

*Проведено аналіз способів визначення вогнезахисних властивостей деревини та встановлено необхідність розроблення оперативних методів встановлення якості оброблення деревини на об'єктах будівництва. З урахуванням температуропровідності деревини обґрунтовано спосіб визначення вогнезахисних властивостей деревини експрес-методом, а з урахуванням умов тепломасообміну у ході випробувань, розроблено пристрій і проведено апробацію на конкретних зразках вогнезахищеної деревини*

*Ключові слова: вогнестійкість, геоцемент, деревина, експрес-метод, покриття, пристрій, температура, якість оброблення поверхні*

*Проведен анализ способов определения огнезащитных свойств древесины и установлена необходимость разработки оперативных методов определения качества обработки древесины на объектах строительства. С учетом температуропроводности древесины обоснован способ определения огнезащитных свойств древесины экспресс-методом, а с учетом условий теплообмена в ходе испытаний, разработано устройство и проведена апробация на конкретных образцах огнезащитной древесины*

*Ключевые слова: геоцемент, древесина, качество обработки поверхности, огнестойкость, покрытие, температура, устройство, экспресс-метод*

УДК 614.842.5:349.211

# УДОСКОНАЛЕННЯ СПОСОБУ ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПОКРИТТЯ ТА ЯКОСТІ ОБРОБЛЕННЯ ДЕРЕВИНИ

**Ю. В. Цапко**

Кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник, докторант\*

E-mail: juriyts@ukr.net

**С. Г. Гузій**

Кандидат технічних наук,  
старший науковий співробітник\*

E-mail: sguziy@ukr.net

**П. В. Кривенко**

Доктор технічних наук, професор, директор\*

E-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com

**А. В. Кравченко**

Аспірант\*

E-mail: krav.anastasiya@gmail.com

\*Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського Київський національний університет будівництва і архітектури МОН України пр. Повітрофлотський, 31, Київ, Україна, 03680

## 1. Вступ

Деревина та конструкції з неї широко застосовуються в сучасному цивільному та промисловому будівництві. Цей матеріал володіє високими екологічними і декоративними показниками і має достатньо високу тенденцію застосування в якості конструкційно-декоративного матеріалу в будівництві. У зв'язку з цим велика увага звертається на проблему забезпечення вогнестійкості будівель і конструкцій виконаних з деревини.

Одним з традиційних напрямів вогнезахисту – зниження ймовірності загоряння матеріалів з деревини при впливі на них джерел вогню, а також обмеження його за часом дії і потужності, є комплекс поверхневого захисту спеціальними засобами, що мають забезпечити необхідну межу вогнестійкості та температуру поширення полум'я в умовах пожежі [1]. Їх застосування потребує надійних способів визначення властивостей покриття та якості оброблення деревини.

## 2. Літературний огляд

Втрата вогнестійкості та несучої спроможності дерев'яної конструкції обумовлена процесом обвуглю-

вання деревини, який відбувається після прогрівання вище температури термічного розкладання, близької до температури її займання [2]. Межа вогнестійкості дерев'яної конструкції при пожежі складається з часу, що пройшов від початку теплового впливу до займання конструкції, і часу, що пройшов від моменту займання до моменту досягнення граничної глибини обвуглювання, який відповідає критичному перетину конструкції [3]. На стадії розвиненої пожежі вогнезахисна поверхнева обробка у деякій мірі затримує займання і швидкість обвуглювання деревини [4]. У результаті застосування вогнезахисту, з одного боку, запобігається кількість пожеж, що виникли, з іншого – у разі пожежі збільшенням часу від моменту його виникнення до обвалення конструкції.

На сьогодні широке застосування знаходять методи оброблення дерев'яних конструкцій безпосередньо на об'єктах будівництва, де контроль якості вогнезахисту (витрата засобу та товщина покриття) ускладнений у зв'язку з необхідністю проведення лабораторних вимірів [5], що є однією з проблем застосування ефективних засобів захисту.

Таким чином, збільшення обсягів застосування та розширення номенклатури вогнезахисних матеріалів для деревини вимагає розробки надійних, сучасних,

об'єктивних мобільних методів контролю якості її вогнезахисної обробки в місцях проведення робіт.

### 3. Мета і задачі досліджень

Метою даної роботи є розроблення експрес-методу визначення вогнезахисних властивостей покриття та якості оброблення деревини за рахунок урахування температури від дії полум'я на зразок.

У зв'язку з цим необхідно провести способів визначення вогнезахисних властивостей деревини та провести дослідження температуропровідності шару деревини і розробити оперативний метод встановлення якості оброблення деревини на об'єктах будівництва.

### 4. Розроблення експрес-методу та обладнання для визначення вогнезахисних властивостей покриття та якості оброблення деревини

Визначення ефективності вогнезахисної обробки деревини (ГОСТ 16363-98 «Средства огнезащитные для древесины. Метод определения огнезащитных свойств» [6]), проводять по оцінюванню характеристик горіння матеріалів під дією полум'я в лабораторних умовах, які контролюються, на зразках розмірами 150×60×30 мм.

Суть методу визначення вогнезахисної ефективності вогнезахисного засобу полягає у впливі полум'я пальника з заданими параметрами (початкова температура газоподібних продуктів горіння на виході з керамічної труби становить 200±5 °С) на зразок вогнезахисної деревини протягом 2 хв., який розташовано в керамічній трубі установки ОТМ, в умовах, що сприяють акумуляції тепла, визначалась втрата маси зразка деревини після вогневих випробувань (табл. 1).

Як видно з табл. 1, зразок деревини при одnorазовому обробленні геоцементним покриттям [7–10] забезпечує лише II групу вогнезахисту, а при дворазовому обробленні – I групу вогнезахисту. Суттєвим недоліком такого методу є неможливість визначення якості оброблення на об'єктах будівництва.

Таблиця 1

Результати ефективності вогнезахисної обробки деревини геоцементним покриттям

Зразок деревини вогнезахисний покриттям на основі геоцементу	Витрата покриття, г/м <sup>2</sup>	Товщина покриття, мм	Середня втрата маси зразка після вогневих випробувань, %	Група ефективності вогнезахисту деревини (ГОСТ 16363)
- одnorазове нанесення	0,200	0,13	10,6	II
- дворазове нанесення	0,350	0,22	6,1	I

Також відомий стандартний експрес-метод визначення якості оброблення деревини (ГОСТ 30219-95 «Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение» [11]), коли з висушених зразків вогне-

захисної деревини зрізають стружку товщиною до 1 мм, яку розміщують у полум'ї сірника та витримують на протязі 15 с. Після закінчення часу запалювання визначають час самостійного горіння і тління стружки. Поверхнева вогнезахисна обробка вважається якісною, а вогнезахисна деревина відповідає II групі вогнезахисної ефективності, якщо після видалення джерела вогню не менш ніж 90 % проб не підтримуватимуть самостійного горіння і тління. Цей спосіб прийнятний для просоченої деревини і не може бути застосований для деревини вогнезахисної покриттями, оскільки після зрізу зразка, три сторони його оголюються і у полум'ї сірника будуть здатні до горіння.

Одним із способів, що дозволяє визначити якість вогнезахисту деревини покриттями, є метод [12], при якому зразок вогнезахисної деревини встановлюють в утримувач та піддають впливу точкового джерела полум'я газового пальника протягом певного часу з боку поверхні, підданої вогнезахисту. Критерієм оцінки якості вогнезахисту використовується характер поведінки зразка деревини: поява ознак займання зразка, самостійне горіння зразка після відключення газового пальника, наскрізне прогорання зразка до утворення отвору, обвуглювання зразка на всю глибину в зоні дії полум'я. Недоліком даного способу є неможливість підтримки постійних умов тепломасообміну в ході випробувань із-за контакту зразка з металевими частинами утримувача, нефіксованого кута впливу джерела запалювання та нестабільної роботи самого джерела запалювання. Цей спосіб не дозволяє достовірно оцінити властивості покриття та якість оброблення деревини, а саме врахувати групу вогнезахисної ефективності зразків при створенні температурних умов, що сприяють горінню.

Для встановлення постійних умов тепломасообміну у ході випробувань, тримач зразка виготовлений з керамічного високотемпературного теплоізоляційного матеріалу з наскрізним прорізом у місці кріплення зразка, що не перевищує його ширину та затискача, виготовленого з такого ж матеріалу і вмонтованою термпарою, при цьому поверхня тримача зразка розташована перпендикулярно полум'ю та регулюється по його висоті, а у якості джерела запалення використовується запальничка на рідкому паливі – гексан. Така конструкція приладу забезпечує мінімізацію тепломасообміну, фіксований кут дії полум'я і висоту та стабільну роботу джерела запалювання.

Вибір зразків деревини необхідно проводити на основі оцінки максимально можливого проникнення температури через її товщу за певний проміжок часу.

Відомо, що час від початку теплового впливу до моменту займання горючого матеріалу рівний тривалості прогріву його поверхні від початкової температури до температури займання. Так, глибина прогріву конструкції на момент, коли температура поверхні деревини стає рівною температурі займання визначається виразом [13]:

$$\delta = \left( \frac{2\lambda}{C \cdot \rho} \cdot \frac{T_b - T_0}{T_0} \cdot \tau \right)^{0.5}, \quad (1)$$

де  $\lambda$  – теплопровідність деревини, Вт/(м·К);  $C$  – теплоємність деревини, КДж/кг;  $\rho$  – густина деревина,

кг/м<sup>3</sup>; T<sub>0</sub>, T<sub>b</sub> – початкова температура та температура займання деревини, K; τ – час дії теплового потоку, с.

Так, за даними роботи [14] при дії теплового потоку на дерев'яну конструкцію у 50 кВт/м<sup>2</sup> теплофізичні характеристики поверхневого шару відповідають значенням близько 0,87=λ Вт/(м·K), C=1,4 КДж/кг і з подальшим підвищенням температури теплопровідність підвищується, а теплоємність зменшується. На рис. 1 приведено залежність зміни у часі температури прогріву товщини деревини при дії теплового потоку 50–55 кВт/м<sup>2</sup>, що наближено відповідає температурі полум'я пальника.

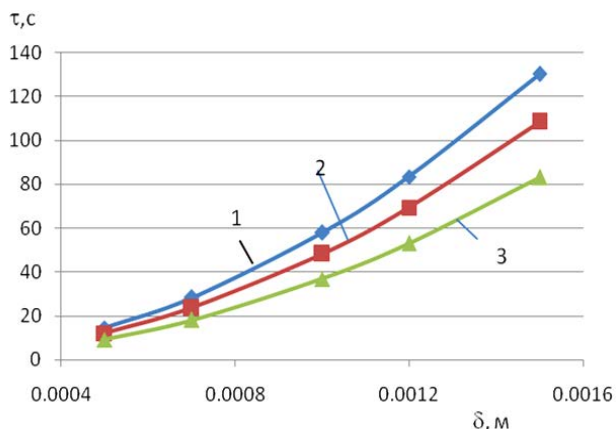


Рис. 1. Залежність температури прогріву товщини деревини у часі для теплового потоку: 1 – 50 кВт/м<sup>2</sup> (0,87=λ Вт/(м·K), C=1,4 КДж/кг), 2 – 52 кВт/м<sup>2</sup> (0,95=λ Вт/(м·K), C=1,3 КДж/кг), 3 – 55 кВт/м<sup>2</sup> (1,17=λ Вт/(м·K), C=1,2 КДж/кг) β

З урахуванням досліджень наведених на рис. 1 для випробувань запропоновано зразок деревини розміром 25×25±1 мм і товщиною 1±0,1 мм та час дії полум'я пальника 60±1 с.

### 5. Апробація результатів досліджень

На рис. 2 наведено прилад для проведення досліджень вогнезахисних властивостей покриття та якості оброблення деревини.

Дослідження здійснюються таким чином. Перед проведенням випробувань необхідно запалити пальник 1 і відрегулювати висоту полум'я за допомогою регулятора 6 так, щоб полум'я верхньою частиною (вістрям) стосувалося середньої нижньої частини зразка 11, що забезпечує оптимальні параметри впливу полум'я на зразок.

Зразок матеріалу 11, що досліджується, закріплюють вогнезахисною поверхнею до джерела полум'я поміж тримачем 4, який має отвір для доступу полум'я, і затискачем 10, за допомогою важільно-пружинного механізму 7. Запалюють запальничку 1, встановлюють її в тримач 2 і протягом 60 с впливають полум'ям, проводячи візуальне спостереження за зразком і фіксуючи час і температуру на зворотній поверхні термопарою 8. Після чого запальничку 1 вимикають. Зразок витримують в камері до повного охолодження (кімнатної температури) та видаляють з тримача.

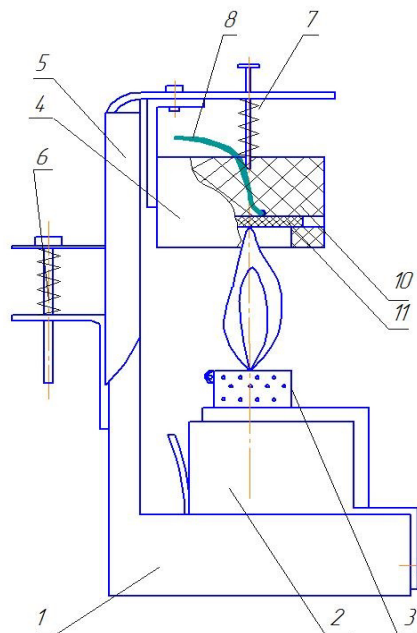


Рис. 2. Пристрій для проведення випробувань вогнезахисних властивостей покриття та якості оброблення деревини: 1 – корпус, 2 – тримач пальника, 3 – пальник, 4 – утримувач зразка, 5 – направляюча планка, 6 – регулятор висоти полум'я, 7 – важільно-пружинний механізм, 8 – термопара, 9 – спай термопари, 10 – затискач, 11 – зразок

Спочатку були проведені випробування необроблених зразків деревини (табл. 2). При дії полум'я на необроблені зразки за короткий проміжок часу відбувалось різке збільшення температури на необігрівній поверхні та наскрізне обуглювання.

Таблиця 2

Результати досліджень вогнезахисної обробки деревини геоцементним покриттям за експрес-методом

№ дослід-ду	Час випробу-вання τ, с	Температура необігрівної поверхні, °C	Відповідність групи ефективності вогнезахис-ту деревини
Зразки деревини необроблені			
1	60	186	-
2	60	216	-
3	60	194	-
Зразки деревини вогнезахиснені покриттям на основі геоце-менту			
- одно-разове нанесення			
1	60	155	II
2	60	134	II
3	60	139	II
- дворазо-ве нане-сення			
1	60	87	I
2	60	110	I
3	60	93	I

Потім були проведені випробування зразків, які були оброблені вогнезахисним покриттям. Після дії палика на зразки вогнезахисної деревини було встановлено відсутність наскрізного обвуглювання та низький темп підвищення температури.

## 6. Висновок

В результаті проведення аналізу способів визначення вогнезахисних властивостей деревини встановлено необхідність розробки надійних оперативних методів визначення якості оброблення деревини на об'єктах будівництва. Проведено дослідження температуропровідності шару деревини та визначено зразок деревини розміром 2525 мм і товщиною 1 мм і час дії полум'я палика протягом 60 с та запропоновано спосіб визначення якості оброблення деревини, суть якої полягає у впливі на зразок температури полум'я палика та визначення температури на оберненій поверхні, а з урахуванням постійних умов тепломасообміну в ході випробувань розроблено пристрій.

Результати визначення ефективності вогнезахисної обробки деревини геоцементним покриттям за

стандартизованим методом показали відповідність I групі при дворазовому нанесенні та II групу при одноразовому. Дослідження з визначення якості вогнезахисної обробки деревини геоцементним покриттям за експрес-методом показали, що температура на оборотній стороні для необробленого зразка деревини становила в середньому 200 °С, для вогнезахисних зразків при одноразовому нанесенні – 143 °С, а при дворазовому нанесенні – 97 °С, що дає можливість зробити висновок про доцільність застосування запропонованого експрес-методу для практичної реалізації.

## Acknowledgements

This work was financially supported by the research project MSM 0021630511 and research project financed from state budget via Ministry of Industry and Trade of the Czech Republic, project TIP number FR-TI2/340. Cooperation was enabled by project SUPMAT – Promotion of further education of research workers from advance building material centre. Reg. No: CZ.1.07/2.3.00/20.0111, funded by European Social Funds, Operational program Education for Competitiveness.

## Література

1. Романенков, И. Г. Огнезащита строительных конструкций [Текст] / И. Г. Романенков, Ф. А. Левитес. – М.: Стройиздат, 1991. – 320 с.
2. Баженов, С. В. Контроль качества огнезащитной обработки древесины с использованием малогабаритного прибора ПМП-1 [Текст] / С. В. Баженов, С. В. Лашкин, Ю. В. Наумов // Пожарная безопасность. – 2007. – № 2. – С. 67–71.
3. Gusiý, S. The study of some aspects of the impact on the stability of wood protection wood structures [Text] : 1st International Conference / S. Gusiý, Yu Tsapko // Chemistry of Construction Material by the GDCh Division of Chemistry of Construction Chemicals, Berlin, 2013. – P. 209–212.
4. Цапко, Ю. В. Влияние поверхностной обработки древесины на огнестойкость деревянных конструкций [Текст] / Ю. В. Цапко // Восточно-Европейский журнал передовых технологий. – 2013. – № 5/5 (65). – С. 11–14.
5. Борис, О. П. Экспрес-методика оцінювання вогнезахисної здатності вогнезахисних матеріалів [Текст] / О. П. Борис, А. П. Половко, Т. Б. Юзьків // Науковий вісник УкрНДІПБ. – 2012. – № 2 (26). – С. 95–99.
6. ГОСТ 16363–98 Межгосударственный стандарт. Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. [Текст] / Чинний від 1989-01-01. – К., 1997. – 14 с.
7. Krivenko, P. V. Fireproof coatings on the basis of alkaline aluminum silicate systems [Text] / P. V. Krivenko, E. K. Pushkarjeva, M. V. Sukhanevich, S. G. Guziy // Developments in Strategic Materials: Ceramic Engineering and Science Proceedings. – 2009. – Vol. 29, Issue 10. – P. 129–142.
8. Krivenko, P. Protection of Timber from Combustion and Burning Using Alkaline Aluminosilicate-Based Coatings [Text] / P. Krivenko, S. Guzii, A. Kravchenko // Advanced Materials Research. – 2013. – Vol. 688. – P. 39.
9. Гузі́й, С. Вогнезахист деревини покриттям на основі геоцементу [Текст] : наук. зб. / С. Гузі́й, А. Кравченко // ІДУЦЗ. – 2013. – № 1. – С. 102–106.
10. Petránek, V. A New thermal insulating material based on geocement [Text] / V. Petránek, S. Guzii, P. Kryvenko, A. Kravchenko, K. Sotiriadis // Advanced Materials Research. – 2014. – Vol. 838–841. – P. 183–187.
11. ГОСТ 30219-95. Межгосударственный стандарт. Древесина огнезащитная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение [Текст] / Чинний від 1996-01-01. – К., 1997. – 44 с.
12. Баженов, С. В. Способы и средства огнезащиты древесины: Руководство [Текст] / С. В. Баженов, С. Н. Булага, Л. В. Елисева. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1999. – 55 с.
13. Астапенко, В. М. Термогазодинамика пожаров в помещении [Текст] / В. М. Астапенко, Ю. А. Кошмаров и др. – М.: ВНИИПО МВД РФ, 1999. – 55 с.
14. Молчадский, И. С. Пожар в помещении [Текст] / И. С. Молчадский. – М.: ФГУ ВНИИПО, 2005. – 456 с.