

УДК 614.842

*Цанко Ю.В., кандидат технічних наук,
старший науковий співробітник,
Науково-дослідний інститут судової експертизи,
м. Київ*

КОМПЛЕКСНИЙ ПІДХІД ДО ОЦІНЮВАННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ВОГНЕБІОСТІЙКИХ ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ

Використання целюлозовмісних матеріалів (деревина, фанера, тканини, папір та картон тощо) та конструкцій з них у будівництві з кожним роком набуває дуже широкого спектру. З огляду на той факт, що саме ці матеріали та вироби є основними провідниками поширення полум'я, пожежна безпека висуває все більш високі вимоги до ефективності вогнезахисних засобів, а також до якості вогнезахисених матеріалів. Таким чином, легка займистість, горючість, значна димоутворювальна здатність і токсичність продуктів горіння деревини, фанери, тканини, паперових виробів обмежують область застосування цих матеріалів та визначають необхідність їх вогнебіозахисту.

Вогнезахист дерев'яних конструкцій повинен здійснюватись відповідно до вимог Державних будівельних норм ДБН В.1.1-7 "Пожежна безпека об'єктів будівництва" [1], зокрема, п.4.21: "у будинках, крім будинків V ступеня вогнестійкості, дерев'яні елементи горючих покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 [2]", а правила пожежної безпеки в Україні передбачають в п. 4.2 Утримання будівель, приміщень та споруд, а саме п. 4.2.6: "Дерев'яні конструкції в будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім V, повинні піддаватися вогнезахисній обробці, за винятком вікон, дверей, воріт, підлоги, вбудованих меблів, стелажів, якщо в будівельних нормах не зазначені інші вимоги".

На сьогодні запропоновано невелику кількість вогнезахисних препаратів, зокрема суміш сульфату амонію, діамонійфосфату і фториду натрію (вогнезахисна композиція МС), або ортоборату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція ББ), та суміш карбонату натрію і борної кислоти (вогнезахисна композиція БС), до того ж композиція МС вміщує високо небезпечну речовину (фторид натрію) у рецептурі вогнебіозахисного препарату, зменшують перспективу їх використання для вогнезахисту будівельних конструкцій з деревини. Оцінювання ефективності вогнезахисту вищенаведених засобів проводять на відповідність вимогам ГОСТ 16363 [2] та ГОСТ 30219 [3].

Але на реальних пожежах, коли на деревину та інші целюлозовмісні матеріали діють більш інтенсивні променеві теплові потоки, вогнезахист матеріалів може виявитися неефективним. Більш того, вони можуть призвести до збільшення димоутворення і токсичності продуктів горіння.

На теперішній час з'явилися ефективні просочувальні композиції (суміші), зокрема композиція з антипірену (фосфати та сульфати амонію) та антисептика полімерного походження (полігексаметиленгуанідінфосфат) – ДСА-1 та ДСА-2 [4].

В роботі [5] визначено ефективність вогнезахисних засобів згідно з [2, 3] на відповідність вогнезахисних властивостей деревини, обробленої сумішами на основі фосфатів та сульфатів амонію і полімерного антисептика "Тембар" (ДСА-1, ДСА-2) та карбонату натрію і борної кислоти (БС-13), вимогам ГОСТ 30219 [3] та встановлено незначну втрату маси для вогнезахисної

деревини (ДСА-2 – 8 %, БС-13 – 9,3 %), індекс поширення полум'я рівний 0 (ДСА-2) та 9,8 (БС-13), порівняно з деревиною без вогнезахисту. За значенням втрати маси зразків після вогневих випробувань, індексу поширення полум'я по поверхні зразків деревини згідно з [3], деревина оброблена просочувальною сумішшю ДСА-2 та БС-13 (за умови поглинання маси сухих солей 46,9 кг/м³ та 75,8 кг/м³ відповідно) забезпечує І групу вогнезахисної ефективності.

Як свідчать дані [6], для перетворення деревини на важкозаймистий матеріал необхідно досягнути поглинання деревиною антипірену в перерахунку на суху речовину в кількості 30-45 кг/м³, а на важкогорючий матеріал – 50-65 кг/м³.

Ефективність засобів вогнезахисту, що застосовуються для зменшення пожежної небезпеки облицювальних та оздоблювальних матеріалів, повинна оцінюватися випробуваннями матеріалів, на які нанесено засоби вогнезахисту, для визначення груп за показниками пожежної небезпеки пожежно-технічної класифікації будівельних матеріалів. Тому для оздоблення стін, стель і заповнення в підвісних стелях вестибюлів, сходових кліток, ліфтових холів у будинках усіх ступенів вогнестійкості, крім будинків V ступеня вогнестійкості згідно з [1], повинні застосовуватися конструкції, в т. ч. такі, до складу яких входять деревина та вироби з неї (фанерні та деревоволокнисті плити), тканини і папір, які відповідають класифікації: Г2 (низької горючості), В2 (важкозаймисті), Д2 (з помірно димоутворювальною здатністю), Т2 (помірно небезпечні).

В зв'язку з цим ефективність вогнезахисної дії засобів для целюлозовмісних матеріалів необхідно перевіряти не тільки по групі вогнезахисту, а комплексом досліджень по всьому спектру найбільш важливих показників пожежної небезпеки матеріалів: - група горючості, поширення полум'я поверхнею, димоутворювальна здатність, токсичність продуктів горіння.

Метою роботи було проведення комплексу досліджень на відповідність вогнебіо захищених целюлозовмісних матеріалів за експлуатаційними показниками і визначення придатності до подальшого використання їх на об'єктах різного призначення.

Для практичної реалізації використання виробів із вогнезахисних целюлозовмісних матеріалів комплексним випробуванням піддавалась деревина, яка використовуються як в будівництві, так і в машинобудуванні, а також для виготовлення засобів зберігання, що оброблені просочувальними сумішами на основі неорганічних (фосфатів і сульфату амонію) та органічних речовин ("Гембар", "Полідез", комплексна сполука полігексаметиленгуанідин поліфосфату амонію), а також з гідрофобізувальним покриттям "Сілол" за показниками: вогнезахисної ефективності (ГОСТ 16363 [2]), група горючості, індексу поширення полум'я, димоутворювальної здатності, токсичності продуктів горіння (ГОСТ 12.1.044 [7]), займання (ДСТУ Б В.1.1-2 (ГОСТ 30402) [8]), групи поширення полум'я поверхнею (ДСТУ Б В.2.7-70 (ГОСТ 30444) [9]) та групи горючості очерету як будівельного матеріалу (ДСТУ Б В.2.7-19 (ГОСТ 30244-94) [9]) (табл. 1).

Отримані показники якості просоченої деревини відповідають вимогам будівельних норм. Вогнезахиснена деревина з вмістом антипірену близько 60 кг/м³ та 400 г/м² антисептика класифікується як матеріал помірної горючості (Г2), важкозаймистий (В1), з помірно димоутворювальною здатністю (Д2), за токсичністю продуктів горіння - помірнонебезпечний (Т2) та матеріал, що не поширює полум'я по поверхні (РП1).

Для комплексного захисту текстильних та паперових матеріалів запропоновано використовувати суміш неорганічних та органічних речовин, а саме, композицію фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом та комплексну сполуку полігексаметиленгуанідин поліфосфат амонію.

Комплексним дослідженням з метою встановлення придатності до використання піддавалась вогнезахиснена тканина "Runotex" фірми "Fabryka Wyrobów Runowych S.A." (Польща) та картон (табл. 2).

Таблиця 1 - Результати визначення пожежонебезпечних властивостей деревини вогнезахищеної сумішами антипірену і полімерного антисептика “Гембар”

Показники пожежної небезпеки	Деревина	Деревина вогнезахищена
Група вогнезахисної ефективності за ГОСТ 16363	займистий	важкозаймистий
Індекс поширення полум'я за ГОСТ 12.1.044	поширює полум'я поверхнею	не поширює полум'я поверхнею
Горючість за ГОСТ 12.1.044	горючий	важкогорючий
Горючість за ДСТУ Б.В.2.7-19	підвищена горючість (Г4)	помірна горючість (Г2)
Займистість за ДСТУ Б.В.1.1-2	займисті (В3)	помірнозаймисті (В2)
Димоутворювальна здатність за ГОСТ 12.1.044	висока димоутворювальна здатність (Д3)	помірна димоутворювальна здатність (Д2)
Токсичність продуктів горіння за ГОСТ 12.1.044	високонебезпечні (Т3)	помірнонебезпечні (Т2)

Таблиця 2 - Результати визначення пожежонебезпечних властивостей тканина “Runotex” та картону

Показники пожежної небезпеки та:	Тканина “Runotex”, картон	Тканина “Runotex” вогнезахищена	Картон вогнезахищений
вогнезахистна ефективність за ДСТУ 4155	легкозаймистий матеріал	важкозаймистий матеріал	важкозаймистий матеріал
індекс поширення полум'я за ГОСТ 12.1.044	швидко поширює	повільно поширює	повільно поширює
димоутворювальна здатність за ГОСТ 12.1.044	висока димоутворювальна здатність (Д3)	помірна димоутворювальна здатність (Д2)	помірна димоутворювальна здатність (Д2)
токсичність продуктів горіння за ГОСТ 12.1.044	високонебезпечні (Т3)	помірнонебезпечні (Т2)	помірнонебезпечні (Т2)

Для необроблених та оброблених зразків тканини та картону проведено: визначення займистості, поширення полум'я, димоутворювальної здатності [10]. Необроблені зразки класифікуються як легкозаймистий горючий матеріал [11], що швидко поширює полум'я поверхнею з високою димоутворювальною здатністю та токсичністю продуктів горіння, а вогнезахищені зразки класифікуються як важкозаймисті матеріали, що повільно поширюють полум'я поверхнею з помірною димоутворювальною здатністю, за токсичністю продуктів згорання відносяться до класу помірно небезпечних матеріалів. Для випробувань використовували зразки тканини за умови поглинання просочувальної композиції в перерахунок на безводну речовину 685 г/м² та картону – 42,38 кг/м³ відповідно.

Експлуатаційна надійність і ефективність вогнезахисту дерев'яних конструкцій та засобів зберігання залежить, від класу умов експлуатації об'єкта, де застосовуються ці матеріали. За результатами експериментальних досліджень з атмосферостійкості та водопоглинання виявлено, що застосування сумішей “Гембар” та “Сілол” суттєво захищає вогнезахищену деревину від дії вологи, а саме, проникаючи в пори вогнезахищеної деревини, “Сілол” гідрофобізує мікротріщини поверхні, утворюючи комплексний захисний засіб з водовідштовхувальною властивістю. Втрата маси засобу для зразків наведено на рис. 1.

У ході проведення досліджень було встановлено, що на поверхні деревини, яка була захищена антипіренами вогнезахисної суміші фосфатів та сульфатів амонію, утворюються кристали солей, чого не спостерігалось для деревини, додатково обробленої полімерним антисептиком та гідрофобізатором.

Результати дослідження за експрес-методикою з визначення вогнезахисної ефективності задовільно співпадають з результатами випробувань зразків деревини, що були оброблені вогнезахисними сумішами фосфатів та сульфатів амонію і “Гембар”, що зберігались відповідний час у натурних умовах [12]. Дерев’яні, вогнезахиснені елементи перебувають у контакті з оцинкованою жерстю або з кольоровими металами (мідь, алюміній, магній та їх сплави). Результати визначення корозійної дії вогнезахисних засобів для деревини та їх компонентів, що нанесено на деревину, наведено в табл. 3.

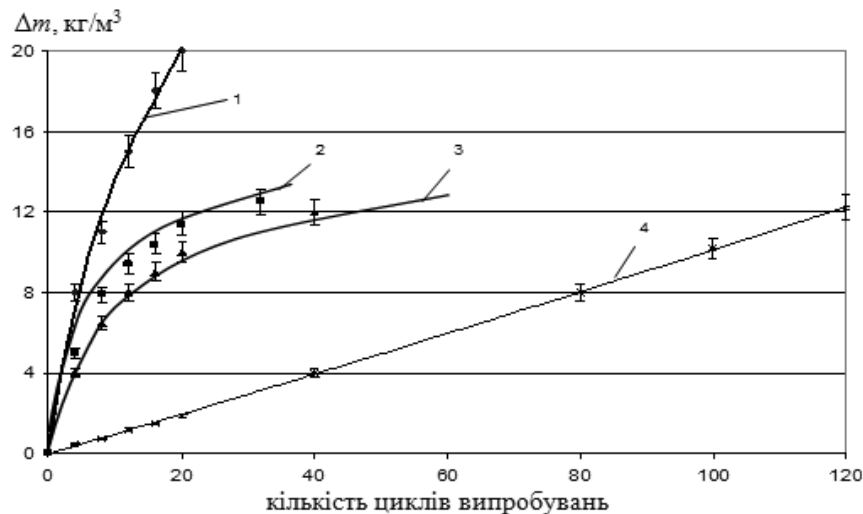


Рисунок 1 - Залежність втрати маси антипіренів з деревини необробленої (1) та обробленої полімерним антисептиком „Гембар” (2, 3), та гідрофобізатором ”Сілол“ (4) від кількості циклів випробувань

Таблиця 3 - Результати визначення корозійної дії вогнезахисної деревини та компонентів вогнезахисних засобів на кольорові метали

Вогнезахисна суміш	Середня питома швидкість втрати маси металевої пластини, г/м ² -год		
	мідь	оцинкована жерсть	алюміній
Суміш фосфатів та сульфатів амонію	0,146	0,034	0,0025
Суміш карбонату натрію і борної кислоти	0,0033	корозію не зафіксовано	корозію не зафіксовано
Суміш ортоборату натрію і борної кислоти	0,0004	корозію не зафіксовано	корозію не зафіксовано
Поліфосфати амонію	0,176	0,04	0,004
Суміш ДСА-2	0,020	0,021	корозію не зафіксовано

Як видно з отриманих даних найбільшу корозійну дію на кольорові метали виявляє деревина, вогнезахищена поліфосфатами амонію та сумішшю фосфатів і сульфатів амонію, що перевищує для міді нормоване значення (ГОСТ 30219 [3]). Додаткове оброблення поверхні деревини полімерним антисептиком у декілька разів зменшує проникність компонентів антипірену і утворенні аерогелей, що визивають корозію. Майже не виявляють агресивної дії на кольорові метали деревина, вогнезахищена складом суміш ортоборату натрію і борної кислоти та суміш карбонату натрію і борної кислоти, тому що проходить інтенсивна пасивація поверхні контакту з утворенням стійкої оксидної плівки.

Дослідження з визначення біостійкості деревини, фанери, зразків тканин і паперу проводились згідно з [13] методом визначення біологічної стійкості до дії мікрофлори лісового ґрунту, враженого культурами грибів роду *Ceratocystus*, *Sporodemia*, *Penicillium* протягом двох календарних місяців в умовах лабораторії хімічної обробки та захисту деревини і клеїв УкрНДІ "Ресурс" (табл. 4).

Таблиця 4 - Результати дослідження впливу препарату „Гембар” на стійкість деревини до біоруйнування

Об'єкт випробовування	Середня втрата маси, %
Необроблені зразки деревини сосни (контрольні)	37,74
Зразки деревини сосни, що оброблені препаратом „Гембар”	1,852
Необроблені зразки фанери (контрольні)	37,72
Зразки фанери марки ФК, що оброблені просочувальною сумішшю ДСА-2	1,848
льняна тканина: - необроблена	42,4
- оброблена сумішшю ФСГ-1	2,12
віскозна тканина: - необроблена	39,1
- оброблена сумішшю ФСГ-1	1,96
бавовняна тканина: - необроблена	28,7
- оброблена сумішшю ФСГ-1	1,44
бавовняно-поліефірна тканина: - необроблена	26,1
- оброблена сумішшю ФСГ-1	1,31
поліефірна тканина: - необроблена	20,1
- оброблена: сумішшю ФСГ-1	1,05
пакувальний папір: - необроблений	32,6
- оброблений сумішшю ФСГ-1 з додаванням крохмалю	1,63

Аналіз результатів показує, що максимальна втрата маси в разі біоруйнування контрольних зразків деревини та фанери склала близько 38%, а втрата маси зразків деревини, що були оброблені препаратом „Гембар”, була менше 1,9 %, що значно менше ніж регламентовано нормами [13].

Встановлено, що просочувальна композиція підвищує рівень біостійкості оброблених зразків тканин і паперу (порівняно з необробленими) в 19–20 разів за показником біоруйнування

згідно з [13].

Найвагомішими для експлуатації деревини та фанери є такі фізико-механічні властивості, як границя міцності при статичному згинанні вдовж волокон лицьових шарів, яку визначали згідно з ГОСТ 9624 [14].

Визначено границі міцності при статичному згинанні вдовж волокон лицьових шарів проводили на вогнезахисених зразках деревини та фанери товщиною 10 мм після їх зберігання протягом 6 місяців (табл. 5).

Значення границі міцності при статичному згинанні вдовж волокон лицьових шарів розраховували за формулою:

$$\sigma = \frac{3}{2} \cdot \frac{P_{\max} \cdot L}{b \cdot h^2}, \quad (1)$$

де P_{\max} – максимальне руйнівне навантаження, Н;
 L – довжина площини сколювання, мм;
 b – ширина площини сколювання, мм;
 h – товщина зразка фанери, мм.

Встановлено, що границя міцності при статичному згинанні вдовж волокон лицьових шарів після оброблення вогнезахисною сумішшю становить: для деревини 38,0 МПа (за норми не менше 35 МПа [3]) та фанери 61,2 МПа (за норми не менше 55 МПа [14]).

Таблиця 5 - Результати визначення границі міцності при статичному згинанні вдовж волокон зразків вогнезахисеної деревини та фанери

№ зразка	Ширина зразка, b, мм	Відстань між опорами, L, мм	Максимальне руйнівне навантаження, P_{\max} , Н	Границя міцності при статичному згинанні вдовж волокон, МПа
<i>деревина сосни</i>				
1	75	300	660	39,6
2	75	300	620	37,2
3	76	300	630	37,3
<i>фанера</i>				
1	75	300	960	57,6
2	75,5	300	1096	65,7
3	75	300	1063	63,8
4	75	300	1043	62,6
5	74,8	300	996	59,8

Таким чином, для надійного забезпечення рівня експлуатації об'єктів необхідно проводити комплексний метод дослідження властивостей вогнебіостійких целюлозовмісних матеріалів.

ЛІТЕРАТУРА

1. ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. – К., 2003. (Держбуд України).
2. ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – К.: Изд-во стандартов, 2000.
3. ГОСТ 30219-95. Межгосударственный стандарт. Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. – К., 1997. (Госстандарт Украины).
4. Жартовский В.М., Цапко Ю.В. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. - Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2006. - 256 с.
5. Цапко Ю.В. Дослідження аспектів вогнезахисту деревини просочувальними засобами // Зб. наук. праць. - Львів: ЛДУ БЖД. - 2006. - Вип. 9. С. 159-165.
6. Романенков И.Г., Левитес Ф.А. Огнезащита строительных конструкций. - М.: Стройиздат, 1991.- 320с.
7. ГОСТ 12.1.044–1989 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: - М.: Издательство стандартов, 1990. - 143 с.
8. ДСТУ Б В.1.1–2–97 (ГОСТ 30402–96) Матеріали будівельні. Метод випробування на займистість. - К., 1997. - 28 с. (Укрархбудінформ).
9. ДСТУ Б В.2.7-70-98 (ГОСТ 30444-97) Матеріали будівельні. Метод випробувань на поширення полум'я. – К., 1998. - 11 с. (Укрархбудінформ).
10. ДСТУ Б В.2.7-19-95 (ГОСТ 30244-94) Матеріали будівельні. Методи випробувань на горючість.
11. ДСТУ 4155–2003 Матеріали текстильні. Метод випробування на займистість: - К., 2003. – 7 с.
12. Білошицький М.В., Бут В.П., Цапко Ю.В., Слущька О.М., Гудович О.Д. Проблемні питання щодо нормативної бази з визначення показників якості вогнебіозахисних засобів для деревини та розробки їх рецептур // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2003. – №1 (8). – С. 41–45.
13. Полотна нетканые (подоснова) антисептированные из волокон всех видов для теплозвукоизоляционного линолеума. Метод определения биостойкости: ГОСТ 26603-1985.– М.: Изд-во стандартов, 1985.
14. ГОСТ 9625-87 Древесина слоистая клеенная. Методы определения предела прочности и модуля упругости при статистическом изгибе. М.: Издательство стандартов, 1989. – 24 с.