



*С. Я. Вовк, О. Ю. Пазен, В. В. Придатко, Н. О. Ференц*

*Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, м. Львів, Україна*

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5278-3754> – С. Я. Вовк

<https://orcid.org/0000-0003-1655-3825> – О. Ю. Пазен

<https://orcid.org/0000-0002-6964-5929> – В. В. Придатко

<https://orcid.org/0000-0003-3139-0921> – Н. О. Ференц



[sergiy\\_vovk@ukr.net](mailto:sergiy_vovk@ukr.net)

## ВОГНЕЗАХИСНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ПОКРИТТІВ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ КОНСТРУКЦІЙ НА ОСНОВІ СИЛКАТУ НАТРІЮ

**Вступ.** Будівлі та споруди із дерев'яних конструкцій характеризуються підвищеною пожежною небезпекою. Ефективність протипожежного захисту таких об'єктів можна підвищити застосувавши вогнезахист деревини. Це здійснюється різними способами: вогнезахисним просоченням, фарбами, лаками, обмазками, штукатурками, плівковими покриттями. Ці способи, відповідно до їх експлуатаційних властивостей, мають різні області застосування.

Сучасні методи вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій базуються на використанні покриттів, що спучуються. Розроблення ефективних вогнезахисних покриттів, які за складом є системою органічних і неорганічних компонентів, – актуальне науково-технічне завдання.

**Метою статті** є розробка і дослідження ефективності вогнезахисних покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силкату натрію, декстрину та оксидів металів магнію і титану.

**Методи дослідження.** Вогнезахисна ефективність покриттів визначалась за методикою згідно з ГОСТ 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей».

**Основні результати дослідження.** У статті досліджено ефективність композицій із рідкого натрієвого скла (40...50% мас. %), базальтового волокна (5...10% мас.%), декстрину (20...25% мас. %), температуростійких оксидів (MgO, TiO<sub>2</sub>) (20...25%). Такі властивості компонентів покриттів, як висока температуростійкість, паропроникність і хімічна стійкість, дають можливість використовувати їх як компоненти в складі вогнезахисних покриттів.

У роботі визначали групу вогнезахисної ефективності. Встановлено, що всі досліджувані композиції забезпечують вогнезахист деревини. Однак найбільш ефективною є композиція, яка складається із рідкого скла (40%), MgO (25%), декстрину (25%), базальтового волокна (10%), середнє значення втрати маси зразка якого становить 5,9 % від загальної маси, що підтверджує першу групу вогнезахисної ефективності та важкозаймистість деревини.

Механізм дії досліджуваних вогнезахисних покриттів для деревини пояснюється рядом причин. Це теплоізоляція поверхні від джерела запалювання; теплопоглинання завдяки теплоємності та ендотермічним процесам в покритті; інгібування процесу горіння завдяки руйнуванню активних центрів полум'я і гальмуванню ланцюгової хімічної реакції горіння; прискорення процесу розкладу вуглеводнів з утворенням негорючих газових продуктів термодеструкції води і коксового залишку, який також має теплоізоляційні властивості; розбавлення негорючими продуктами розкладу деревини чи покриття горючих речовин в зоні горіння. На початковому етапі переважають процеси теплоізоляції та теплопоглинання. Далі відбувається термодеструкція з утворенням газоподібних речовин, утворюються спучені шари з меншою теплопровідністю у порівнянні з початковим матеріалом.

**Висновок.** Експериментально встановлено, що композиції на основі рідкого скла, базальтового волокна, декстрину і температуростійкого оксиду (MgO) можуть використовуватися як вогнезахисні покриття з атмосферостійкими властивостями для будівельних конструкцій із деревини, забезпечуючи I групу вогнезахисної ефективності із втратою маси взірця до 9 %. Температуростійкі оксиди металів, декстрин і силкат натрію у складі покриття підвищують вогнестійкість – під час дії вогню, а силкат натрію збільшує його атмосферостійкість в природних умовах. Таким чином, запропоновані покриття дають можливість перевести деревину з групи Г4 (підвищеної горючості) до групи Г2 (помірної горючості).

**Ключові слова:** вогнезахист, композиція, покриття, деревина, вогнезахисна ефективність, горючість.

## **FIRE PROTECTION EFFECTIVENESS OF COATINGS FOR WOODEN STRUCTURES BASED ON SODIUM SILICATE**

**Introduction.** The construction of buildings and structures from wooden constructions leads to an increase in a fire hazards. The effectiveness of fire protection of such objects increases with the use of fire-resistant wood. Fire protection of wood and products is carried out in various ways - fire-resistant impregnation, paints, varnishes, smears, plasters, and film coatings. These methods, following their operational properties, have different areas of application.

Modern methods of fire protection of wooden building structures are based on the use of inflatable covers. The development of effective fire-resistant coatings, which are composed of a system of organic and inorganic components, is an urgent scientific and technical task.

**The aim** of the article is the development and research of fire-resistant coatings for wooden structures based on sodium silicate, dextrin and magnesium and titanium metal oxides.

**Methods.** The fire-resistant effectiveness of the coatings was determined according to the methodology according to GOST 16363-98 "Fire-resistant means for wood. Methods of determining flame retardant properties".

**Results.** The article examines compositions of liquid sodium glass (40...50% by weight), basalt fibre (5...10% by weight), dextrin (20...25% by weight), temperature-resistant oxides (MgO, TiO<sub>2</sub>) (20 ...25%). Such properties of coating components as high-temperature resistance, vapour permeability and chemical resistance make it possible to use them as components of fire-resistant coatings.

The group of fire protection efficiency was determined in the work. It was established that all studied compositions provide fire protection for wood. However, the most effective is the composition consisting of liquid glass (40%), MgO (25%), dextrin (25%), and basalt fibre (10%), the average weight loss of the sample is 5.9% of the total weight, which confirms the first group of fire protection efficiency and fire resistance of wood.

The mechanism of action of the studied fire-retardant coatings for wood is explained by a complex of reasons. This is thermal insulation of the surface from the source of ignition; heat absorption due to heat capacity and the flow of endothermic processes in the coating; inhibition of the combustion process due to the destruction of active flame centres and inhibition of the chain chemical reaction of combustion; acceleration of the process of decomposition of hydrocarbons with the formation of non-combustible gaseous products of thermal destruction of water and coke residue, which also has heat-insulating properties; dilution with non-combustible products of wood decomposition or covering of combustible substances in the combustion zone. At the initial stage, heat insulation and heat absorption processes prevail. In the future, the coating is subjected to thermal destruction with the formation of gaseous substances, swollen layers are formed with lower thermal conductivity compared to the initial material.

**Conclusion.** It was experimentally established that compositions based on liquid glass, basalt fibre, dextrin and temperature-resistant metal oxide (MgO,) can be used as fire-resistant coatings with weather-resistant properties for building structures made of wood, providing the I group of fire-resistant efficiency with a sample weight loss of up to 9%. Temperature-resistant metal oxides, dextrin and sodium silicate in the composition of the coating increase fire resistance - under the influence of fire, and sodium silicate increases its weather resistance in natural conditions. Thus, the proposed coatings make it possible to transfer wood from group G4 (high flammability) to group G2 (moderate flammability).

**Keywords:** fire protection, composition, coating, wood, fire protection efficiency, flammability.

### **Постановка проблеми**

Для будівель та споруд із дерев'яних будівельних конструкцій характерна підвищена пожежна небезпека. Ефективність протипожежного захисту таких об'єктів підвищується із застосуванням вогнезахисної деревини. В Україні з грудня 2018 р. чинними є Правила з вогнезахисту, які встановлюють основні вимоги до проведення робіт з вогнезахисту матеріалів, виробів, будівельних конструкцій та перевірки відповідності вогнезахисту; забезпечення експлуатаційної придатності вогнезахисних покриттів та виробів [1]. Вогнезахист деревини та виробів здійснюється

різними способами – вогнезахисним просоченням, фарбами, лаками, обмазками, штукатурками, плівковими покриттями. Ці способи, відповідно до їх експлуатаційних властивостей, мають різні області застосування [2 - 4].

Сучасні методи вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій базуються на використанні покриттів, що спучуються [5]. Розроблення ефективних вогнезахисних покриттів, які за складом є системою органічних і неорганічних компонентів, – актуальне науково-технічне завдання.

**Метою роботи** є розробка і дослідження вогнезахисної ефективності покриттів для

дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію, декстрину та оксидів металів магнію і титану.

**Методи досліджень.** Вогнезахисну ефективність вогнезахисних покриттів визначали згідно з методикою, наведеною в ГОСТ 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей» [6].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Аналітичний огляд літературних джерел показує [5, 7-15], що найбільш ефективними засобами вогнезахисту деревини є покриття, які спучуються. Такі вогнезахисні композиції є складними багатокомпонентними системами, оскільки до їх складу входять три основні компоненти: каталізатор коксоутворення, коксоутворюючий і спінуючий агенти, а також додаткові – наповнювачі та спеціальні функціональні добавки.

У роботі [7] досліджено процеси спучування найпоширеніших в Україні вогнезахисних покриттів в умовах різноманітних температурних режимів.

Дослідники стверджують [8], що покращення якості захисту будівельних конструкцій від високих температур досягається модифікуванням їх поверхонь вогнезахисними покриттями з покращеними захисними властивостями.

Автори [9] дослідили ефективність вогнезахисних покриттів. Механізм дії полягає в істотному зниженні теплопровідності в результаті перетворення їх при інтенсивному тепловому впливі. Новоутворені шари значно переміщують в часі як момент загоряння горючих конструкцій з дерева, так і нагрівання конструкцій до високих температур впродовж заданого часу.

У роботі [10] основою покриття є рідке скло, що зумовлене його доступністю і в'язкими властивостями та здатністю тверднути з утворенням штучного силікатного каменю. Дослідники додають до рідкого скла перліт, графіт і епоксидну смолу, в результаті отримують новий вогнезахисний склад.

Апробованим напрямком є дослідження впливу оксидів металів на вогнезахисну ефективність інтумесцентних композицій. У роботах [11, 12] встановлено, що інтенсивність спучування для систем з домішками оксидів знижується в ряду:  $TiO_2 > Fe_2O_3 > ZnO > CuO > Al_2O_3 > MgO > CaO$ . Основні процеси, які, як стверджують автори, є відповідальними за вогнезахисні властивості покриття, стверджують автори, починаються при досягненні температури  $300^\circ C$  і перебігають здебільшого в інтервалі  $350...550^\circ C$

незалежно від природи додаткової антипіренової домішки.

**Основні результати.** Для дослідження вогнезахисної ефективності використовували взірці – прямокутні соснові бруски розмірами –  $150 \times 60 \times 30$  мм за методикою, яка описана в ГОСТ 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей» [6].

В якості основного компонента в досліджуваних вогнезахисних покриттях використовували силікат натрію із силікатним модулем  $1,6 \div 3,5$ , густиною  $1,36 \div 1,60$  г/см<sup>3</sup>, масовою часткою двоокису кремнію –  $24,8 \div 36,7\%$ , масовою часткою оксиду натрію –  $8,0 \div 13,3\%$ . Силікат натрію характеризується високими в'язкими та адгезійними властивостями.

У склад вогнезахисних композицій вводили декстрин, що відповідає стандарту [13]. Декстрин  $(C_6H_{10}O_5)_n$  – полісахарид, який отримують при термічній обробці картопляного, кукурудзяного чи іншого крохмалю. В промисловості декстрини застосовують для виготовлення клейових матеріалів, у ливарному виробництві, у паперовій, поліграфічній, порцеляно-фаянсо-керамічній, текстильній, аніліно-фарбовій та інших галузях промисловості.

До складу вогнезахисних композицій додавали базальтове волокно із діаметром  $60...80$  мкм. Сировиною для виробництва базальтових волокон є базальтові гірські породи (базальт, базаніти, амфіболіти, габродіази або їх суміші) [14]. Використання їх в складі вогнезахисних покриттів зумовлене такими властивостями, як пористість, температуростійкість, паропроникність і хімічна стійкість.

До складу вогнезахисних композицій додавали температуростійкі оксиди металів –  $MgO$ ,  $TiO_2$ . Ефективність  $TiO_2$  досліджена у роботі [15] з допомогою комплексного термічного аналізу. Авторами встановлено, що  $TiO_2$  функціонує в інтумесцентній системі як каталітично активний агент, який дає розвинену поверхню для зниження енергії активації морфологічної перебудови пентаеритру з наступним перетворенням в альдегіди, які в свою чергу реагують з меламіном, утворюючи каркасну полімерно-олігомерну смолу, яка спінується і твердіє в результаті розкладу ПФА.

Дослідження проводилися на взірцях, оброблених розробленими вогнезахисними покриттями, склади яких наведені у таблиці 1.

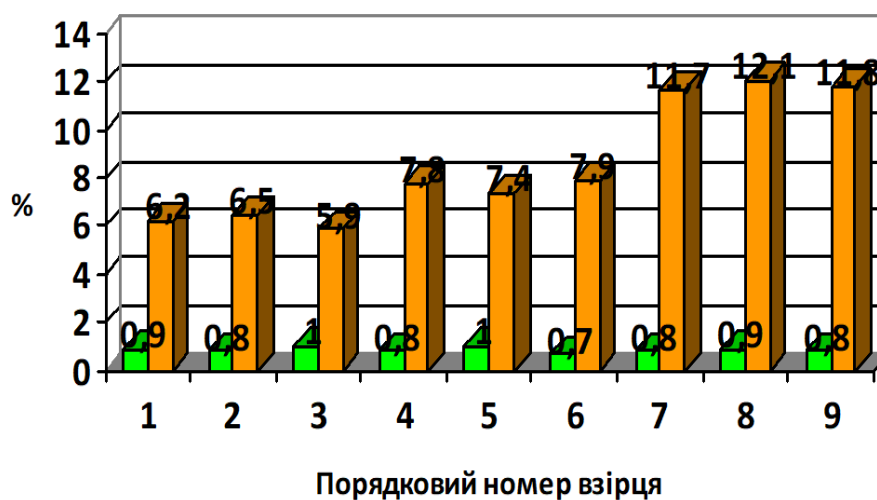
## Склади розроблених вогнезахисних покриттів

№ з/п	№ взірця за складом композиції	Порядковий № взірця відповідно до рисунків 1 та 2	Силікат натрію, мас. % за сухим залишком	Наповнювачі, мас. %				Товщина вогнезахисного покриття, мм
				MgO	TiO <sub>2</sub>	декстрин	базальтове волокно	
1	1.1	1	45	25	-	25	5	0,9
	1.2	2	45	25	-	25	5	0,8
	1.3	3	45	25	-	25	5	1,0
2	2.1	4	50	20	-	20	10	0,8
	2.2	5	50	20	-	20	10	1,0
	2.3	6	50	20	-	20	10	0,7
3	3.1	7	40	25	-	25	10	0,8
	3.2	8	40	25	-	25	10	0,9
	3.3	9	40	25	-	25	10	0,8
4	4.1	10	45	-	25	25	5	1,1
	4.2	11	45	-	25	25	5	0,7
	4.3	12	45	-	25	25	5	0,9
5	5.1	13	50	-	20	20	10	1,1
	5.2	14	50	-	20	20	10	0,8
	5.3	15	50	-	20	20	10	0,9
6	6.1	16	40	-	25	25	10	1,0
	6.2	17	40	-	25	25	10	0,9
	6.3	18	40	-	25	25	10	0,7

Приготування складів вогнезахисних покриттів та їх випробування проводили згідно з стандартною методикою [5, 6].

За результатами проведених вогневих випробувань та аналізом даних стосовно

застосованих вогнезахисних покриттів спостерігається і залежність втрати маси взірців, що піддавались випробуванням, від товщини нанесеного захисного шару (рис.1).

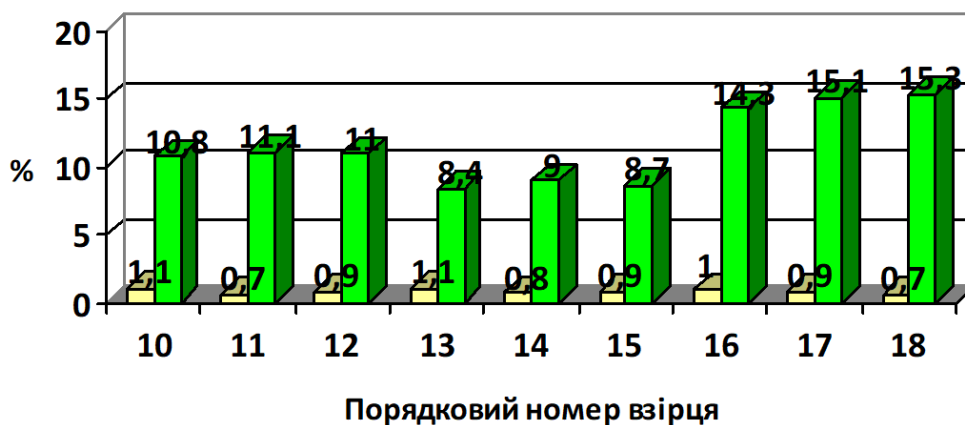


■ Товщина захисного шару, мм ■ Відсоткове значення втрати маси взірця, %

Рисунок 1 – Залежність втрати маси взірця від товщини захисного шару покриття з використанням оксиду магнію під час проведення вогневих випробувань

Як бачимо, для взірців, покритих вогнезахисними покриттями із додаванням оксиду магнію товщиною від 0,7 мм до 1 мм, втрати маси становлять від 5,9 % до 12,1 %.

А для зразків вкритих покриттям із додаванням оксиду титану товщиною від 0,7 мм до 1,1 мм, втрати маси становлять від 8,4 % до 15,3% (рис.2).



■ Товщина захисного шару, мм ■ Відсоткове значення втрати маси зрізця, %

**Рисунок 2** – Залежність втрати маси зрізця від товщини захисного шару покриття з використанням оксиду титану під час проведення вогневих випробувань

Результати випробувань на атмосферостійкість проводили за стандартною методикою [5], результати випробувань наведено в таблиці № 2; витрату сухої вогнезахисної речовини показано на рис.3.

Витрата сухої вогнезахисної речовини визначалася за формулою:

$$R_1 = \frac{m_1 - m_2}{F},$$

де:  $m_1$  – маса зрізця перед спалюванням, г  
 $m_2$  – маса зрізця до нанесення покриття, г;  
 $F$  – площа поверхні зрізця, м<sup>2</sup>.

**Таблиця 2**

Результати випробувань атмосферостійкості та витрати сухої вогнезахисної речовини

№ зрізця	Маса зрізця, г				Витрата сухої вогнезахисної речовини, г/м <sup>2</sup>
	до нанесення вогнезахисної речовини	після нанесення вогнезахисної речовини	після випробувань атмосферостійкості	збільшення маси зразка після випробувань на атмосферостійкість, г / %	
1	152,51	162,46	162,63	0,17/0,10	325,16
2	154,97	164,64	164,86	0,22/0,13	316,01
3	151,51	163,12	163,31	0,19/0,11	379,41
4	143,61	156,83	157,07	0,24/0,15	432,03
5	154,82	166,18	166,34	0,16/0,09	371,24
6	159,37	172,44	172,65	0,21/0,12	427,12
7	173,17	192,78	193,05	0,27/0,07	640,84
8	170,93	195,14	195,35	0,21/0,11	791,17
9	158,43	178,21	178,40	0,19/0,10	646,41
10	155,57	174,90	175,13	0,23/0,13	631,69
11	168,63	187,42	187,64	0,22/0,12	614,05
12	171,54	190,11	190,29	0,18/0,09	606,86
13	153,68	173,81	174,06	0,25/0,14	657,84
14	166,21	183,74	183,94	0,20/0,11	572,87
15	159,97	176,34	176,56	0,18/0,12	534,97
16	161,59	183,92	184,14	0,22/0,12	729,73
17	172,17	196,11	196,30	0,19/0,09	782,35
18	159,26	179,94	180,11	0,17/0,10	675,82

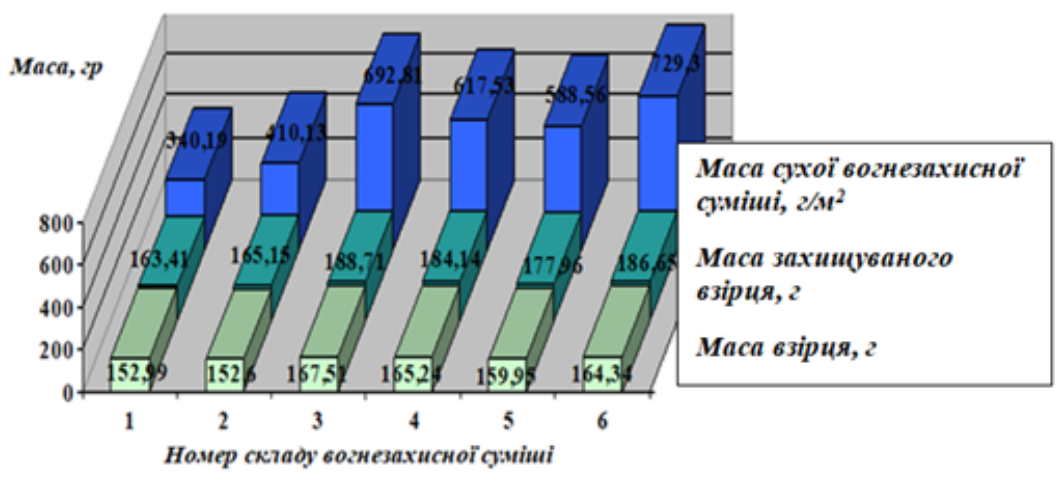


Рисунок 3 – Середньоарифметичні витрати маси сухої речовини кожної запропонованої композиції

Вогнезахисну ефективність покриттів визначали в установці, яка описана у [6]. Витрату газу регулювали так, щоб температура впродовж 5 хв дорівнювала  $(200 \pm 5)$  °С.

За температури  $(200 \pm 5)$  °С зонт відводили і взірець, закріплений в тримачі, вносили в керамічний короб, одночасно увімкнувши секундомір. Потім зонт повертали в робоче

положення. Взірець перебував в полум'ї пальника протягом 2 хв. Під час випробувань контролювали витрату газу. Через 2 хв подачу газу припиняли і взірець охолоджувався до кімнатної температури. Охолоджений взірець зважували. Результати випробувань вогневої ефективності запропонованих композицій показано на рисунках №4 та наведено в таблиці №3



а)



б)

Рисунок 4 – Взірець із деревини, покритий вогнезахисною композицією №3, до початку випробування (а), після випробування (б)

Втрату маси, %, обчислювали з точністю до 0,1% за формулою

$$P = \frac{(m_1 - m_2)}{m_1} \cdot 100,$$

де:  $m_1$  – маса взірця до випробування, г;  
 $m_2$  – маса взірця після випробування, г.

На основі втрати маси взірця ми визначали групу вогнезахисної ефективності, що необхідна згідно з [17,17]. За втрати маси взірця не більше 9% для засобу вогнезахисту встановлюють I групу вогнезахисної ефективності. Якщо втрата маси перевищує 9%, але не більша за 25% – встановлюють II групу вогнезахисної ефективності [17]. За втрати маси більше 25%

вважають, що даний засіб не забезпечує вогнезахист деревини.

Як показано (рис.4), всі досліджувані композиції забезпечують вогнезахист деревини. Однак, найбільш ефективним є композиція №3, яка складається із рідкого скла (40%), MgO (25%), декстрину (25%), базальтового волокна (10%), середнє значення втрати маси зразка якого становить 4,54% від загальної маси, що підтверджує важкозаймистість деревини та першу групу вогнезахисної ефективності, згідно з ГОСТ 16363-98.

Механізм дії досліджуваних вогнезахисних покриттів для деревини пояснюється комплексом причин. Це теплоізоляція поверхні від джерела запалювання;

теплопоглинання завдяки теплоємності та протіканню ендотермічних процесів в покритті; інгібування процесу горіння завдяки руйнуванню активних центрів полум'я і гальмуванню ланцюгової хімічної реакції горіння; прискорення процесу розкладу вуглеводнів з утворенням негорючих газових продуктів; термодеструкція води і коксового залишку, який також має теплоізоляційні властивості; розбавлення

негорючими продуктами розкладу деревини чи покриття горючих речовин в зоні горіння. На початковому етапі переважають процеси теплоізоляції і теплопоглинання. Далі відбувається термодеструкція покриття з утворенням газоподібних речовин, утворюються спучені шари з меншою теплопровідністю у порівнянні з початковим матеріалом.

**Таблиця 3**

Результати випробувань вогнезахисної ефективності розроблених покриттів на основі силікату натрію

№ покриття	температура в камері до введення взірця, °С	тривалість дії полум'я, с	маса взірця, г			Втрата маси взірця після випробувань, г / %
			до оброблення	після оброблення	після випробування	
1	200±5	120	154,97	164,64	154,43	10,21/6,2
2	200±5	120	152,51	162,46	151,90	10,56/6,5
3	200±5	120	151,51	163,12	153,50	9,62/5,9
4	200±5	120	143,61	156,83	144,60	12,23/7,8
5	200±5	120	154,82	166,18	153,88	12,30/7,4
6	200±5	120	159,37	172,44	158,82	13,62/7,9
7	200±5	120	173,17	192,78	170,22	22,56/11,7
8	200±5	120	170,93	195,14	171,53	23,61/12,1
9	200±5	120	158,43	178,21	157,18	21,03/11,8
10	200±5	120	155,57	174,90	156,01	18,89/10,8
11	200±5	120	168,63	187,42	166,61	20,81/11,1
12	200±5	120	171,54	190,11	169,20	20,91/11,0
13	200±5	120	153,68	173,81	159,21	14,60/8,4
14	200±5	120	166,21	183,74	167,20	16,54/9,0
15	200±5	120	159,97	176,34	161,01	15,33/8,7
16	200±5	120	161,59	183,92	157,62	26,30/14,3
17	200±5	120	172,17	196,11	166,50	29,61/15,1
18	200±5	120	159,26	179,94	152,41	27,53/15,3

### Висновок

У роботі розроблено та досліджено атмосферостійкі властивості покриття на основі силікату натрію та наповнювачів із базальтового волокна, декстрину і оксидів магнію та титану. Експериментально встановлено, що покриття на основі рідкого скла, базальтового волокна, декстрину і температуростійкого оксиду (MgO) можуть використовуватися як вогнезахисні покриття з атмосферостійкими властивостями для будівельних конструкцій із деревини, забезпечуючи I групу вогнезахисної ефективності із втратою маси взірця до 9 %. Досліджено, що найбільш ефективним є покриття на основі силікату натрію (40%), декстрину (25%), оксиду MgO (25%), базальтового волокна (10%). Температуростійкі оксиди металів, декстрин і силікат натрію у складі покриття підвищують вогнестійкість – під час дії вогню, а силікат натрію збільшує його атмосферостійкість в природних умовах. Отже, запропоновані покриття дають можливість перевести деревину з групи Г4 (підвищеної горючості) до групи Г2 (помірної горючості).

### Список літератури:

1. Правила з вогнезахисту : наказ МВС України від 26.12.2018 р. № 1064. // База даних «Законодавство України» / ВР України. :<https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0259-19#Text> (дата звернення: 17.08.2021).
2. Tsapko, Y., Lomaha, V., Bondarenko, O. P., & Sukhanevych, M. (2020). Research of mechanism of fire protection with wood lacquer. In Materials Science Forum (Vol. 1006, pp. 32-40). Trans Tech Publications Ltd.<https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.32>.
3. Mali, P., Sonawane, N. S., Patil, V., Lokhande, G., Mawale, R., & Pawar, N. (2022). Morphology of wood degradation and flame retardants wood coating technology: an overview. International Wood Products Journal, 13(1), 21-40. DOI: <https://doi.org/10.1080/20426445.2021.2011552>.
4. Веселівський Р.Б., Смоляк Д.В. (2021). Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. Пожежна безпека, 39, 63-76. <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08>.

5. Вовк С.Я., Пазен О. Ю., Придатко В. В., Ференц Н.О. (2022). Дослідження вогнезахисних покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію. <https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB>

6. ГОСТ 16363:1998. Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей. [Чинний від 1999-07-01]. Київ, 1999. 12 с. (Інформація та документація).

7. Беліков А.С., Шаломов В.А., Корж С.М., Рагімов С.Ю. Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини. Строительство, материаловедение, машиностроение. Вып. 98-2017 ISSN 2415-7031.С. 41–43.

8. Вовк С. Я. Вплив органосилікатного покриття на вогнестійкість дерев'яних будівельних конструкцій. Пожежна безпека, Львів. 2016. №28. 2016. С.13–17.

9. Беліков А.С., Шаломов В.А., Корж С.М., Рагімов С.Ю. Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини. Строительство, материаловедение, машиностроение. Вып. 98-2017 ISSN 2415-7031.С. 41–43.

10. Корж С.М., Шаранова Ю.Г., Карасьов О.Г. Вибір матеріалів для розробки захисних покриттів від впливу високих температур. Строительство, материаловедение, машиностроение. Вып. 105-2018 ISSN 2415-7031.С. 50–54.

11. Таран Н. А. Влияние оксидов и гидроксидов металлов и их наноразмерных аналогов на огнезащитную эффективность интумесцентной полимерной композиции. Наукові праці Донецького національного технічного університету. Серія Хімія і технологія. 2013. № 2(21). С. 102–108.

12. Таран Н. А., Вахітова Л. М., Приходько С. П., Бессарабов В. І., Прудченко А. П., Попов А. Ф. Регулювання хімічної структури компонентів вогнезахисних композицій. Вісті Донецького гірничого інституту. 2017. № 1. С. 234–242.

13. ДСТУ 4643:2006 Декстрини. Технічні умови. [Чинний від 2006-07-01]. Київ, 2006. 12 с. (Інформація та документація).

14. Сергеев В.П. Базальтовые волокнистые материалы та композити на їх основі – матеріали ХХІ століття Наука та інновації. 2005. Т 1. № 6. С. 91–101.

15. Устинов А. А., Зыбина О. А., Бабкин О. Э. Исследование влияния диоксида титана различных марок на характер термолитиза интумесцентных огнезащитных покрытий. Лакокрасочные материалы и их применение. 2018. № 5. С. 32–35.

16. ДБН В.1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги. [Чинний

від 2017-06-01]. Вид. офіц. Київ, Мінрегіон України. 2013. 41 с. (Інформація та документація).

17. Правила пожежної безпеки України: НАПБ А. 01.001-2014. [Чинний від 2014-01-01]. Київ: Офіційний вісник України, 2016. 91 с.

#### References:

1. Pravyla z vohnezakhystu [Fire protection rules] (2017). Ofitsiyni vebsait Verkhovnoi Rady Ukrainy. Retrieved from: <https://zakon.rada.gov.ua/laws/show/z0259-19#Text> [in Ukrainian].

2. Tsapko, Y., Lomaha, V., Bondarenko, O. P., & Sukhanevych, M. (2020). Research of mechanism of fire protection with wood lacquer. In Materials Science Forum (Vol. 1006, pp.32-40). Trans Tech Publications Ltd. <https://doi.org/10.4028/www.scientific.net/MSF.1006.32>

3. Mali, P., Sonawane, N. S., Patil, V., Lokhande, G., Mawale, R., & Pawar, N. (2022). Morphology of wood degradation and flame retardants wood coating technology: an overview. International Wood Products Journal, 13(1), 21-40. <https://doi.org/10.1080/20426445.2021.2011552>.

4. Veselivskyy, R., & Smolyak, D. (2021). Methods of fire protection of metal building structures, 39, 63-76. <https://doi.org/https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08>.

5. Vovk S.YA., Pazen O. YU., Prydatko V. V., Ferents N.O. (2022). Doslidzhennya vohnezakhysnykh pokryttiv dlya derev'yanykh konstruksiy na osnovi sylikatu natriyu.

6. HOST 16363:1998. Zasoby vohnezakhysni dlya derevyny. Metody vyznachennya vohnezakhysnykh vlastyvostey. [Chynnyy vid 1999-07-01]. Kyiv, 1999. 12 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

7. Byelikov A.S., Shalomov V.A., Korzh YE.M., Rahimov S.YU. Pidvyshchennya vohnestiykosti derev'yanykh budivel'nykh konstruksiy za rakhunok znyzhennya horyuchosti derevyny. Budivnytstvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Vyp. 98-2017 ISSN 2415-7031.S. 41–43.

8. Vovk S. YA. Vplyv orhanosylkatnoho pokryttya na vohnestiykist' derev'yanykh budivel'nykh konstruksiy. Zbirnyk naukovykh prats' LDU BZHD. Pozhezhna bezpeka. №28. 2016. S.13–17.

9. Byelikov A.S., Shalomov V.A., Korzh YE.M., Rahimov S.YU. Pidvyshchennya vohnestiykosti derev'yanykh budivel'nykh konstruksiy za rakhunok znyzhennya horyuchosti derevyny. Budivnytstvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Vyp. 98-2017 ISSN 2415-7031.S. 41–43.

10. Korzh YE.M., Sharanova YU.H., Karas'ov O.H. Vybir materialiv dlya rozrobky zakhysnykh pokryttiv vid vplyvu vysokykh temperatur. Budivnytstvo, materyalovedenye, mashynostroenye. Vyp. 105-2018 ISSN 2415-7031.S. 50–54.



11. Taran N. A. Vlyyanye oksydov y hydroksydov metallov y ykh nanorazmernykh analohov na ohnezashchytnuyu éffektyvnost' yntumestsentnoy polymernoy kompozytsyy // Naukovi pratsi Donets'koho natsional'noho tekhnichnoho universytetu. Seriya Khimiya i tekhnolohiya. 2013. № 2(21). S. 102–108.

12. Taran N. A., Vakhitova L. M., Prykhod'ko S. P., Bessarabov V. I., Prudchenko A. P., Popov A. F. Rehulyuvannya khimichnoyi struktury komponentiv vohnezakhysnykh kompozytsiy // Visti Donets'koho hirnychoho instytutu. 2017. № 1. С. 234–242.

13. DSTU 4643:2006 Dekstryny. Tekhnichni umovy. . [Chynnyy vid 2006-07-01]. Kyiv, 2006. 12 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

14. Serhyeyev V.P. Bazal'tovi voloknisti materialy ta kompozyty na yikh osnovi – materialy KHKHI stolittya Nauka ta innovatsiyi.2005.T 1. № 6.S. 91–101.

15. Ustinov A. A., Zybina O. A., Babkin O. E. Issledovaniye vliyaniya dioksida titana razlichnykh marok na kharakter termoliza intumestsentnykh ognезashchitnykh pokrytiy // Lakokrasochnyye materialy i ikh primeneniye. 2018. № 5. S. 32–35.

16. DBN V.1.1-7:2016 Pozhezhna bezpeka ob'yektiv budivnytstva. Zahal'ni vymohy. [Chynnyy vid 2017-06-01]. Vyd. ofits. Kyiv, Minrehion Ukrayiny. 2013. 41 s. (Informatsiya ta dokumentatsiya).

17. Pravyla pozhezhnoyi bezpeky Ukrayiny: NAPB A.V. 01.001-2014. [Chynnyy vid 2014-01-01]. Kyiv: Ofitsiyyny visnyk Ukrayiny, 2016. 91 s.

© С. Я. Вовк, О. Ю. Пазен, В. В. Придатко,  
Н. О. Ференц, 2022.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 18.11.2022.

Прийнято до публікації 12.12.2022.