

УДК 666.762.1:698.9.03+614.842

*Гузій С.Г., канд. техн. наук, старш. наук. співроб.,
Кривенко П.В., докт. техн. наук, професор,
Кравченко А.В*., студентка,
Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і
матеріалів ім. В.Д. Глуховського,
Київський національний університет будівництва і
архітектури**

ЗАХИСТ ДЕРЕВИНИ ЛУЖНИМИ АЛЮМОСИЛКАТНИМИ КОМПОЗИЦІЯМИ ВІД ДІЇ АТМОСФЕРНИХ ТА ВОГНЕВИХ ЧИННИКІВ

Відомо, що в атмосферних умовах процес руйнування деревини залежить від тривалості дії підвищеної температури, породи деревини та вологості тощо. За температур нагрівання від 100-150 °С виділяються залишки води, газоподібні продукти розкладання деревини, і вона жовтіє. Нагрівання деревини від відкритого полум'я до температури близько 210 °С призводить до її займистості, а при швидкому (1-2 хв.) нагріві деревини до температури більше 300 °С та відсутності відкритого джерела теплоти (полум'я, іскри) займистість може виникнути за рахунок утворення пароподібних смол, які горять [1]. Самозаймання газів, що утворилися внаслідок піролізу деревини, відбувається за температури 350-400 °С [2].

Зниження температури займистості деревини за рахунок модифікування її поверхні є одним із напрямків підвищення її довговічності та пожежної безпеки. На даний час існують два способи захисту дерев'яних матеріалів від дії вогню.

Першим і найбільш простим способом вогнезахисту деревини є просочення водними та неводними антипіренами (солі амонію фосфатної, сульфатної, боратної кислот, бури тощо), яке поділяється на поверхневе та глибоке [3-6] і залежить від вологопровідності деревини: чим більша вологопровідність, тим краще відбувається просочування антипіренами. Після видалення розчинника з поверхні, на глибині 2-5 мм у структурі деревини залишаються антипірени і вона вважається вогнезахисною.

Другий спосіб 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, вогнезахисна 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" [7, 8] і покриття на основі наповненого карборансилоксанового лаку КО-2104 [2].

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 або вимиваються, 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 – міді, кобальту, хрому тощо). Шкідливі високотоксичні

речовини (І і ІІ класів небезпеки згідно з ГОСТ 12.01.007) висолюються разом із антипіренами і забруднюють довкілля.

Термін експлуатації атмосферо- та вогнезахисних 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 більш притаманні вогнезахисному покриттю “Сіофарб”, основним компонентом якого є рідинне скло. Вогнезахисні покриття “Ендотерм-ЖК” і на основі наповненого карборансилоксанового лаку КО-2104 більш адгезійно спроможні до деревини, але в інтервалі температур 250-350°C здатні до займистості за рахунок термодеструкції органічної складової.

На наш погляд, виходячи з вище зазначеного, найбільш доцільно робити захист деревини від займистості вогнезахисними матеріалами за другим способом, в яких у якості зв'язуючої речовини використовувати екологічно безпечні та довговічні лужні алюмосилікати [9-20] наступної структурної формули $(0.28K_2O+0.72Na_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot xH_2O$ (згідно з ТУ У В.2.7-16403272.001-97 “Зв'язуючі лужні алюмосилікатні”), де x - кількість молекул води: 10, 12.5, 15, 17.5 і 20, модифікованих органічними добавками, які покращують їх реологічні властивості.

Із роботи [21] слідує, що по реологічних показникам найбільш доцільно використовувати зв'язуючі лужні алюмосилікатні виду $(0.28K_2O+0.72Na_2O) \cdot Al_2O_3 \cdot 4SiO_2 \cdot 17.5 \cdot H_2O$, модифіковані органічними добавками: поліоксіетилен, Agocel S 2000, Walocel MT 400 PFV, С 11003. Дані модифікатори, окрім покращення пластичності, розтічності, структурної в'язкості, тиксотропності, та життєздатності, сприяють підвищенню тріщиностійкості.

Метою досліджень є розробка атмосферо- та тріщиностійких захисних композицій на основі лужних алюмосилікатів, призначених для захисту деревини від займистості.

Для досліджень використовували бруски сосни розмірами 100×40×15 мм, яка найбільш широко використовується в будівництві. Мікроструктура бруска сосни представлена на рис. 1.

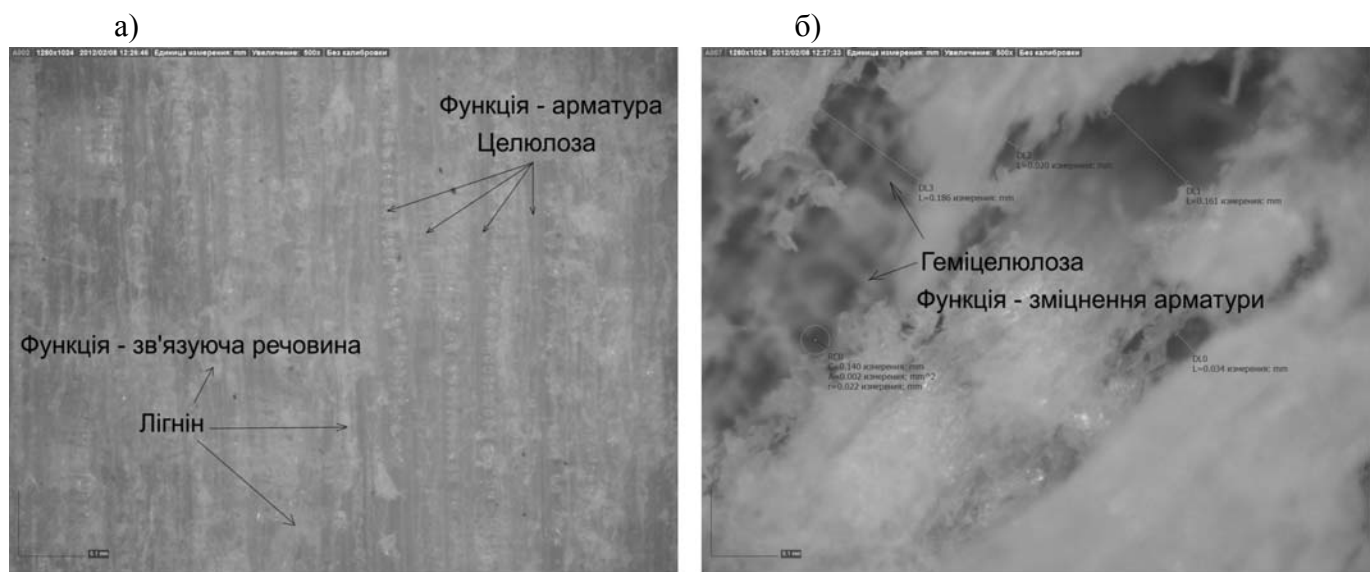


Рисунок 1 - Мікроструктура бруска сосни: а – бічна поверхня; б – торець.
Збільшення ×500

З торцевої поверхні бруска сосни (рис. 1, б) проглядаються пори радіусом $0,022 \div 0,034$ мм. Зразки деревини з однієї сторони покривали лужними алюмосилікатними композиціями товщиною 150-170 мкм. Після тверднення захисної композиції зразки деревини витримували в перемінних температурно-вологіх умовах протягом шести місяців (рис. 2 - рис. 7). Дослідження

на займистість визначали після 28 діб і 180 діб згідно основних вимог ДСТУ Б В.1.1-2-97 – дією полум'я газового пальника протягом 120 сек. Мікроструктуру лужної алюмосилікатної композиції до та після випробувань визначали за допомогою цифрового мікроскопа dino-Lite Pro-AM413T5 виробництва ANMO Electronics Corporation (taiwan) із камерою 1,3 Мп при цифровому збільшенні $\times 500$, а масову швидкість вигорання (показник займистості) вираховували за формулою [22]:

$$v = \frac{\Delta m}{\tau \cdot S}$$

де v – масова швидкість вигорання зразків деревини;
 Δm – втрата маси зразка після випробувань, кг;
 τ – час випробувань, сек;
 S – площа поверхні зразка, м².

Дослідженнями встановлено, що під дією перемінних атмосферних чинників протягом шести місяців, вихідна та модифіковані алюмосилікатні композиції зберігають свою цілісність, тобто наявність тріщин не зафіксовано (рис. 2 - рис. 7, г).

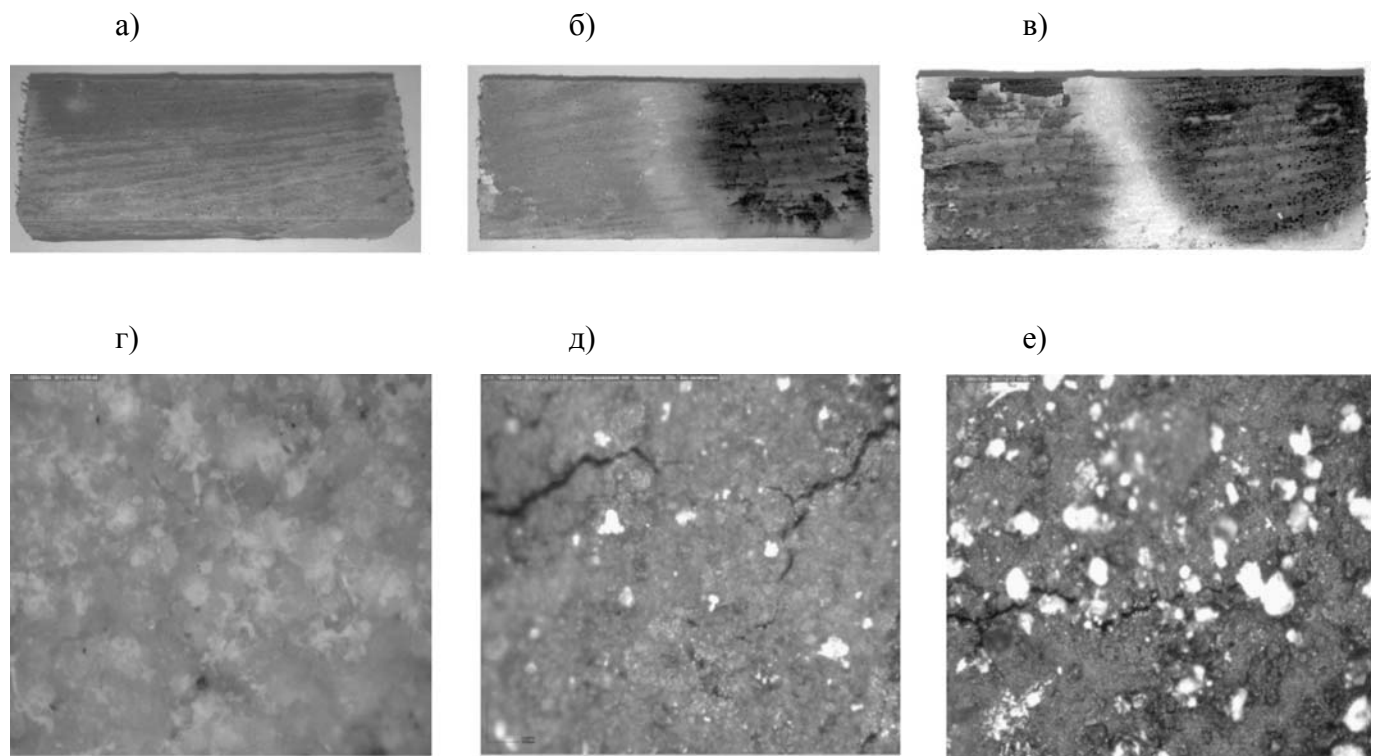


Рисунок 2 - Зовнішній вигляд лужного алюмосилікатного покриття по деревині, після:
а – нанесення; б, г – 28 діб тверднення та випробування на займистість;
в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість;
д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

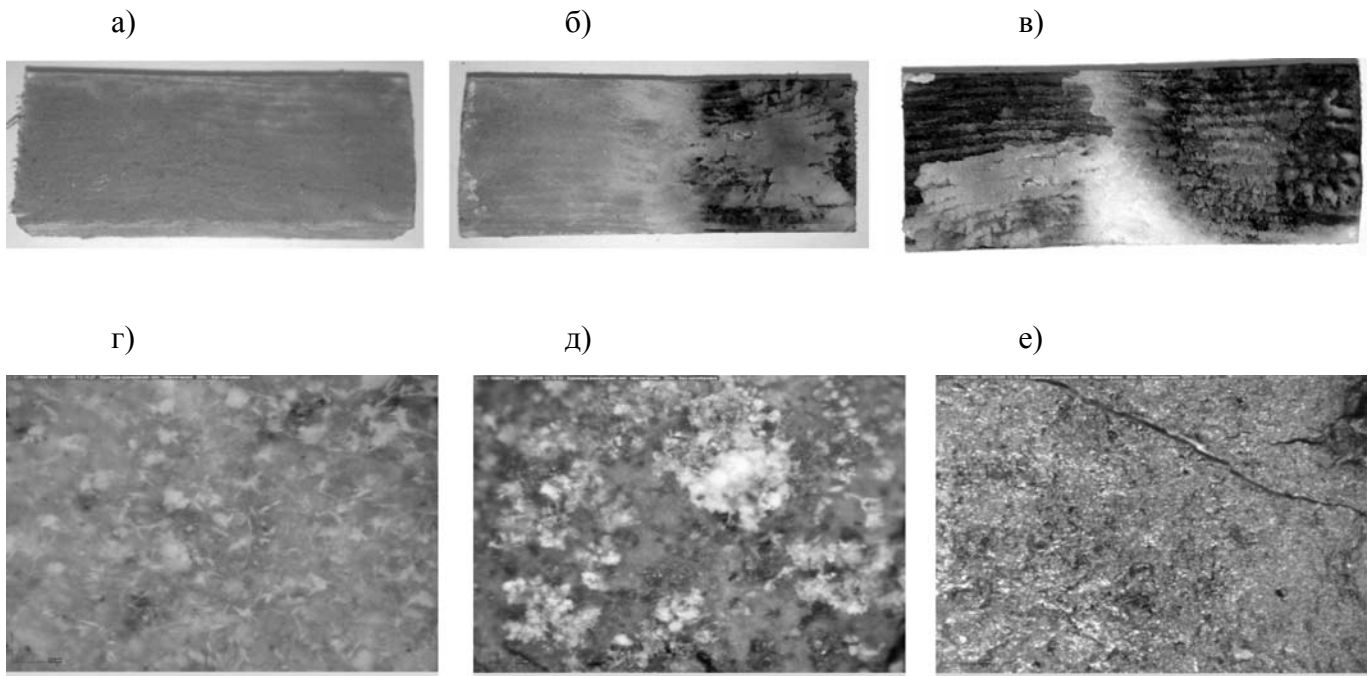


Рисунок 3 - Зовнішній вигляд лужного алюмосилікатного покриття по деревині, модифікованого поліоксіетиленом, після: а – нанесення; б, г – 28 діб тверднення та випробування на займистість; в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість; д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

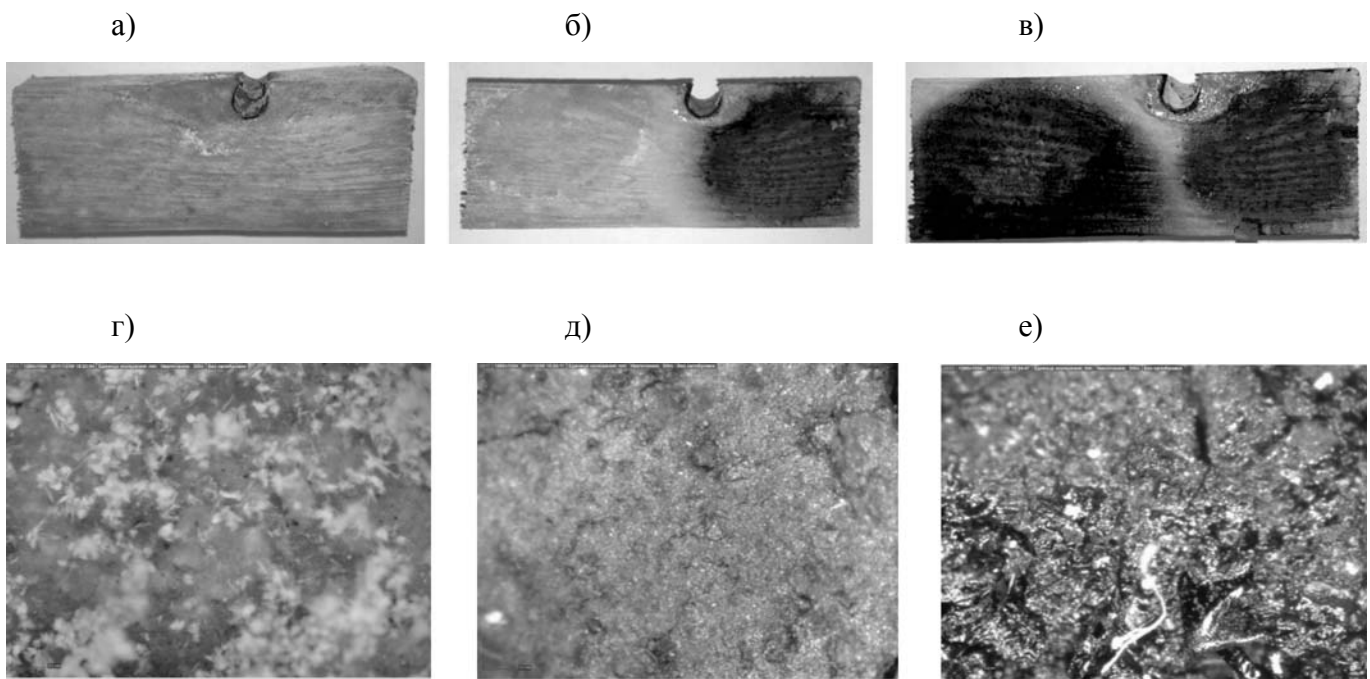


Рисунок 4 - Зовнішній вигляд лужного алюмосилікатного покриття, модифікованого Agosel S2000, після: а – нанесення; б, г – 28 діб тверднення та випробування на займистість; в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість; д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

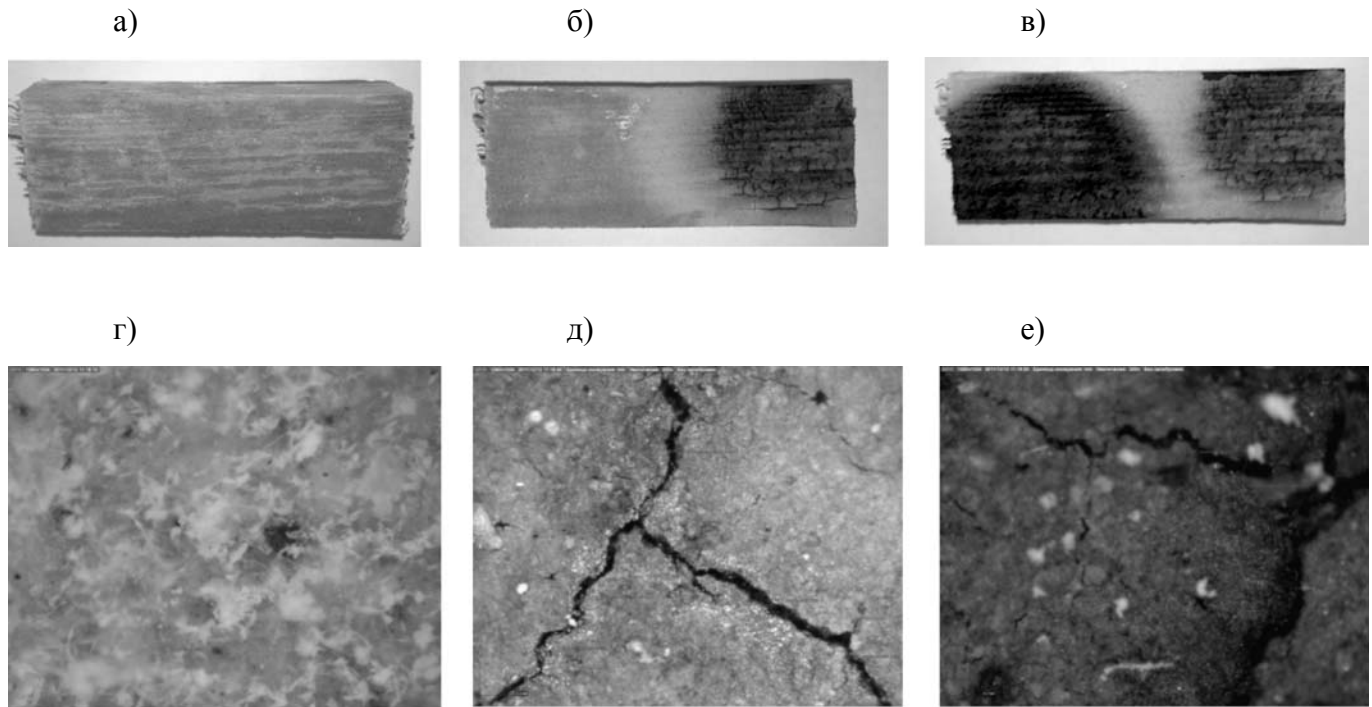
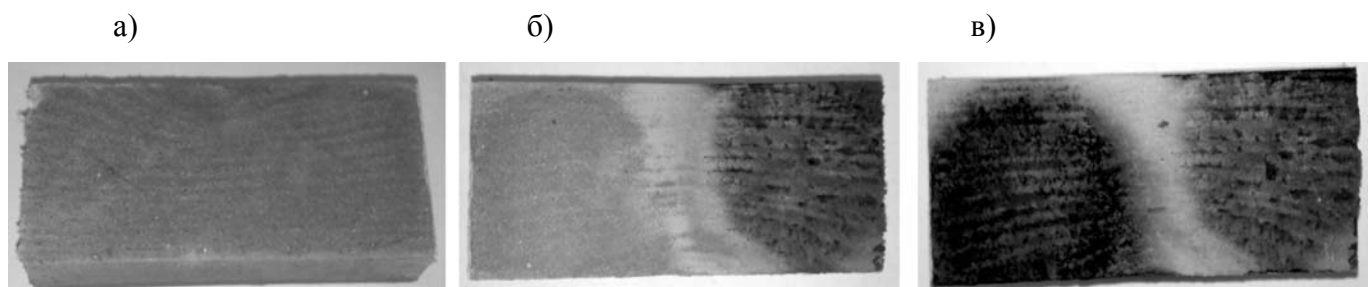


Рисунок 5 - Зовнішній вигляд алюмосилікатного покриття, модифікованого сумішшю поліоксиетилена з Agocel S2000, після: а – нанесення; б – 28 діб тверднення та випробування на займистість; в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість; г – зовнішній вигляд поверхні після 28 діб тверднення; д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

Після 28 діб і 180 діб тверднення випробування на займистість показали (рис. 2 - рис. 7, д, е), що вогнеоброблені лужними алюмосилікатними композиціями зразки деревини не займаються (експозиція полум'я 120 сек, температура полум'я – 1300°C), спучення покриття не фіксується. На поверхні деревини спостерігається склоподібна плівка з безводних алюмосилікатів. У лужних алюмосилікатних композиціях, вихідної та модифікованих сумішшю поліоксиетилена з Agocel S2000 і Walocel MT 400 PFV на склоподібній поверхні спостерігається розкриття тріщин шириною від 0,033 до 0,12 мм (рис. 5, рис. 6, д, е), які досягають дерев'яної основи. У лужних алюмосилікатних композиціях, модифікованих поліоксиетиленом і С11003 на склоподібній поверхні виявлено поверхневі тріщин із шириною розкриття від 0,005 до 0,012 мм (рис. 3, рис. 7, д, е), але без досягання ними дерев'яної основи. Суцільність покриття (без розкриття тріщин) відмічено у лужній алюмосилікатній композиції, модифікованої Agocel S2000 (рис. 4, е).



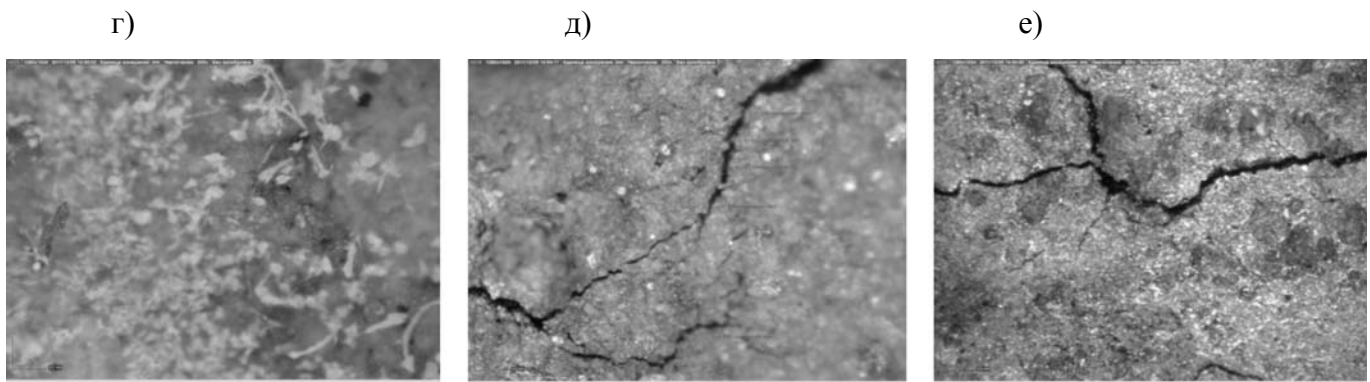


Рисунок 6 - Зовнішній вигляд лужного алюмосилікатного покриття, модифікованого Walocel MT 400 PFV, після: а – нанесення; б, г – 28 діб тверднення та випробування на займистість; в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість; д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

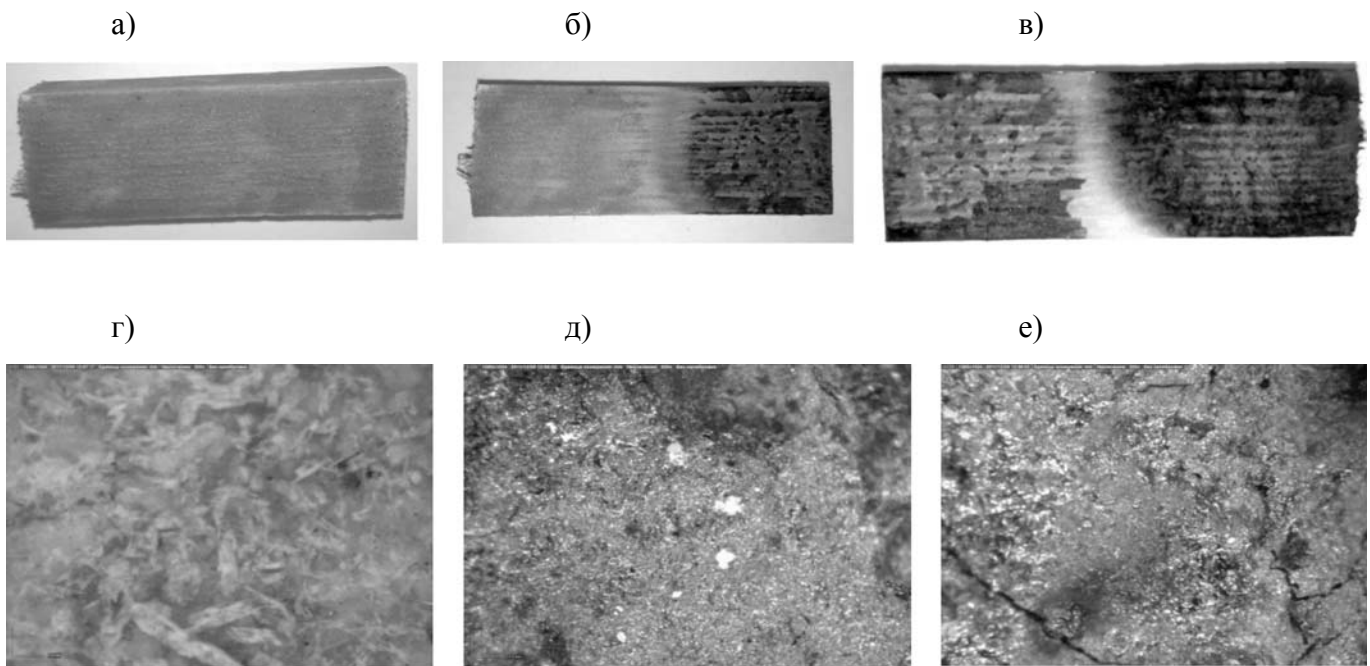


Рисунок 7 - Зовнішній вигляд лужного алюмосилікатного покриття, модифікованого С 11003, після: а – нанесення; б, г – 28 діб тверднення та випробування на займистість; в – після 180 діб тверднення та випробування на займистість; д, е – поверхня зразка після вогневих випробувань

Отримані залежності (рис. 8) добре коригують з даними роботи [22] і показують, що швидкість займистості необроблених зразків деревини, незалежно від часу витримки, найбільша і становить величину $0,0072 \text{ кг/сек}\cdot\text{м}^2$, що в 2,4-3,6 разів вище в порівнянні зі швидкістю займистості зразків деревини, оброблених композицією на основі не модифікованого лужного алюмосилікату.

Модифікація лужних алюмосилікатних композицій добавками полімерів – поліоксіетиленом, Agocel S2000, сумішшю поліоксіетилену з Agocel S2000, Walocel MT 400 PFV і C 11003 призводить до зменшення швидкості займистості оброблених зразків деревини протягом 28 і 180 діб витримки, в середньому, у 2,32-3,65 рази в порівнянні з необробленими. Найменшим показником швидкості займистості на 28 добу витримки зразків у перемінних температурно-вологісних полях – 0,001 кг/сек·м² характеризується лужна алюмосилікатна композиція, яка модифікована сумішшю поліоксіетилену Agocel S2000, а на 180 добу витримки – 0,0025 кг/сек·м² характеризується лужна алюмосилікатна композиція, яка модифікована Walocel MT 400 PFV.

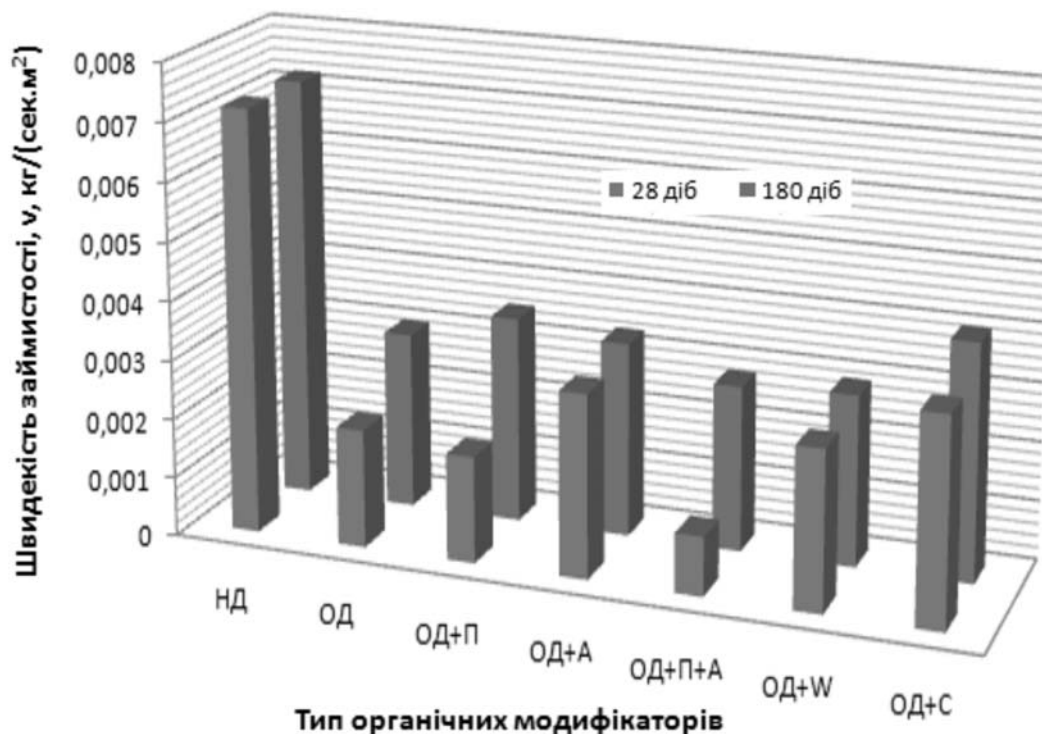


Рисунок 8 - Залежність швидкості займистості v (кг/сек·м²) зразків деревини від часу витримки τ (діб): НД – необроблена деревина; ОД – оброблена деревина. Позначення: П – поліоксіетилен; А - Agocel S2000; суміш поліоксіетилену з Agocel S2000; W - Walocel MT 400 PFV; С - С 11003

За даними роботи [22] мінімальна швидкість вигорання (займистості) становить величину 0,0032 кг/сек·м². Цьому критерію, з урахуванням реологічних показників [21] та відповідають лужні алюмосилікатні композиції, які модифіковані сумішшю поліоксіетилену з Agocel S2000 і Walocel MT 400 PFV.

Узагальнюючи отримані результати можна сказати наступне, що вогнеоброблені зразки деревини лужними алюмосилікатними композиціями, які модифіковані сумішшю поліоксіетилену з Agocel S2000 і Walocel MT 400 PFV не займаються в зазначений термін витримки (експозиція полум'я 120 сек, температура полум'я – 1300°C), сплучення покриттів не фіксується, а на поверхні деревини спостерігається склоподібна плівка з безводних алюмосилікатів.

ЛІТЕРАТУРА

1. Гузий С.Г. Защита древесины от горения геополимерными композициями / С.Г. Гузий, П.В. Кривенко // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка: наук.-техн. зб. - № 41 - 2011. - С. 56-64.
2. Гивлюд М.М. Атмосферо-вогнестійкі покриття для деревини на основі наповненого карборансилоксану / М.М. Гивлюд, Ю.В. Гуцуляк, Д.Л. Дубина // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2011. - № 18. - С. 46-50.
3. Жартовський В.М. Дослідження механізму вогнезахисної ефективності деревини просочувальними композиціями / [В.М. Жартовський, В.С. Бут, Ю.В. Цапко, О.Г. Барило] // Коммунальное хозяйство городов: Научн.-техн. Сб. – Вып. 55 (технические науки и архитектура). – К.: Техніка, 2004. – С. 219-229.
4. Барталеми Б. Огнестойкость строительных конструкций / Б. Барталеми, Ж. Крюппа. – М.: Стройиздат, 1985. – 187 с.
5. 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.
6. Баратов А.Н. Пожарная опасность строительных материалов / А.Н. Баратов, Р.А. Андрианов, А.Я. Корольченко и др.. – М.: Стройиздат, 1988. – 237 с.
7. Лозинський Р.Я. Дослідження вогнестійкості дерев'яних конструкцій / Р.Я. Лозинський // Пожежна безпека: Зб. наук. пр. – Л.: ЛДУ БЖД, 2010. - № 17. - С. 83-89.
8. Бут В.С. Особливості дослідження тривалості вогнезахисту деревини просочувальними засобами / [В.С. Бут, В.М. Жартовський, М.В. Білошицький, Ю.В. Цапко, О.Г. Барило] // Наук. вісник УкрНДІПБ. – Вип. 1(9). – К.: УкрНДІПБ, 2004. – С. 21-25.
9. Сычев М.М. Неорганические клеи. / М.М. Сычев – Л.: Химия, 1986. – 186 с.
10. Сычев М.М. Прогнозирование свойств покрытий на основе неорганических связующих / М.М. / Сычев // Защитные покрытия. Труды 8-го Всесоюзного совещания по жаростойким покрытиям, Тула, 31 мая-2 июня 1977. – Л.: Наука, 1979. – С. 9-13.
11. Кривенко П.В. Розробка фізико-хімічних основ направлено синтезу неорганічних в'язучих в системі $\text{Na}_2\text{O}-\text{Al}_2\text{O}_3-\text{SiO}_2-\text{H}_2\text{O}$ для отримання екологічно безпечних спучуваних матеріалів / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарєва, М.В. Суханевич // “Будівництво України”. - № 2. - 1997. - с. 46-49.
12. Суханевич М.В. Неорганічні матеріали, що спучуються, на основі лужних в'язучих систем: Автореф. дис...канд.техн. наук: 05.23.05.- Київ, 1997.- 18 с.
13. Krivenko P. V. Bloating Concrete Coatings to Improve Fire Resistance of Building Structures / P.V. Krivenko, E.K. Pushkareva, M.V. Sukhanevich // Proc. of the Intern. Conference held at the Dundee, Scotland, UK, 8-10 September, 1999 (Concrete Durability and Repair Technology). - P. 415-422.
14. Pushkareva E.K. Studying of Influence of Inorganic Modifiers on Structure, Properties and Durability of the Bloating Geocement Compositions / E.K. Pushkareva, S.G. Guziy, M.V. Sukhanevich, A.I. Borisova // 3rd International Conference “Alkali Activated Materials Research, Production and Utilization, June 21-22, 2007, Prague. Proceeding. – Praha 10, ceska rozvojova agentura, o.p.s. – P. 581-592.
15. Влияние технологии нанесения на свойства вспучивающихся неорганических покрытий алюмосиликатного состава / [Кривенко П.В., Пушкарєва Е.К., Гузий С.Г., Суханевич М.В., Борисова А.И.] // Современное промышленное и гражданское строительство. – 2008. – Т. 4. - № 4. – С. 199-205.
16. Fireproof coatings on the basis of alkaline aluminum silicate systems / [Krivenko, P.V., Pushkareva, Y.K., Sukhanevich, M.V., Guziy, S.G.] // Ceramic Engineering and Science Proceedings. - 29(10). - 2009. - p. 129-142.

17. Гузий С.Г. способность к вспучиванию огнезащитных геоцементных покрытий после искусственного старения / С.Г. Гузий // “Стройпрофиль” - № 2(80). – 2010. – с. 108-110.
18. Гузий С.Г. способность к вспучиванию огнезащитных геоцементных покрытий после искусственного старения / С.Г. Гузий // “Стройпрофиль” - № 3(81). – 2010. – с. 114-117.
19. Гузий С.Г. Щелочные алюмосиликатные композиции для защиты строительных конструкций от агрессивных воздействий урбанистической среды / С.Г. Гузий, М.В. Суханевич // Сборник трудов 6-й Междунар. научн.-техн. конф. «AquaStop-2010» гидроизоляционные, кровельные и теплоизоляционные материалы, 14-15 апреля 2010 г., ЛЕНЭКСПО, Санкт-Петербург, Россия. – С. 56-64.
20. Гузий С.Г. Геоцементы и материалы на их основе / С.Г. Гузий // Тез. докладов VII Междунар. конф. “Стратегия качества в промышленности и образовании”, 3-10 июня 2011, Варна, Болгария. – Т. 1. – С. 86-89.
21. Дослідження впливу органічних модифікаторів на реологічні властивості лужних алюмосилікатних суспензій, призначених для отримання захисних покриттів / [Гузий С.Г., Кривенко П.В., Киричок В.І., Кравченко А.В.] // Вісник ОДАБА. – О.: Зовнішрекламсервіс. - № 43. – 2011. - С. 88-95.
22. Жартовський В.М. Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика. / В.М. Жартовський, Ю.В. Цапко – К.: ДП “Друкарня МВС України”, 2006. – 248 с.