

обов'язковою умовою створення сучасних будівельних матеріалів із заданими будівельно-технічними характеристиками. Модифіковані будівельні розчини забезпечують високу якість кладки за рахунок подовжених термінів придатності, високої рухомості, а також необхідних міцнісних характеристик розчину.

1. Рунова Р.Ф., Носовський Ю.Л. Технологія модифікованих будівельних розчинів: Підручник. – Видавництво КНУБіА, 2007. – 256. 2. Захарченко П.В., Долгий Е.М., Галаган Ю.О., Гавриш О.М., Гулін Д.В., Старченко О.Ю. Сучасні композиційні будівельно-оздоблювальні матеріали: Підручник. – Видавництво КНУБіА, 2005. – 512 с. 3. Рунова Р.Ф., Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Носовський Ю.Л. В'язучі речовини: Підручник. - К.: Основа, 2012. 4. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Пушкарьова К.К., Кочевих М.О., Мохорт М.А., Безсмертний М.П. Використання техногенних продуктів у будівництві.- Рівне: НУВГП, 2009. 5. Дворкін Л.Й. Розв'язування будівельно-технологічних задач методами математичного планування експерименту /Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Житковський В.В. - Рівне: НУВГП, 2011. 6. Гоц В.І. Бетони і будівельні розчини. - К.: КНУБА, 2003 7. Саницький М.А. Високофункціональні будівельні розчини з добавками пластифікуюче-повітроутворювальної дії / М.А. Саницький, Т.П. Кропивницька, Р.М. Котів // Вісник Національного університету "Львівська політехніка". – Сер.: Теорія і практика будівництва. – Львів : Вид-во НУ "Львівська політехніка". – 2010. – № 602. – С. 139-143.

УДК 691.075.5:549.385

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕСТІЙКИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ
ВОГНЕЗАХИСНОГО ПОКРИТТЯ НА ОСНОВІ ГЕОЦЕМЕНТУ ДЛЯ
ДЕРЕВИНИ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОГНЕСТОЙКИХ СВОЙСТВ ОГНЕЗАЩИТНОГО
ПОКРЫТИЯ НА ОСНОВЕ ГЕОЦЕМЕНТА ДЛЯ ДРЕВЕСИНЫ**

**STUDY OF FLAME RETARDANT PROPERTIES OF FIRE PROTECTIVE
COATING BASED ON GEOCEMENT FOR TIMBER**

**Цапко Ю.В., к.т.н., с.н.с.; Гузій С.Г., к.т.н., с.н.с.; Кравченко А.В.,
аспірант (Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д.
Глуховського, Київський національний університет будівництва і архітектури)**

**Цапко Ю.В., к.т.н., с.н.с. Гузій С.Г., к.т.н., с.н.с.; Кравченко А.В.,
аспірант (Научно-исследовательский институт вяжущих веществ и**

материалов им. В.Д. Глуховского, Киевский национальный университет строительства и архитектуры)

Tsapko Yuriy, PhD, senior scientist; Guzii Sergii, PhD, senior scientist; Kravchenko Anastasiya, postgraduate (V.D. Glukhovsky Scientific Research Institute for Binders and Materials, Kyiv National University of Civil Engineering and Architecture)

Наведено результати досліджень вогнезахисних властивостей деревини вогнезахисної покриттям на основі геоцементу. Дослідження з визначення групи горючості деревини модифікованої покриттям на основі геоцементу показали важкогорючі властивості матеріалу. Встановлено оптимальну кількість нанесення шарів вогнезахисного покриття, яка ефективно впливає на зниження температури димових газів та втрати маси під час випробувань.

Приведены результаты исследований огнезащитных свойств древесины огнезащитной покрытием на основе геоцемента. Исследования по определению группы горючести древесины, модифицированной покрытием на основе геоцемента, показали трудногорючие свойства материала. Установлено оптимальное количество нанесения слоев покрытия, которое эффективно влияет на снижение температуры дымовых газов и потери массы во время испытаний.

The results of investigations of properties of fireproof timber fire protected coating geocement-based. Studies to determine the group of combustibility of wood coating based on modified geocement showed retardant material. The optimum amount of application of coating layers, which effectively affects the reduction of the flue gas temperature and the weight loss during the test.

Ключові слова:

Геоцемент, деревина, димові гази, властивості, вогнестійкість, покриття.

Геоцемент, древесина, дымовые газы, огнестойкость, покрытие, свойства.

Coating, fire resistance, flue gases, geocement, properties, timber.

Актуальність проблеми. Деревина, як будівельний матеріал, широко застосовується в будівництві й архітектурі завдяки своїм механічним та експлуатаційним властивостям, але у зв'язку з підвищеною горючістю є пожежонебезпечним матеріалом. Підвищити рівень пожежної безпеки об'єктів, де використовуються будівельні конструкції з деревини, можливо за допомогою її вогнезахисного оброблення, суть якого полягає в наданні деревині здатності протистояти дії полум'я, поширенню полум'я поверхнею, в запобіганні вільному доступу кисню, який сприяє деструкції деревини і

прискоренню процесу горіння. Профілактики виникнення загорання будівельних конструкцій з деревини обумовило прийняття нормативного документу ДБН В.1.1-7-2002 [1], де вказано, що у будинках дерев'яні елементи горищних покриттів (крокви, лати) повинні оброблятися засобами вогнезахисту, які забезпечують I групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 [2]. В будівництві все більш інтенсивно ведеться пошук нових високоефективних засобів вогнезахисту деревини. Але вогнезахист сьогодні повинен не тільки забезпечувати нормовану вогнестійкість деревини, а також зберігати її експлуатаційні параметри, вирішувати екологічну безпеку і довговічність.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. На сьогодні існує два способи вогнезахисту деревини. Перший – це просочення антипіренами, частіше за все на основі неорганічних солей [1-3]. При зволоженні деревини вогнезахисні речовини розчиняються у вологому середовищі і поступово вимиваються на поверхню, а тоді з часом вогнезахисний ефект знижується [4, 5]. Другий засіб – це нанесення на поверхню деревини покриття на органічному чи неорганічному в'язучому. Засіб на органічному в'язучому має підвищене димоутворення і виділення токсичних речовин, тому його використання небезпечне. Найбільш ефективними вважаються вогнезахисні покриття на неорганічному в'язучому, властивості яких вже досліджені [6-9].

Ефективність антипіренів для конкретного матеріалу визначається рівнем їх вогнезахисної здатності і обумовлюється [1]:

- розкладом антипіренів під дією температури з поглинанням тепла та виділенням негорючих газів;
- зміною напрямлення розкладу деревини в сторону утворення негорючих газів і важкогорючого коксового залишку;
- гальмування окислення в газовій і конденсованій фазі;
- утворенням на поверхні деревини теплозахисного шару коксу.

Враховуючи, що деревина та вироби з неї (фанерні плити та інш.) знаходять широке застосування у будівництві та побуті і складають значний відсоток пожежного навантаження, а за пожежними і будівельними нормами і правилами [1] ці матеріали класифікуються як матеріали підвищеної горючості (Г4), легкозаймисті (В3), значно поширюють полум'я (РП4), з високою димоутворювальною здатністю (Д3), за токсичністю відноситься до високонебезпечних (Т3) і відповідно потребують поверхневого захисту високоефективними композиціями.

Таким чином, відомі технології вогнезахисту деревини не задовольняють сучасні вимоги з екологічної та пожежної безпеки, які висуваються, як до вогнезахисних матеріалів, вогнезахисних засобів, так і способів їх виготовлення.

Мета роботи. На основі комплексного захисту целюлозовмісних матеріалів від загорання провести дослідження вогнезахисних властивостей деревини

вогнезахисної покриттям на основі геоцементу та визначити оптимальну кількість.

Результати досліджень. На підставі подання заявки на корисну модель (u 2014 07260 "Вогнезахисне покриття для деревини") для підвищення ефективності вогнезахисту деревини було використано покриття на основі геоцементу, яке складається з рідинного скла, їдкою натрію, модифікуючого наповнювача і алюмінатної добавки. Випробовувались чотири зразки: перший, другий і третій – один, два і три шари нанесення відповідно, четвертий – три шари нанесення складом з підвищеним вмістом наповнювача.

Проведені дослідження (ГОСТ 12.1.044 [10]) з визначення групи горючості деревини, обробленої запропонованим геоцементним покриттям.

Суть методу випробувань експериментального визначення групи важкогорючих та горючих твердих речовин і матеріалів згідно з [10] полягає у впливі на зразок, розташований в керамічній трубі установки ОТМ, полум'я палика з заданими параметрами (температура газоподібних продуктів горіння на виході з керамічної труби становить $200\text{ }^{\circ}\text{C} \pm 5\text{ }^{\circ}\text{C}$). Під час проведення експериментальних досліджень фіксується максимальний приріст температури газоподібних продуктів горіння (Δt) та втрата маси зразка (Δm). За результатами випробувань матеріали класифікуються як:

важкогорючі - $\Delta t < 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ та $\Delta m < 60\text{ }%$;

горючі - $\Delta t \geq 60\text{ }^{\circ}\text{C}$ чи $\Delta m \geq 60\text{ }%$.

Горючі матеріали поділяються в залежності від часу (τ) досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння на:

важкозаймисті - $\tau > 240\text{ с}$;

середньої займистості - $30\text{ с} \leq \tau \leq 240\text{ с}$;

легкозаймисті - $\tau < 30\text{ с}$.

Результати досліджень з визначення втрати маси зразків (Δm , %) та приросту максимальної температури газоподібних продуктів горіння (Δt , $^{\circ}\text{C}$) необробленої деревини та вогнезахисної покриттям наведено на рис. 1, 2.

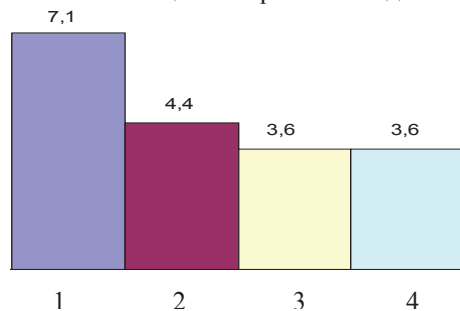


Рис. 1. Результати втрати маси зразків Δm , % з витратою покриття: 1 – 280 г/м^2 , 2 – 430 г/м^2 , 3 – 530 г/м^2 , 4 – 630 г/м^2 .

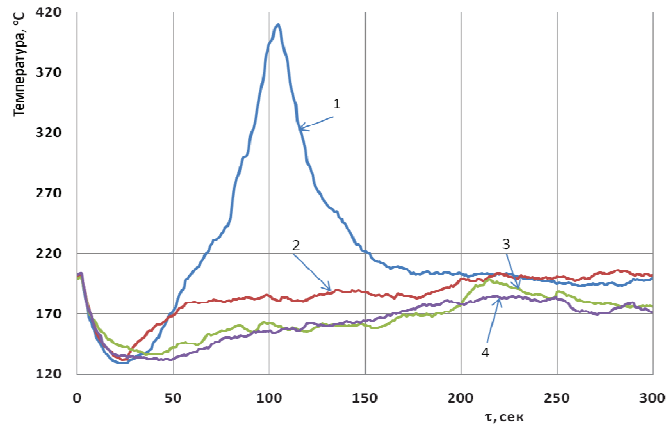


Рис. 2. Динаміка наростання температури димових газів при випробуваннях деревини з витратою покриття: 1 – 280 г/м², 2 – 430 г/м², 3 – 530 г/м², 4 – 630 г/м².

Дослідження показали, що при одноразовому нанесенні покриття (витрата 280 г/м²) модифікована деревина відноситься до матеріалів середньої займистості. Така кількість покриття не забезпечує необхідного шару і потребує повторного нанесення. При початковій температурі газоподібних продуктів горіння $T = 200$ °С, при дії полум'я пального на вогнезахисний зразок з двократним та трикратним покриттям, температура газоподібних продуктів горіння становила $T \leq 185$ °С. Ще більшу ефективність показало додавання у композицію неорганічних добавок (крива 4).

Встановлення оптимального співвідношення [11] покриття на деревині і його кількості, за умови досягнення мінімальної втрати маси зразка під час випробувань з визначення горючості за стандартною методикою, де в якості об'єкту досліджень використовували деревину сосни обро блену покриттям на основі геоцементу. Результати оптимізації наведено на рис. 3, 4.

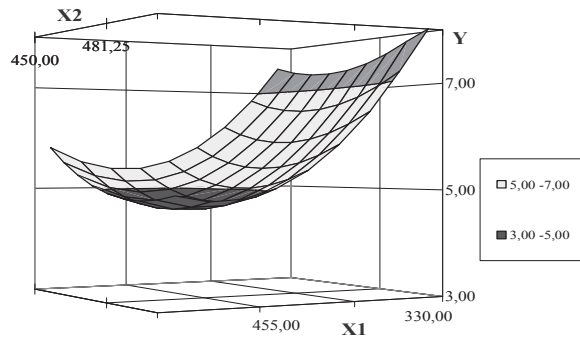


Рис. 3. Результати моделювання оптимального складу покриття у модифікованій деревині: X1 – кількість покриття, г/м², X2 – густина деревини, кг/м³, Y – втрата маси при вогневих випробуваннях, %.

У результаті проведеного комп'ютерного моделювання визначено оптимальну кількість покриття, що забезпечує виконання поставленої задачі, а саме 420,0 г/м² деревини.

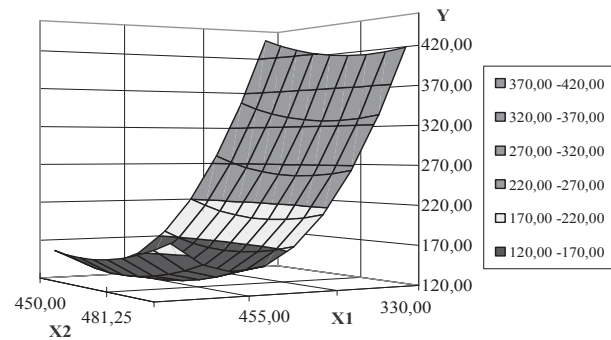


Рис. 4. Результати моделювання оптимального складу покриття у модифікованій деревині: X1 – кількість покриття, г/м², X2 – густина деревини, кг/м³, Y – температура димових газів, °С.

На рис. 5 приведено вигляд зразків деревини після вогневого впливу.

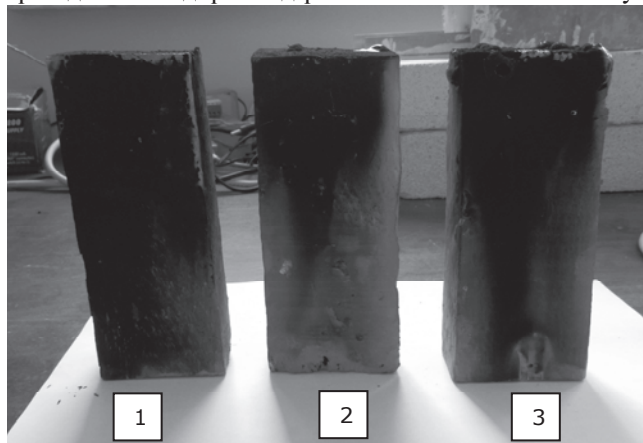


Рис. 5. вигляд зразків деревини після вогневого впливу: 1 – зразок з одноразовим покриттям (витрата 280 г/м²), 2 – зразок з двократним покриттям (витрата 430 г/м²), 3 – зразок з трикратним покриттям (витрата 530 г/м²).

В результаті проведення дослідження з визначення групи горючості деревина, вогнезахиснена покриттям на основі геоцементу, визначена як важкогорюча та важкозаймиста. Визначено оптимальну кількість покриття,

яка забезпечує ці властивості, а саме 350 г/м² деревини. Подальші дослідження проводитимуться щодо визначення експлуатаційних властивостей деревини, вогнезахищеної покриттям на основі геоцементу.

1. ДБН В.1.1-7-2002 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Київ: Держбуд України, 2003. 2. ГОСТ 16363-98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. – Киев: Изд-во стандартов, 2000. 3. Бут В.П. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы [Текст] / В.П. Бут, В.М. Жартовский и др. // Пожаровзрывобезопасность. – М.: ВНИИПО, 2004. – Вып. 5. – С. 31–32. – 3000 пр. – ISSN 0869-7493. 4. Цапко, Ю. В. Дослідження процесів масопереносу антипірену у вогнебіозахищеній деревині [Текст] / Ю. В. Цапко, В. М. Жартовський // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2009. – №1 (19). – С. 118–126. 5. Цапко, Ю. В. Розрахунок швидкості висолювання антипірену у вогнезахищеному шарі деревини [Текст] / Ю. В. Цапко // Науковий вісник УкрНДІПБ. – К.: УкрНДІПБ. – 2006. – №1 (13). – С. 83-89. 6. Гузий С.Г. Способность к вспучиванию огнезащитных геоцементных покрытий после искусственного старения / С.Г. Гузий // “СтройПрофиль” –№2(80). Часть I – 2010. – С. 108–110. 7. Krivenko, P.V., Pushkarjeva, E.K., Sukhanevich, M.V., Guziy, S.G. *Fireproof coatings on the basis of alkaline aluminum silicate systems* / Developments in Strategic Materials: Ceramic Engineering and Science Proceedings, Vol. 29, Issue 10, 2009, p. 129–142. 8. Krivenko P. Protection of Timber from Combustion and Burning Using Alkaline Aluminosilicate-Based Coatings / P. Krivenko P., S. Guzii, A. Kravchenko // Advanced Materials Research Vol. 688 (2013), pp 3–9. 9. Vít Petránek, Sergii Guzii, Pavlo Kryvenko, Konstantinos Sotiriadis and Anastasia Kravchenko New Thermal Insulating Material Based on Geocement / Advanced Materials Research Vols. 838-841 (2014) pp 183-187. 10. ГОСТ 12.1.044–1989 Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с. 11. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительного-технологических задач на ЭВМ. – К.: Вища школа, 1989. – 328 с.