. Вмикають радіаційну панель.

Чекають, поки обладнання прогріється упродовж не менше ніж 1 год, доки температура в камері стабілізується. Пальник для запалювання зразка в цей час має бути вимкненим.

Таблиця 2 – Засоби ЗВТ, що використовуються під час проведення випробувань

Найменування ЗВТ	Діапазон вимірювань	Клас точності, невизначеність, похибка засобу вимірювальної техніки
Лінійка металева	Від 0 мм до 1000 мм	$U = 0,031 \text{ мм}/\Delta = \pm 1,0 \text{ мм}$
Штангенциркуль ШЦЦП-1-150-0,005	Від 0 мм до 150 мм	2 клас точності; $U=0,0069 \text{ мм}/\Delta = \pm 0,005 \text{ мм}$
Термоанемометр AR866A	Від 0,2 м/с до 30 м/с	$U = 0,13 \text{ м/с}/\Delta = \pm 0,1 \text{ м/с}$
Ротаметр РМ-А-0,063 ГУЗ	Від 0 до 0,063 м ³ /год	$\Delta = \pm 4 \%$
Приймач теплового потоку РАП-12М.2	Від 0,001 до 75,000 кВт/м ²	$\Delta = \pm 3 \%$
Пірометр TROTEC TP10	Від 21 °С до 500 °С; Від 501 °С до 1000 °С	$\Delta = \pm 1 \%$; $\Delta = \pm 1 \text{ °С}$ $\Delta = \pm 1,5 \%$; $\Delta = \pm 1,5 \text{ °С}$
Модуль аналогового вводу сигналу «АДАМ-4018»	4...20 мА, -20...+20 мА; J: 0...+750 °С, Т: -100...+400°С, К: 0...+1200°С, R: +500...+1750°С, E: 0...+1000°С, +500...+1750°С, В: S:	$\Delta = 0,2 \%$
Секундомір СОС пр 2Б-2-010	Від 0 с до 3600 с; від 0 с до 60 с; більше 60 с	2 клас точності; $U = 0,16 \text{ с}$; $\Delta = \pm (0,4 \cdot \tau_{\text{вим}} / 60) \text{ с}$; $\Delta = \pm (0,4 + 1,5 \cdot (\tau_{\text{вим}} - 60) / 3540) \text{ с}$
Барометр-анероїд М67	Від 610 мм рт. ст. до 790 мм рт. ст.	$U = 1,74 \text{ мм рт. ст.}$ $\Delta = \pm 1 \text{ мм рт. ст.}$
Термогірометр «Testo» 608-N1	Від 0 °С до 50 °С від 2 % до 98 %	$U = 0,1 \text{ °С}$; $\Delta = \pm 0,5 \text{ °С}$ $U = 1,4 \%$; $\Delta = \pm 3 \%$

Вимірюють щільність теплового потоку в точці, що відповідає 410 мм, вимірювачем щільності теплового потоку. Встановлюють вимірювач щільності теплового потоку в проріз таким чином, щоб його чутлива поверхня перебувала на висоті від 2 мм до 3 мм над макетом зразка і була паралельна його площині. Чекають стабілізації показу протягом 30 с. Зчитують його сигнал упродовж наступних 30 с. Якщо усереднене значення дорівнює $(5,1 \pm 0,2) \text{ кВт/м}^2$, то розпочинають визначення профілю щільності теплового потоку. Якщо це не так, то виконують необхідні налаштування витрат газу / повітря, що надходять до панелі, здійснюючи це принаймні за 10 хв перед наступним зчитуванням значення щільності теплового потоку.

Проводять визначення профілю теплового потоку.

Вставляють вимірювач щільності теплового потоку в кожен отвір по черзі, починаючи з точки, що відповідає 110 мм, і закінчуючи точкою, що відповідає 910 мм. Для визначення того, чи змінилася щільність теплового потоку під час цих вимірювань, перевіряють показ у точці, що відповідає 410 мм, після його зчитування в точці, що відповідає 910 мм.

За отриманими результатами значень щільності теплового потоку як функції відстані вздовж площини зразка побудовано графік, що являє собою профіль щільності теплового потоку. Щільність теплового потоку, яку зазначають у протоколі та якою користуються як підґрунтям для визначення СНФ, встановлюють з цієї кривої інтерполяцією. Профіль теплового потоку має перебувати в межах нормативних величин та допусків, вказаних у табл. 3.

Таблиця 3 – Розподіл щільності теплового потоку на поверхні макета зразка

Відстань до нульової точки зразка	Нормативна щільність теплового потоку	Допуски	Фактична щільність теплового потоку
мм	кВт/м ²	кВт/м ²	кВт/м ²
110	10,9	± 0,4	11,3
210	9,2	± 0,4	9,5
310	7,1	± 0,4	7,5
410	5,1	± 0,2	5,2
510	3,5	± 0,2	3,6
610	2,5	± 0,2	2,4
710	1,8	± 0,2	1,7
810	1,4	± 0,2	1,3
910	1,1	± 0,2	1,0

Далі виймають макет зразка і зачиняють дверцята. Через 5 хв вимірюють та реєструють температуру чорного тіла радіаційної панелі та температуру в камері.

Стандартна процедура випробування проводиться таким чином. Налаштовують витрату повітря у витяжній трубі випробувальної камери. Виймають макет зразка і зачиняють дверцята. Вмикають радіаційну панель і забезпечують прогрівання випробувального обладнання упродовж принаймні 1 год до стабілізації температури в камері.

Вимірюють температуру чорного тіла радіаційної панелі. Температура чорного тіла має бути в межах ± 5 °С від температури чорного тіла, зареєстрованої під час калібрування. Температура в камері має бути в межах ± 10 °С від температури в камері, зареєстрованої під час калібрування.

Якщо температура чорного тіла або температура в камері відрізняється більше ніж на вказані граничні значення, то налаштовують витрати газу / повітря, що надходять до радіаційної панелі. Перед повторним вимірюванням температур забезпечують стабілізацію стану випробувального обладнання протягом принаймні 15 хв. Коли температура перебуває в межах заданих граничних значень, випробувальне обладнання готове до роботи.

За необхідності налаштовують систему для вимірювання оптичної щільності диму з таким розрахунком, щоб величина її вихідного сигналу дорівнювала 100%, тобто не більше 200 мВ (за потреби величина вихідного сигналу регулюється зміною напруги живлення лампи

розжарювання за допомогою вбудованого в стенд блока живлення постійного струму). Перед початком випробувань переконуються, що система для вимірювання оптичної щільності диму досягла стабільного стану. Якщо це не так, то проводять подальші налаштування.

Встановлюють зразок для випробування разом із підстилкою(ами) і підкладкою в утримувач зразка. Розміщують і ретельно затягують гвинти. Піднімають шар текстильного покриття для підлог (за її наявності) за допомогою пирососа.

Підпалюють пальник для запалювання, утримуючи його на відстані принаймні 50 мм від передбачуваної нульової точки зразка для випробування. Переміщують зсувну платформу в камеру і негайно зачиняють дверцята. Це початок випробування. Вмикають пристрої відліку часу та реєстратори.

Після прогрівання пальника для запалювання протягом 2 хв на відстані принаймні 50 мм від нульової точки зразка для випробування приводять полум'я пальника для запалювання в контакт із зразком для випробування на відстані 10 мм від торця утримувача. Залишають полум'я пальника для запалювання в контакті зі зразком на 10 хв, після чого відводять пальник для запалювання в точку, що розташована на відстані 50 мм від нульової точки зразка для випробування. Гасять полум'я пальника для запалювання. Упродовж випробування витрату як газу, так і повітря, що надходять до радіаційної панелі, підтримують незмінними.

Вимірюють відстані між фронтом полум'я і нульовою точкою з похибкою до 10 мм з інтервалом у 10 хв, починаючи з початкового моменту випробування і в момент загасання полум'я. Проводять спостереження і реєструють значущі явища, такі як: перехідне полумене горіння, тління, утворення пазирів, тривалість і місцерозташування ділянки з горінням у режимі жевріння після загасання полум'я, проникнення полум'я крізь підкладку тощо.

Крім того, фіксують проміжки часу, коли полум'я досягає кожної з відміток, що відповідають 50 мм, і найвіддаленішу точку, досягнуту в будь-який з моментів випробування, проводячи вимірювання з похибкою до 10 мм.

Випробування припиняють через 30 хв, за винятком випадків, коли його замовник вимагає більшої тривалості випробування.

Визначення характеристик диму за необхідності проводять за результатами обробки та аналізу отриманих даних вимірювальним блоком на базі модуля ADAM з ноутбуком.

Проводять випробування на кожному з двох зразків, один з яких вирізано в одному напрямку, а другий – в іншому, перпендикулярному до першого. Визначають, який з двох зразків характеризується нижчим(и) значенням(и) CHF та/або HF-30, розрахованими згідно з рекомендаціями, наведеними нижче. Повторюють випробування на двох додаткових зразках, які було вирізано в цьому напрямку.

Наступне випробування не розпочинають, доки температура чорного тіла і температура в камері досягнуть значень, вказаних вище за текстом. Перед монтажем нового зразка для випробування утримувач зразка має бути кімнатної температури.

Результати випробувань надають таким чином.

Користуючись кривою профілю щільності теплового потоку, перетворюють значення відстані поширення полум'я, які мають місце, в кіловати на квадратний метр, і визначають критичну щільність теплового потоку. Зчитування показів виконують з похибкою до 0,2 кВт/м².

Зразки, запалювання яких не відбулося або відстань поширення полум'я якими менша за 110 мм, характеризуються критичною щільністю теплового потоку ≥ 11 кВт/м². Зразки з відстанню поширення полум'я понад 910 мм характеризуються критичною щільністю теплового потоку $\leq 1,1$ кВт/м². Зразки, погашені оператором через 30 хв, не мають значення CHF, а мають лише значення HF-30.

Надають результати чотирьох випробувань, зазначаючи величини CHF та/або HF-30 з відповідним докладним описом. Розраховують середнє значення критичної щільності теплового потоку (CHF та/або HF-30) для цих трьох зразків за однакового орієнтування.

Для випробувань тривалістю понад 30 хв реєструють момент часу гасіння полум'я, а також найвіддаленішу точку поширення полум'я та переводять це в CHF.

Зазначають момент часу, коли полум'я досягає кожної з відміток, що відповідають 50 мм, і реєструють відстань поширення полум'я через кожні 10 хв, для визначення за необхідності величини HF-X, наприклад HF-10, HF-20, HF-30. Також реєструють момент гасіння полум'я та остаточну максимальну відстань його поширення.

За потреби надають результати визначення характеристик диму.

Протокол випробування має містити наведену нижче інформацію. Необхідно чітко зазначати різницю між даними, наданими замовником, і даними, одержаними лабораторією.

- a) інформація із зазначенням того, що випробування проводили згідно зі стандартом [3];
- b) відхилення від методу випробування;
- c) назва та адреса випробувальної лабораторії;
- d) дата та ідентифікаційний номер протоколу;
- e) назва та адреса замовника;
- f) назва та адреса виробника / постачальника, якщо вони відомі;
- g) дата надходження зразка;
- h) ідентифікація виробу;
- i) опис процедури відбирання зразків (за потреби);

і) загальний опис випробуваного виробу, зокрема густина, маса на одиницю площі та товщина разом із формою конструкції зразка для випробування;

к) інформація щодо кондиціонування;

л) дата проведення випробування;

м) результати випробування;

н) спостереження, здійснені упродовж випробування;

о) заява: «Результати випробування стосуються поведінки зразків для випробування виробу за особливих умов випробування; їх не призначено для використання як єдиного критерію оцінювання потенційної пожежної небезпечності виробу під час використання».

Висновки та напрями подальших досліджень. Показано актуальність робіт з проведення випробувань покриттів для підлог до вогневого впливу для створення передумов підвищення рівня пожежної безпеки об'єктів будівництва в Україні. Підтверджено доцільність запровадження в Україні методу випробувань з визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання згідно з ДСТУ EN ISO 9239-1:2022. Уперше в Україні на рівні європейських підходів розроблено конструкцію та робочу конструкторську документацію випробувального обладнання для проведення випробувань з визначення

поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання. Технічні характеристики створеного випробувального обладнання дають змогу проводити випробування зразків всіх типів покриттів для підлог, наприклад текстильних килимів, килимів, виготовлених з корки, деревини, гуми і пластмас, а також зовнішніх шарів. Підготовлено матеріали для проведення верифікації випробувального обладнання, результати якої засвідчуватимуть гарантовані розробником та виробником випробувального обладнання основні параметри, технічні характеристики та дійсні значення нормованих метрологічних показників для випробувань з визначення поведінки покриттів для підлог під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання згідно з вимогами та методикою, наведеними у ДСТУ EN ISO 9239-1:2022. Надано пропозиції щодо подальшого використання результатів випробувань на створеному випробувальному обладнанні, а саме: доцільно провести випробування низки покриттів для підлог, результати яких можуть бути підґрунтям для пропозицій щодо розроблення та внесення відповідних змін до будівельних норм стосовно вимог до покриттів для підлог, а розробникам та виробникам – підґрунтям щодо розроблення нових видів та типів покриттів для підлог.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДБН В 1.1-7:2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний від 2017-06-01]. Київ : Мінрегіон України, 2017. 35 с.
2. ДСТУ EN ISO 9239-1:2022. Випробування покриттів для підлог щодо реакції на вогонь. Ч. 1. Визначення поведінки під час горіння з використанням джерела теплового випромінювання (EN ISO 9239-1:2010, IDT; ISO 9239-1:2010, IDT). [Чинний від 2023-06-01]. Київ : УкрНДНЦ, 2023. 24 с.
3. Про надання будівельної продукції на ринку : Закон України від 02.09.2020 № 850-IX.
4. Коваленко В., Добростан О., Тимошенко О., Самченко Т., Ратушний О. Створення стенда для випробування покрівель на стійкість до зовнішнього вогневого впливу. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. 2021. № 1(11). С. 22–32.
5. Samchenko T., Dobrostan O., Pokaliuk V., Chernysh R. Creation of Equipment for Testing Roofs for Resistance to External Fire Influence. *Applied Mechanics and Materials* 2023. Volume 917. with. 95–102.
6. Бенедюк В., Онищук А., Тимошенко О., Іллюченко П., Коваленко В. Натурні експериментальні дослідження екранувальної здатності суцільних водяних завіс від проникнення потоку теплового випромінювання та диму. *Науковий вісник : Цивільний захист та пожежна безпека*. 2023. № 2(16). С. 77–87.

REFERENCES

1. Pozhezhna bezpeka ob'ektiv budivnytstva. Zahalni vymohy [Fire safety of construction sites. General requirements]. (2017). DBN 1.1-7:2016 from 1st June 2017. Kyiv: Minregion Ukrainy [in Ukrainian].
2. Vyprobuvannia pokryttiv dlia pidloh shchodo reaktsii na vohon. Chastyna 1. Vyznachennia povedinky pid chas horinnia z vykorystanniam dzherela teplovoho vyprominiuvannia [Reaction to fire tests for floorings Determination of the burning

- behaviour using a radiant heat source]. (2023). DSTU EN ISO 9239-1:2022 from 1st June 2023. Kyiv: DP «UkrNDNC» [in Ukrainian].
3. Law of Ukraine On giving build materials on market from September 2 2020, № 850-IX [in Ukrainian].
 4. Kovalenko, V., Dobrostan, O., Tymoshenko, O., Samchenko, T., Ratushnyi, O. (2021). Stvorennia stenda dlia vyprobuvannia pokrivel na stiikist do zovnishnoho vohnevoho vplyvu [Creating a stand for testing a covering on resistance on external fire influence]. *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*, 1(11). doi: 10.33269/nvcz.2023.1(11) [in Ukrainian].
 5. Samchenko, T., Dobrostan O., Pokaliuk V., Chernysh R. Creation of Equipment for Testing Roofs for Resistance to External Fire Influence. *Applied Mechanics and Materials 2023*. Volume 917. with. 95–102.
 6. Benediuk, V., Onyshchuk, A., Tymoshenko, O., Illiuchenko, P., Kovalenko, V. (2023). Naturni eksperymentalni doslidzhennia ekranovalnoi zdatnosti sutsilnykh vodiannykh zavis vid pronyknennia potoku teplovoho vyprominiuvannia ta dumy [Field-based experimental studies of the shielding ability of solid water curtains against the penetration of heat radiation and smoke] *Naukovyi visnyk: Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka*, 1(11). doi: 10.33269/nvcz.2023.2(16) [in Ukrainian].

CREATION OF TEST EQUIPMENT FOR DETERMINING THE BEHAVIOR OF FLOOR COATINGS DURING COMBUSTION BY USING THERMAL RADIATION SOURCE

*O. Tymoshenko¹, V. Kovalenko¹, O. Dobrostan¹, T. Samchenko¹, O. Ratushnyi¹,
L. Maladyka²*

¹*Institute of Public Administration and Research in Civil Protection, Ukraine*

²*Cherkasy Institute of Fire Safety named after Heroes of Chernobyl of the National University of Civil Protection of Ukraine, Ukraine*

KEYWORDS: ANNOTATION

floor covering, test,
fire hazard, heat
radiation source,
reaction on fire,
heat flux density,
smoke optical
density

The relevance of tests on determining the behavior of floor coverings during combustion by using a source of thermal radiation to create prerequisites for increasing the level of fire safety of construction sites in Ukraine is shown. The expediency of introducing the European fire classification in Ukraine regarding the reaction to the fire of floor coverings has been confirmed. For the first time in Ukraine, at the level of European approaches, the working design documentation of test equipment was developed to determine the behavior of floor coverings during combustion using a heat radiation source. Its technical characteristics are defined. The parameters of the burner for igniting the specimen, the radiation panel, and the system for measuring the optical density of smoke have been substantiated and experimentally confirmed. The technical characteristics of the created test equipment allow testing of all types of floor coverings. The measuring equipment necessary for conducting tests is given. The procedure for calibrating test equipment, the procedure for conducting tests, and the requirements for evaluating test results are given. For the verification of test equipment have been prepared materials, the results of which will certify the main parameters, technical characteristics, and valid values of standardized metrological indicators guaranteed by the developer and manufacturer of the test equipment for testing floor coverings during combustion by using a source of thermal radiation in accordance with the requirements and methodology specified in State standard of Ukraine EN ISO 9239-1:2022.