УДК 666.3.135

М.М. Гивлюд, д-р техн. наук, професор, Ю.В. Гуцуляк, канд. техн. наук, доцент, Д.Л. Дубина
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)

АТМОСФЕРО-ВОГНЕСТІЙКІ ПОКРИТТЯ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ НА ОСНОВІ НАПОВНЕНОГО КАРБОРАНСИЛОКСАНУ

Стаття присвячена розробленню складів захисних покриттів для збільшення атмосферо-, біо- та вогнестійкості деревини та виробів з неї.

Встановлено, що крайові кути змочування покриття за від'ємних температур зменшуються на 3…18 градусів порівняно з кімнатною температурою через часткове руйнування зв'язки, що підтверджується зміною шорсткості поверхні.

Показано зміну системи біообростання покриттів з часом експозиції і втрати маси деревини при нагріванні. За результатами досліджень розроблені склади покриттів, які можна використовувати для атмосферо-, біо- і вогнезахисту деревини і виробів на її основі.

Ключові слова: захисне покриття, атмосферо-, біо- і вогнестійкість, ступінь екранування.

Вступ. Будівельні матеріали та конструкції на основі суцільної та клеєної деревини створюють можливість проектувати надійні великопролітні споруди найрізноманітніших архітектурних форм. Завдяки ефективним способам склеювання та можливості просочування вогнезахисними складами низької теплопровідності та цілісності перерізів досягається висока несуча здатність будівельних конструкцій порівняно із сталевими вже за температури 450-500°С.

Оцінити довговічність окремого виду матеріалу однією загальною властивістю на практиці неможливо. Чим складніша галузь використання матеріалу, тим більше вимог висувається до нього. Особливі вимоги ставляться до властивостей, які повинні мати будівельні дерев'яні конструкційні матеріали, що працюють в умовах комплексної дії агресивних чинників.

Враховуючи структуру та фазовий склад наповненого оксидами і силікатами карборансилоксану в умовах нагрівання їх можна використовувати для захисту дерев'яних конструкцій від дії вологи, біологічних чинників, високих температур та вогню. Ефективність захисної дії розроблених складів зазначених матеріалів для покриттів можна оцінити шляхом визначення атмосферостійкості, біо- та вогнестійкості, суцільності тощо.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Модифікування поверхні деревини є одним з напрямів підвищення її довговічності та пожежної безпеки. На даний час розроблено значну кількість вогнезахисних просочувальних препаратів на основі багатокомпонентних систем [1, 2]. Але при цьому автори не в повній мірі враховують показники токсичності, вогнезахисної здатності, технологічності та експлуатаційних властивостей самого покриття.

У країнах ЄС, США, Канаді, Австралії, Росії, Білорусі дерев'яні конструкції широко використовуються у цивільному та промисловому будівництві і проводяться наукові дослідження для створення нормативної бази із врахуванням пожежних навантажень [3, 4]. В межах України з цієї проблеми кількість наукових досліджень є незначною.

Відомо, що процес руйнування дерев'яних в атмосфері матеріалів залежить від тривалості дії підвищеної температури, породи деревини, вологості тощо. За температур нагрівання від 100 - 150°С виділяються залишки води, газоподібні продукти розкладання деревини і вона жовтіє. Нагрівання до температури близько 300°С призводить до утворення пароподібних смол, які горять тільки завдяки зовнішньому джерелу тепла. Вище 300°С деревина розкладається із утворенням горючих газів, які починають горіти вже без зовнішнього джерела тепла. Самозаймання газів, що утворилися внаслідок піролізу деревини відбувається за температури 350 – 400°С [5]. Отже, захист деревини від займання відіграє важливу роль у розв'язанні проблеми підвищення експлуатаційної надійності споруд.

До недавнього часу поширеним були два шляхи захисту дерев'яних матеріалів від дії вогню. Першим і найбільш простим засобом вогнезахисту деревини є просочення водними та неводними розчинами антипіренів (солі амонію фосфатної, сульфатної, боратної кислот, бури тощо), яке поділяється на поверхневе та глибоке [6] і залежить від вологопровідності дереви-

ни: чим більша вологопровідність, тим краще відбувається просочування антипіренами. Після видалення розчинника з поверхні, на глибині 2-5 мм у структурі деревини залишаються антипірени. Деревина, яка містить у своїй структурі антипірени, називається вогнезахищеною.

Проведення відповідної теплової обробки, а саме пропарювання, суттєво збільшує вологопровідність деревини, а отже і сприяє її кращому просочуванню вогнезахисними покриттями.

Другий засіб захисту деревини від горіння полягає у нанесенні на поверхню деревини вогнезахисного покриття, яке на певний час перешкоджає доступу теплоти до деревини. Ефективність покриття визначається його фізико-хімічними властивостями і адгезією з поверхнею деревини. Залежно від ефективності та товщини покриття, вогнезахищена деревина може класифікуватися як важкозаймиста (Г3) або важкогорюча (Г2). Більш ефективними вогнезахисними покриттями є спучені, що утворюють бар'єр для теплопровідності. Відомі у застосуванні такі марки покриттів: ВПМ-2, ВПМ-3, ВПД, «Сіофарб», «Ендотерм-ЖК» тощо [7, 8].

Проте, обидва способи вогнезахисту мають як переваги, так і певні недоліки.

Недоліком першого способу є те, що сольові антипірени під дією атмосферної вологи і температури впродовж певного проміжку часу висолюються, на поверхні деревини утворюється шар кристалічних солей, який з часом осипається. Деревина при цьому втрачає вогнезахисні властивості, а тому потребує додаткової обробки. Відповідно до будівельних нормативів необхідно проводити щорічне просочування. Окрім цього, багато просочувальних засобів містять антисептичні речовини для біозахисту деревини (зокрема натрій флуориди і гідрогенбіфдуриди, солі важких металів – купруму, кобальту, хрому тощо). Шкідливі високотоксичні речовини (I і II класів небезпеки за ГОСТ 12.1.007) висолюються разом із антипіренами і забруднюють довкілля.

Термін експлуатації атмосферо- та вогнезахищених виробів з деревини за другим способом оброблення є більш тривалим. Проте впродовж певного проміжку часу покриття втрачають адгезійну здатність до деревини і починають осипатися. Відновлювання покриттів є вкрай складним. Ці недоліки більше притаманні вогнезахисному покриттю «Сіофарб», основним компонентом якого є натрій силікат (рідке скло).

Метою досліджень є розроблення складів захисних покриттів на основі наповнених карборансилоксанів для збільшення атмосферо-, біо- та вогнестійкості деревини та виробів з неї.

Експериментальна частина. Для досліджень бралися дерев'яні матеріали, які найбільш широко використовуються у будівництві та потребують атмосферо-, біо- та вогнезахисту, а саме – сосна та дуб. Властивості оброблених матеріалів визначали за допомогою сучасних методів фізико-хімічного аналізу. Вибір складників вихідних композицій для захисних покриттів здійснювали із врахуванням одержання найбільш високих показників атмосферо-, біо- та вогнестійкості. Як вихідні матеріали брали карборансилоксановий лак (К-2104), алюміній та цинку оксиди, каолін та базальтове волокно (табл. 1).

Таблиця 1

Складники вихідних композицій для захисних покриттів на основі наповненого карборансилоксану (К-2104)

№ складу покриття	Вміст К-2104, мас. %	Вміст наповнювачів, мас. %			
		Al_2O_3	ZnO	каолін	базальтове волокно
1	25	35,0	20	15,0	5
2	30	38,5	15	12,5	4
3	35	42,0	10	10,0	3

Дослідженнями динаміки змін показників захисної здатності покриттів під дією атмосферних чинників встановлено погіршення їх властивостей внаслідок високої адсорбційної здатності каоліну.

В умовах довготривалої дії від'ємних температур (експозиція 240 год; T = – 30°С) експлуатаційні властивості наповнених покриттів суттєво змінюються (табл. 2).

Таблиця 2

Фізичні властивості захисних покриттів

№ складу покриття	Крайовий кут змочування, градуси				Водопоглинання після 48 год експозиції, %	
	сосна		дуб		сосна	дуб
	20°С	- 30°С	20°С	- 30°С		
1	97	91	94	91	0,47	0,31
2	101	95	95	94	0,32	0,20
3	109	95	96	93	0,27	0,12

Крайові кути змочування за вказаної температури становлять 91…95 градуси, що на 3…18 градусів менше ніж за кімнатної температури. Максимальне значення гідрофобності спостерігається під час захисту покриттям складу № 3. Отже, стійкість захисних покриттів до дії від'ємних температур залежить в основному від вмісту карборансилоксану та каоліну.

Залежність показника відносного ступеня екранування (X^1) від тривалості експозиції для покриттів складу № 1, 2, 3 із найбільш стабільними властивостями за дії від'ємних температур, має чітко визначений екстремальний характер (рис. 1). Після перших 48 год експозиції показник X^1 досягає мінімуму, а до 96 год починається його значне зростання з наступним поступовим зниженням. Значення відносного ступеня екранування стабілізується після 150 год експозиції, а після 240 годин його значення становить 0,48…0,52.

Таким чином, дія від'ємних температур мало впливає на гідрофобність захисного покриття. Значення крайових кутів змочування зменшуються не більше ніж на 3…11 градусів і для більшості покриттів перевищують 90 градусів, що пояснюється дією мінерального наповнювача, який значною мірою знижує дифузію води. Поряд з руйнуючою дією води за від'ємних температур можлива деструкція самого матеріалу.

Рис. 1. *Залежність відносного ступеня екранування від тривалості експозиції для покриттів складу:*

1 – № 1; 2 – № 2; 3 – № 3 на сосні за від'ємної температури (– 30°С).

Дослідним шляхом встановлено, що циклічна дія знакозмінних температур значно глибше впливає на гідрофобність. Експозиція тривалістю 24 цикли зменшує показник крайового кута змочування на 8…14 градусів, а відносний ступінь екранування - на 0,06…0,09.

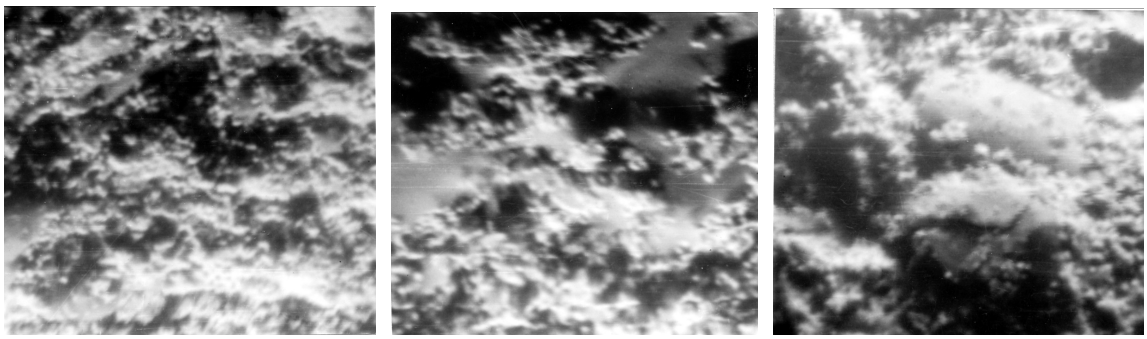
Факт перебігу корозійних процесів у поверхневих шарах покриття підтверджується зміною їх шорсткості. Після випробувань в умовах сухого (вологість до 60%) та вологого (вологість 90%) середовища впродовж 1 року максимальне збільшення шорсткості R_a та R_z виявлено для складу № 1 (на 33,2%) і мінімальне – для складу № 3 (на 21,1%), максимальний і мінімальний показники шорсткості становили відповідно 0,412 і 0,391 мкм (у сухих умовах). У вологих умовах максимальне збільшення шорсткості встановлене для складу № 2, мінімальне – для складу № 1 (табл. 3).

Таблиця 3

Зміна показника шорсткості поверхні покриттів під час випробувань

№ складу покриття	Показник R_a (чисельник – до випробування) та R_z (знаменник – після випробування), мкм	
	у сухому середовищі	у вологому середовищі
1	0,311/0,412	0,387/0,782
2	0,323/0,387	0,362/0,987
3	0,322/0,391	0,386/0,992

Збільшення показника шорсткості підтверджується зміною мікроструктури поверхні захисних покриттів (рис. 2).



а **б** **в**

Рис. 2. *Зміна мікроструктури поверхні покриття (склад № 2) після випробувань: а – вихідний; у сухому (б) та вологому (в) середовищі (? 1000)*

Експериментально встановлено (табл. 4), що розроблені склади захисних покриттів стійкі до дії мікроорганізмів та вогню.

Таблиця 4

Динаміка біообростання поверхні та вогневі втрати зразків деревини

№ складу покриття	Ступінь біообростання поверхні (%), за час (діб)			Втрата маси зразка деревини, (%), за температури	
	30	60	90	473 К	773 К
1	0	3,1	4,8	1,7	36,3
2	0	2,1	3,9	1,9	25,4
3	0	2,7	4,2	1,6	22,1

За результатами табл. 4, мінімальне значення ступеня біообростання характерне для покриття складу № 2, а втрати маси – для покриття складу № 3.

Висновки. Результати проведених досліджень свідчать про високу гідрофобність та можливість використання розроблених складів на основі наповнених оксидними та силікатними компонентами карборансилоксанів у якості атмосферо-, біо- та вогнестійких захисних покриттів для дерев'яних матеріалів і конструкцій.

Список літератури:

1. Бартелеми Б. Огнестойкость строительных конструкций / Б. Бартелеми, Ж. Крюппа. – М.: Стройиздат. 1985. – 187 с.

2. Борисов П. Направления совершенствования огнезащитной пропитки древесины / П. Борисов, В. Жартовский, И. Харченко // Бюлетень пожежної безпеки. Науково-технічні проблеми та рішення. – К.: Пожінформтехніка, 2000. – Вип. 3. – С. 21-23.

3. Жартовский В.М. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями / В.М. Жартовский, В.С. Бут, Ю.В. Цапко, О.Г. Барило // Ко-

мунальное хозяйство городов: Научн.-техн. Сб. Вып. 55 (Технические науки и архитектура). – К.: техніка, 2004. – С. 219-229.

4. Баратов А.Н. Пожарная опасность строительных материалов / А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 237 с.

5. Бут В.С. Особливості дослідження тривалості вогнезахисту деревини просочувальними засобами / В.С. Бут, В.М. Жартовский, М.В. Білошицький, Ю.В. Цапко, О.Г. Барило // Наук. вісник УкрНДІПБ Вип. 1 (9). – К.: УкрНДІПБ, 2004. – С. 21-25

6. ГОСТ 30219-95. Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение.

7. Жартовский В.М. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. / В.М. Жартовский, Ю.В. Цапко / Київ: УкрНДІПБ МНС України, 2006. – 256 с.

8. Тычино Н.А. Синергический эффект огнезащиты древесины при взаимодействии синтезированного амидина и углеводов / Н.А. Тычино, А.Т. Яцукович // Инф. сб. Научное обеспечение пожарной безопасности, Минск, 1996 г.

Н.Н. Гывлюд, Ю.В. Гуцуляк, Д.Л. Дубына

АТМОСФЕРО-ОГНЕСТОЙКИЕ ПОКРЫТИЯ ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ НА ОСНОВЕ НАПОЛНЕННОГО КАРБОРАНСИЛОКСАНА

Целью исследований явилась разработка составов защитных покрытий для увеличения атмосферо-, био- и огнеустойчивости древесины и изделий из нее.

Установлено, что краевые углы смачивания покрытий уменьшаются на 3-18 градусов по сравнению с аналогичными данными при комнатной температуре вследствие частичного разрушения связующего, что подтверждается изменением шероховатости поверхности.

Показано изменение системы биообрастания покрытий за время экспозиции и потеря массы древесины при нагревании. Исходя из результатов исследований разработанные составы покрытий можно использовать для атмосферо-, био- и огнезащиты древесины и изделий из нее.

Ключевые слова: защитные покрытия, атмосферо-, био- и огнестойкость, шероховатость, степень экранирования

M.M. Hyvlyud, Yu.V. Hutsulyak, D.V. Dubyna

CARBORANSILOXANE-BASED ATMOSPHERE- AND FIREPROOF COATINGS FOR WOOD

This article is devoted to developing of protective coatings to increase the atmosphere-, bio- and fire protection of wood and wooden products.

It is found that boundary wetting angles coating reduced by 3 ... 18 degrees compared with similar data at room temperature because of partial destruction of communications. It is also confirmed by the change of surface roughness.

The change of coatings biofouling in the exposure and mass loss processes of wood during heating is shown. Based on the results of studies designed coating compositions can be used for weather-, bio- and fire-protection of timber and timber products.

Key words: protective coatings, weather-, bio-and fire-protection, surface roughness, the degree of screening

❖ ❖ ❖