



DOI <https://doi.org/10.32447/20786662.45.2024.03>

**А. Ф. Гаврилюк<sup>1</sup>, М. О. Гайдук<sup>2</sup>**

<sup>1</sup>Львівський державний університет безпеки життєдіяльності,  
м. Львів, Україна

<sup>2</sup>Аварійно-рятувальний загін спеціального призначення ГУ ДСНС України  
у Хмельницькій області,  
м. Хмельницький, Україна

ORCID: <http://orcid.org/0000-0002-8727-9950> – А. Ф. Гаврилюк

<https://orcid.org/0009-0002-5248-322X0> – М. О. Гайдук

✉ [gavrilyk3@ukr.net](mailto:gavrilyk3@ukr.net)

## ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНЕ ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРИ ЗАМІНІ ВОГНЕЗАХИСНОГО ЗАСОБУ

Вогнезахисне оброблення є одним із ефективних способів забезпечення належного рівня пожежної безпеки. Вимоги до цього процесу регулюються Правилами з вогнезахисту, державними стандартами, регламентами й ще чинними стандартами. Найбільш поширеним є вогнезахисне оброблення дерев'яних конструкцій, оскільки деревина є доступним, ефективним та екологічним матеріалом, проте з високими показниками горючості, займистості, поширення полум'я та димоутворювальної здатності. Для вогнезахисту деревини найчастіше застосовують вогнезахисні засоби для просочування. Аналіз процесу перевірки ефективності вогнезахисту створив передумови стверджувати, що вогнезахисні засоби можуть бути не сумісні між собою, що призводить до зниження показників вогнезахисної ефективності. З огляду на вищеописаний факт з урахуванням чинних і новоприйнятих стандартів, дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій після виконання повторних робіт із вогнезахисного оброблення із заміною вогнезахисного засобу є актуальним завданням.

Метою роботи є дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій після виконання повторних робіт із вогнезахисного оброблення із заміною вогнезахисного засобу.

Для визначення показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу паралельно застосовано чинні методи й методи, що набудуть чинності з березня 2025 року. Для проведення експериментальних досліджень використано метод для визначення групи вогнезахисної ефективності дерев'яних конструкцій, метод контролювання за температурою займання й метод контролювання за ознакою самостійного горіння.

Для проведення експериментальних досліджень виготовлено зразки із сосни, що просочені вогнезахисними засобами ДСА-1, Біофлейм, Ecossept 450-1, Фаєр-оф окремо кожним засобом і надалі повторно просочені в різних комбінаціях заміни вогнезахисного засобу.

Випробування з визначення втрати маси деревини виявили, що втрати маси для зразків із заміною вогнезахисного засобу щодо втрати маси зразків, оброблених одним вогнезахисним засобом, збільшилися в діапазоні від 0,5% до 4,6%, що призвело до зниження групи вогнезахисної ефективності з I до II, свідчить про негативний вплив заміни вогнезахисного засобу.

За результатами випробувань з контролю за ознакою самостійного горіння, непридатною для подальшої експлуатації вважається низка зразків, оскільки відсоток зрізів, що піддавалися випробуванням, підтримували самостійне полуменеве горіння й (або) тління в діапазоні від 20% до 50%.

За допомогою порівняння визначених температур займання з температурою займання сосни, яка не піддавалася обробленню засобами вогнезахисту, виявлено, що для всіх зразків температура займання підвищилася. Підвищення відбулося в діапазоні від 5 до 85 °С.

Отже, експериментальні дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу показали, що заміна вогнезахисного засобу впливає на втрату маси (збільшення втрати від 0,5 до 4,6%), ознаки самостійного горіння (підтримання горіння більше ніж 20%) і температуру займання. При застосованих комбінаціях вогнезахисних засобів

переважно відбулося зниження показників ефективності вогнезахисту. В окремих випадках показники залишилися на незмінному рівні або покращилися. Дослідження дають підстави стверджувати, що вогнезахисні засоби можуть бути не сумісними при проведенні повторного вогнезахисного оброблення, оскільки призводять до зниження вогнезахисної ефективності. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення вогнезахисного засобу для деревини, що буде придатним для заміни й не буде призводити до зниження показників вогнезахисної ефективності.

**Ключові слова:** показники вогнезахисної ефективності, заміна вогнезахисного засобу, вогнезахисне оброблення, вогнезахист, просочування.

*A. F. Havryliuk<sup>1</sup>, M. O. Haiduk<sup>2</sup>*

*<sup>1</sup>Lviv State University of Life Safety,  
Lviv, Ukraine*

*<sup>2</sup>Emergency rescue detachment of special purpose of the State Emergency Service of Ukraine  
in Khmelnytskyi region*

## **EXPERIMENTAL STUDY OF FIRE PROTECTION EFFICIENCY INDICATORS OF WOODEN BUILDING STRUCTURES WHEN REPLACING FIRE RETARDANT**

Fire protection treatment is one of the effective ways to ensure the proper level of fire safety. The requirements for this process are regulated by the Fire Protection Rules, state standards, regulations and still valid standards of the category. The most common is fire protection treatment of wooden structures, since wood is an affordable, effective and environmentally friendly material, but with high rates of combustibility, flammability, flame spread and smoke generation. Fire protection agents for impregnation are most often used for fire protection of wood. Analysis of the process of checking the effectiveness of fire protection created the prerequisites to state that fire protection agents may not be compatible with each other, which leads to a decrease in fire protection efficiency. Considering the fact described above, taking into account current and newly adopted standards, the study of fire protection efficiency indicators of wooden building structures after repeated fire protection treatment with replacement of the fire protection agent is an urgent task.

The purpose of the work is to study the fire protection efficiency indicators of wooden building structures after repeated fire protection treatment with replacement of the fire protection agent.

To determine the fire protection efficiency indicators of wooden building structures when replacing a fire retardant, current methods and methods that will come into force from March 2025 were used in parallel. For experimental research, the following methods were used: "Method for determining the fire protection efficiency group of wooden structures", "Method of controlling by ignition temperature" and "Method of controlling by the sign of spontaneous combustion".

For experimental research, samples were made of pine that were impregnated with fire retardants DSA-1, Bioflame, Ecossept 450-1, Fire-of separately with each agent and subsequently re-impregnated in various combinations of replacing the fire retardant.

Tests to determine the mass loss of wood showed that the mass loss indicators for samples with the replacement of the fire retardant in relation to the mass loss indicators of samples treated with one fire retardant increased in the range from 0.5% to 4.6%, which led to a decrease in the fire retardant efficiency group from I to II and indicates the negative impact of replacing the fire retardant.

According to the results of tests according to the "Method of control by the sign of spontaneous combustion", a number of samples are considered unsuitable for further operation, since the percentage of sections that were tested supported spontaneous flame combustion and (or) smoldering in the range from 20% to 50%.

A comparison of the determined ignition temperature indicators with the ignition temperature of pine that was not treated with fire retardants revealed that the ignition temperature increased for all samples. The increase occurred in the range from 5 to 85 °C.

Experimental studies of the fire protection efficiency of wooden building structures when replacing the fire retardant have shown that replacing the fire retardant affects the mass loss indicators (increase in loss from 0.5 to 4.6%), signs of spontaneous combustion (maintenance of combustion of more than 20%), and ignition temperature. With the used combinations of fire retardants, a decrease in fire protection efficiency indicators mainly occurred. In some cases, the indicators remained at the same level or improved. The conducted studies give grounds to argue that fire retardants may not be compatible when performing repeated fire retardant treatment, since they lead to a decrease in fire protection efficiency. Further research should be directed to the development of a fire retardant for wood that will be suitable for replacement and will not lead to a decrease in fire protection efficiency indicators.

**Key words:** fire protection efficiency indicators, replacement of a fire retardant, fire retardant treatment, fire protection, impregnation.

**Постановка проблеми.** Деревина є ефективним та екологічним матеріалом, що має виправдані переваги. Однак за неналежних умов або в умовах пожежі конструкції з дерева швидко втрачають несучу здатність. Через високі показники горючості, займистості, димоутворювальної здатності й поширення полум'я застосування деревини обмежується нормами та правилами щодо пожежної безпеки, а саме застосування можливе за умови здійснення вогнезахисного оброблення. Упродовж багатьох років розробляються нові речовини та методи для вогнезахисту й удосконалюються наявні. Для збереження та покращання характеристик деревини застосовують різні просочувальні засоби, зокрема й вогнезахисні (вогнебіозахисні) засоби. Правильний підбір і застосування просочувальних вогнезахисних засобів забезпечує підвищення вогнестійкості або зниження показників пожежної небезпеки деревини. Ефективність вогнезахисту залежить від багатьох факторів, а саме: хімічного складу вогнезахисного засобу, способу його нанесення, здатності засобу до ефективного проникнення в деревину, вологості деревини, розподілу засобу по деревині та глибини просочування, а також від перевірки відповідності вогнезахисту й часу експлуатації вогнезахисту [1; 2]. Кожен із сертифікованих вогнезахисних засобів установлює прогнозований строк придатності вогнезахисного просочування – це строк, упродовж якого вогнезахисний засіб після його застосування зберігає свою вогнезахисну ефективність. В умовах високої конкуренції вогнезахисних засобів суб'єкти господарювання все частіше здійснюють заміну вогнезахисного засобу при повторних роботах із вогнезахисту, що призводить до негативних результатів під час проведення перевірки ефективності вогнезахисту комісією, яка утворюється після завершення виконання робіт із вогнезахисного оброблення. Дослідження вищеприведеного факту з урахуванням чинних і новоприйнятих стандартів є потенційною проблемою, що потребує вирішення.

**Аналіз останніх досягнень та публікацій.** Фактори, що впливають на ефективність вогнезахисту, досліджувала низка науковців, що відбито в багатьох публікаціях. Зокрема, у науковій роботі [3] автор описує закономірності впливу якісного й кількісного складу водних вогнебіозахисних речовин на процеси займання, розповсюдження та припинення горіння целюлозовмісних матеріалів деревини, тканин, паперу, очерету.

За допомогою методики, яка описана в праці [4], науковці виявили, що істотний охолоджувальний ефект від використання антипіренів для

вогнезахисту деревини, оскільки інтервал часу від початку теплового впливу до моменту початку полум'яного горіння для вогнезахисної деревини у два з половиною рази більший, ніж для невогнезахисної.

Автори Чернуха А. А. й інші [5] дослідили вплив особливостей деревини різних порід на ефективність вогнезахисних просочувальних засобів на прикладі дуба й засобу ДСА. У результаті досліджень вони встановили, що стандартний метод досліджень вогнезахисної ефективності з використанням виключно сосни не може надати справедливі дані щодо ефективності засобу до інших порід деревини.

У роботі [6] науковці розробили й дослідили ефективність вогнезахисних покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію, декстрину й оксидів металів магнію і титану, у результаті чого отримано висновки, що температуростійкі оксиди металів, декстрин і силікат натрію в складі покриття підвищують вогнестійкість – під час дії вогню, а силікат натрію збільшує його атмосферостійкість у природних умовах.

Дослідники Веселівський Р. Б. і Смоляк Д. В. [7] обґрунтували, що категорія використання вогнезахисних матеріалів має обиратися залежно від умов навколишнього середовища (усередині приміщень, частково захищені простори й приміщення чи відкритий простір). Представлено фактори, що впливають на термін придатності та експлуатаційну надійність вогнезахисних покриттів.

Автори в праці [8] розробили композицію вогнезахисного покриття, що спучується, яке утворює на поверхні що «захищається», тонкий непрозорий шар, який перешкоджає запаленню й поширенню полум'я по дерев'яній конструкції. За основу покриття взято рідке скло, тому що воно має такі позитивні характеристики, як доступність, пов'язано з проявом рідким склом в'язучих властивостей – здатності до мимовільного твердіння з утворенням штучного силікатного каменю.

Заміна вогнезахисного засобу є поширеним явищем, що спричинене економічними чинниками, збільшенням конкуренції вогнезахисних засобів і необхідністю періодичного проведення робіт із повторного вогнезахисту. Згідно з працею [2], в Україні застосовується понад 30 різних сертифікованих вогнезахисних засобів. Кожен із цих засобів має унікальну формулу та свій механізм вогнезахисту. Дослідження суті методу випробувань визначення вогнезахисної ефективності, методу визначення групи горючості речовин і матеріалів, а також розгляд вимог щодо випробувань вогнезахисних засобів, які використовують

у країнах Європейського Союзу, описано в працях [9; 10]. У ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатації об'єктів вогнезахисту» встановлено вимоги до методів контролювання вогнезахисних засобів (покривів і просочень), нанесених на об'єкт вогнезахисту (дерев'яні, металеві й бетонні конструкції), для подальшого їхнього експлуатування.

Аналіз даних літературних джерел дає можливість стверджувати, що науковці зосереджують дослідження на окремих вогнезахисних засобах, впливі навколишнього середовища на вогнезахисну ефективність засобів, впливу вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки деревини. Проте ці роботи не містять досліджень щодо впливу повторних робіт із вогнезахисту на вогнезахисну ефективність з урахуванням заміни вогнезахисного засобу, так залишаючи цей факт без достатньої уваги.

**Мета статті (постановка завдання)** полягає у виявленні показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій, що зазнають впливу після виконання повторних робіт із вогнезахисного оброблення із заміною вогнезахисного засобу.

Для цього необхідно розв'язати такі завдання:

- провести експериментальні дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій, що зазнають впливу після виконання повторних робіт із вогнезахисного оброблення із заміною вогнезахисного засобу.

- виявити динаміку зміни показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій, що зазнають впливу після виконання повторних робіт із вогнезахисного оброблення із заміною вогнезахисного засобу.

**Методи дослідження.** Станом на листопад 2024 року вогнезахисна ефективність вогнезахисного засобу для просочування визначається шляхом визначення втрати маси деревини просоченої вогнезахисним засобом при вогневому випробуванні в умовах, що сприяють акумуляції тепла. Цей метод застосовують для визначення групи вогнезахисної ефективності й під час проведення сертифікаційних випробувань [11]. Для перевірки відповідності вогнезахисту після виконання робіт на діючих об'єктах ключовим є застосування експрес-методу [12; 13]. Ці методи мають суттєві недоліки, проте вони є чинними. В основі цих методів лежить утрата маси зразків, оброблених вогнезахисним розчином, і наявність самостійного горіння або тління після видалення джерела вогню. З березня 2025 року набуває чинності

національний стандарт ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатації об'єктів вогнезахисту». У цьому стандарті встановлено вдосконалені методи контролювання вогнезахисних засобів, нанесених на об'єкт вогнезахисту, які дають змогу виявити непридатність вогнезахисних засобів, нанесених на об'єкт вогнезахисту, для подальшого експлуатування.

Для контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування будуть застосовуватися метод контролювання за температурою займання (метод 5.1.1) і метод контролювання за ознакою самостійного горіння (метод 5.1.2). Відповідно до цих методів, будівельні конструкції з деревини, просочені певним вогнезахисним засобом, вважаються непридатними для подальшої експлуатації, якщо виконується одна з таких умов:

- значення температури займання, отримане за методом 5.1.1, є меншим за величину, яка дорівнює 85% температури займання, що наведена підприємством-виробником у регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб, або меншим ніж 355 °C (у разі відсутності значення температури займання в регламенті з вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб);

- більше ніж 10% зразків, які випробувано за методом 5.1.2, підтримують самостійне полум'яне горіння й (або) тління.

Ураховуючи методи випробувань, визначені в чинних нормативних документах і тих, що будуть чинними, для експериментального дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу застосовані ці методи паралельно.

Ознаки суттєвого впливу на показники ефективності вогнезахисту при заміні вогнезахисного засобу вперше виявлено при експериментальних дослідженнях у 2021 році [14]. З метою подальших досліджень у 2021 році підібрано вогнезахисні засоби з урахуванням проведеного аналізу найбільш частого застосування різновидів сертифікованих вогнезахисних засобів по Україні. Відтак для проведення експериментальних досліджень у 2021 році виготовлені зразки із сосни, що просочені вогнезахисними засобами ДСА-1, Біофлейм, Ecossept 450-1, Фаєр-оф окремо кожним. Прогнозований строк придатності вогнезахисного просочування для кожного із цих засобів



становить 3 роки. Зразки зберігалися в закритому, опалювальному й добре провітрянному приміщенні впродовж 3 років. У листопаді 2024 року ці зразки піддані повторному вогнезахисту в різних комбінаціях заміни вогнезахисного засобу. Для кожного варіанта заміни вогнезахисного засобу виготовлено по три зразки та присвоєно відповідну нумерацію (таблиця 1, рисунок 1).



Рис. 1. 48 зразків, що просочені вогнезахисними засобами ДСА-1, Біофлейм, Ecossept 450-1, Фаєр-оф окремо кожним засобом і надалі в різних комбінаціях заміни вогнезахисного засобу

Експериментальні дослідження проведені в атестованій дослідно-випробувальній лабораторії Аварійно-рятувального загону спеціального призначення ГУ ДСНС України у Хмельницькій області.

Визначення втрати маси деревини, обробленої вогнезахисним засобом, при вогневому випробуванні в умовах, що сприяють акумуляції тепла,

проведено відповідно до [11], з використанням установки для визначення вогнезахисної ефективності покриттів і просочень (рисунок 2).

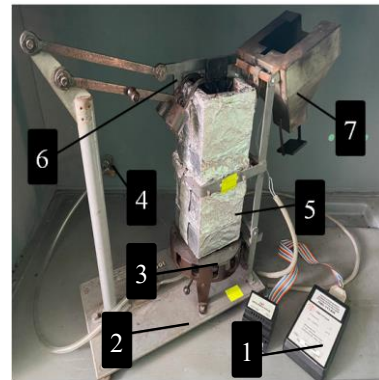


Рис. 2. Зовнішній вигляд установка для визначення вогнезахисної ефективності покриттів і просочень: 1 – ПВІ-111АК Перетворювач вимірювальний інтелектуальний з блоком комутації та носієм інформації мікро SD; 2 – металева підставка; 3 – газовий пальник; 4 – пристрій для регулювання подачі газу; 5 – керамічний короб; 6 – тримач зразка що випробується; 7 – зонт із термопарою

Керамічний короб переводять у горизонтальне положення та запалюють газовий пальник, установлюють висоту полум'я 15–25 см. Після цього керамічний короб установлюють вертикально на підставку, переводять парасольку в робоче положення над коробом і регулюють витрату газу так, щоб температура протягом 5 хв дорівнювала  $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$ , після чого фіксують значення витрати газу за показаннями ротаметра. При досягненні

Таблиця 1

**Зразки, що виготовлені для експериментального дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу**

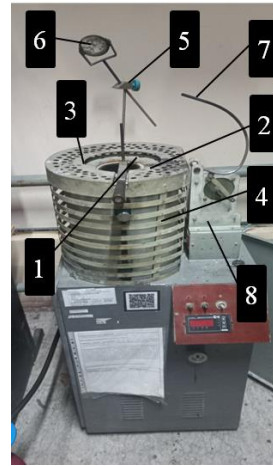
№ з/п	Номер, присвоєний зразку	Назва вогнезахисного засобу, яким проведено перше вогнезахисне оброблення	Назва вогнезахисного засобу, яким проведено друге вогнезахисне оброблення	Кількість виготовлених зразків
1	1	ДСА-1	ДСА-1	3
2	1,1	ДСА-1	Біофлейм	3
3	1,2	ДСА-1	Ecossept 450-1	3
4	1,3	ДСА-1	Фаєр-оф	3
5	2	Біофлейм	Біофлейм	3
6	2,1	Біофлейм	ДСА-1	3
7	2,2	Біофлейм	Ecossept 450-1	3
8	2,3	Біофлейм	Фаєр-оф	3
9	3	Ecossept 450-1	Ecossept 450-1	3
10	3,1	Ecossept 450-1	ДСА-1	3
11	3,2	Ecossept 450-1	Біофлейм	3
12	3,3	Ecossept 450-1	Фаєр-оф	3
13	4	Фаєр-оф	Фаєр-оф	3
14	4,1	Фаєр-оф	ДСА-1	3
15	4,2	Фаєр-оф	Біофлейм	3
16	4,3	Фаєр-оф	Ecossept 450-1	3

температури  $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$  парасольку відводять і випробуваний зразок, закріплений у тримачі, опускають у керамічний короб і водночас включають секундомір. Потім парасольку повертають у робоче положення. Зразок тримають у полум'ї пальника протягом 2 хв. У ході випробувань контролюють за показаннями ротаметра витрату газу, який повинен дорівнювати раніше фіксованому. Через 2 хв подачу газу в пальник припиняють і залишають зразок у приладі для остигання до кімнатної температури, надалі узагальнюють результати.

Новий метод контролювання за ознакою самостійного горіння (метод 5.1.2), відповідно до ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатації об'єктів вогнезахисту», фактично є вдосконаленим експрес-методом відповідно до [13]. Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару деревини, просоченої певним вогнезахисним засобом, за допомогою стамески або іншого різального інструмента відбирають проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Із відібраних проб створюють зразки для випробування завтовшки  $(0,9 \pm 0,1)$  мм і завдовжки не менше ніж 30 мм. Усі зразки по одному в приміщенні без протягів приведені в горизонтальне положення, піддають впливу полум'я сірника протягом 15 с. Після завершення впливу джерела вогню для кожного зразка фіксують наявність самостійного полуменевого горіння й/або тління.

Метод контролювання за температурою займання (метод 5.1.1) передбачає застосування випробувального обладнання, яке наведено в 7.8 [15] (рисунок 3).

Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару деревини, просоченої певним вогнезахисним засобом, за допомогою стамески або іншого різального інструмента відбирають проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Із відібраних проб, завтовшки  $(0,9 \pm 0,1)$  мм кожна, створюють зразки для випробування масою  $(3,0 \pm 0,1)$  г у кількості від 10 до 15. Перед випробуванням зразки кондиціюють у вентильованій сушильній шафі протягом  $(60 \pm 5)$  хв за температури  $(60 \pm 5)^\circ\text{C}$ . Нагрівають робочу камеру до температури  $500^\circ\text{C}$ . Виймають із камери тримач із контейнером. У контейнер поміщають зразок за проміжок часу не більше ніж 15 с і вводять його в робочу камеру. При цьому зразок має бути встановлено так, щоб тепловий вплив на нього здійснювався з боку, який піддано вогнезахисному оброблянню. Спостерігають за зразком у робочій камері за допомогою дзеркала.



**Рис. 3. Установка для визначення температури займання речовин і матеріалів: 1 – керамічні циліндри; 2 – спіральні електронагрівачі; 3 – теплоізоляційний матеріал; 4 – сталевий екран; 5 – тримач зразка; 6 – контейнер; 7 – газовий пальник; 8 – електропривод**

Якщо за температури випробування відбувається займання зразка, то випробування припиняють, контейнер зі зразком виймають із камери. Реєструють температуру випробування й наступне випробування проводять із новим зразком за меншої температури (наприклад, на  $20^\circ\text{C}$  менше). Якщо протягом 10 хв не відбувається займання зразка або раніше цього проміжку часу повністю припиняється димовидалення, то випробування зупиняють і відмічають відмову. За температуру займання беруть середнє арифметичне двох температур, які відрізняються не більше ніж на  $10^\circ\text{C}$ , при одній із яких спостерігається займання трьох зразків, а за іншої – три відмови.

**Виклад основного матеріалу.** Експериментальні дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу виявили, що заміна вогнезахисного засобу впливає на показники втрати маси, ознаки самостійного горіння й температури займання.

Збільшення втрати маси зразка призводить до зниження групи вогнезахисної ефективності. Для I групи вогнезахисної ефективності допускається втрата маси зразків до 9%. При втраті маси від 9 до 25% вогнезахисний засіб визначається таким, що забезпечує лише II групу вогнезахисної ефективності.

Випробування з визначення втрати маси деревини показали, що втрати маси для зразків № 1,2; 1,3; 2,2; 3,1; 3,3; 4,1; 4,3 щодо втрати маси зразків, які оброблені одним вогнезахисним засобом, збільшилися в діапазоні від 0,5% до 4,6%, що призвело до зниження групи вогнезахисної ефективності з I до II групи та свідчить про негативний вплив заміни вогнезахисного засобу.

Утрата маси для зразка під № 1,1 збільшилася на 1,4%. Загальна втрата маси не перевищила 9%, що забезпечило збереження I групи вогнезахисної ефективності. Збільшення втрати маси також свідчить про негативний вплив заміни вогнезахисного засобу.

Утрати маси для зразків під № 2,1; 2,3; 3,2; 4,2 зменшилися в діапазоні від 0,2% до 0,6%. Зменшення втрати маси свідчить про покращення показників вогнезахисної ефективності. Динаміку зміни втрати маси подано на рисунку 4, фото зразків після випробувань – на рисунку 5.

Згідно з випробуваннями з контролю за ознакою самостійного горіння, зразки деревини, просочені певним вогнезахисним засобом, вважають непридатними для подальшої експлуатації, якщо більше ніж 10% зразків, які випробувано, підтримують самостійне полуменеве горіння й (або) тління.

За результатами випробувань, непридатними для подальшої експлуатації вважаються зразки № 1,2; 1,3; 2,1; 2,2; 2,3; 3,1; 4,2, оскільки відсоток зрізів, що піддавалися випробуванням, підтримували самостійне полуменеве горіння й (або) тління в діапазоні від 20% до 50%. Загальний вигляд зразків після випробувань подано на рисунку 6.

Узагальнені результати експериментальних досліджень з використанням методу контролювання за ознакою самостійного горіння подано на рисунку 7.

Випробування за температурою займання передбачає визначення температури займання та подальше її порівнювання з величиною, яка дорівнює 85% температури займання, що наведена підприємством-виробником у регламенті робіт із вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний

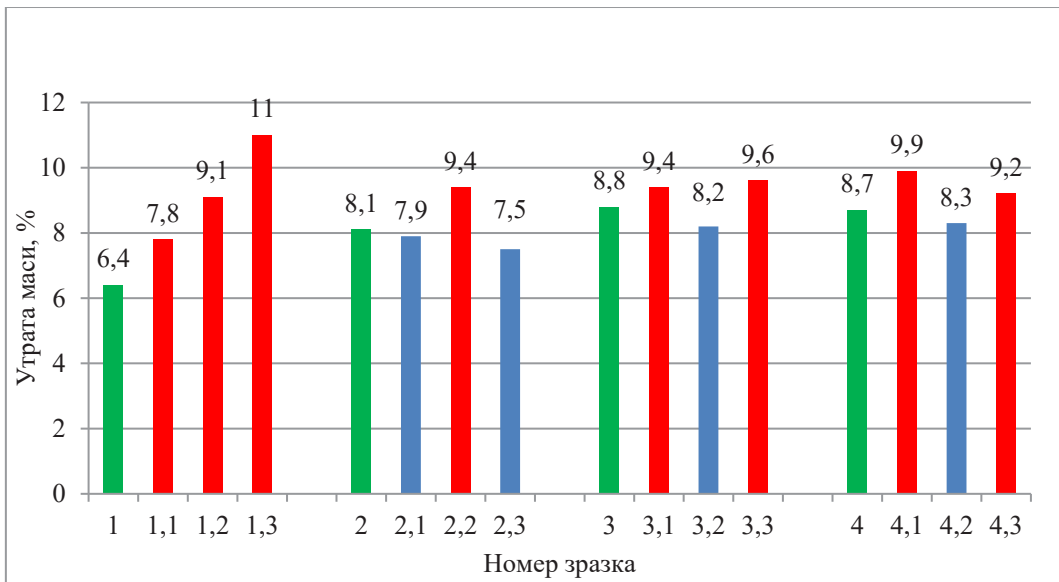


Рис. 4. Динаміка зміни показників утрати маси зразків

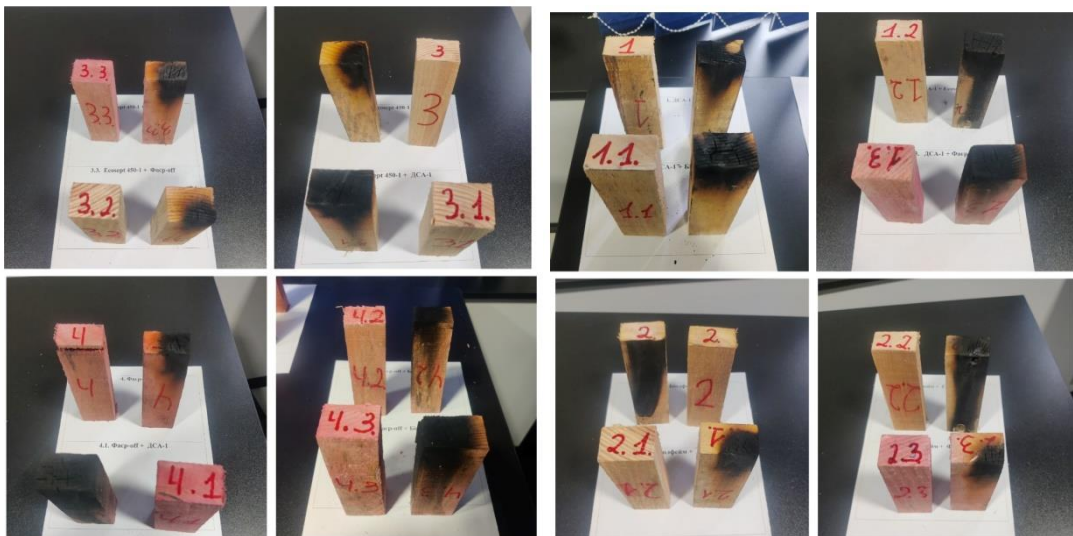


Рис. 5. Фото зразків після експериментальних досліджень із визначення втрати маси

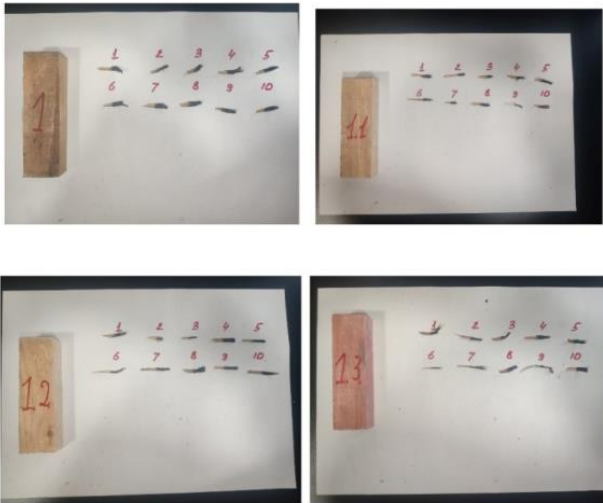


Рис. 6. Фото зразків після експериментальних досліджень з використанням методу контролювання за ознакою самостійного горіння на прикладі зразків № 1–1,3

вогнезахисний засіб, або меншою ніж 355 °С (у разі відсутності значення температури займання в регламенті з вогнезахисту, технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб).

У результаті аналізу регламентів і відкритих джерел інформації щодо вогнезахисних засобів ДСА-1, Біофлейм, Ecossept 450-1, Фаєр-оф наведених температур займання не знайдено. Варто відзначити, що ці температури можуть бути вказані в технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб, які відступні у вільному доступі. Відсутність доступу до цих температур унеможливує здійснення об'єктивних висновків за результатами

проведених досліджень. Проте в науково-дослідній роботі [16] досліджено температуру займання деревини сосни, яка не піддавалась обробленню засобами вогнезахисту, і визначено, що ця температура становить 230 °С. З огляду на цю температуру, можемо проаналізувати динаміку зміни температур з урахуванням заміни вогнезахисного засобу. Результати експериментальних досліджень із визначення температури займання наведено на рисунку 8.

Порівнянням визначених температур займання з температурою займання сосни, яка не піддавалась обробленню засобами вогнезахисту, виявлено, що для всіх зразків температура займання підвищилася в діапазоні від 5 до 85 °С.

Експериментальні дослідження з виготовленням зразків, які піддані повторному вогнезахисному обробляння із заміною вогнезахисного засобу, дають підстави стверджувати, що заміна вогнезахисного засобу впливає на основні показники вогнезахисної ефективності: утрату маси, ознаку самостійного горіння й температуру займання. Загалом динаміка зміни основних показників демонструє їх погіршення.

**Висновки.** На основі отриманих результатів можна припускати, що вогнезахисні засоби можуть бути не сумісними при проведенні повторного вогнезахисного обробляння, оскільки призводять до зниження вогнезахисної ефективності. Подальші дослідження доцільно спрямувати на розроблення вогнезахисного засобу для деревини, що буде придатним для заміни й не призводитиме до зниження показників вогнезахисної ефективності.

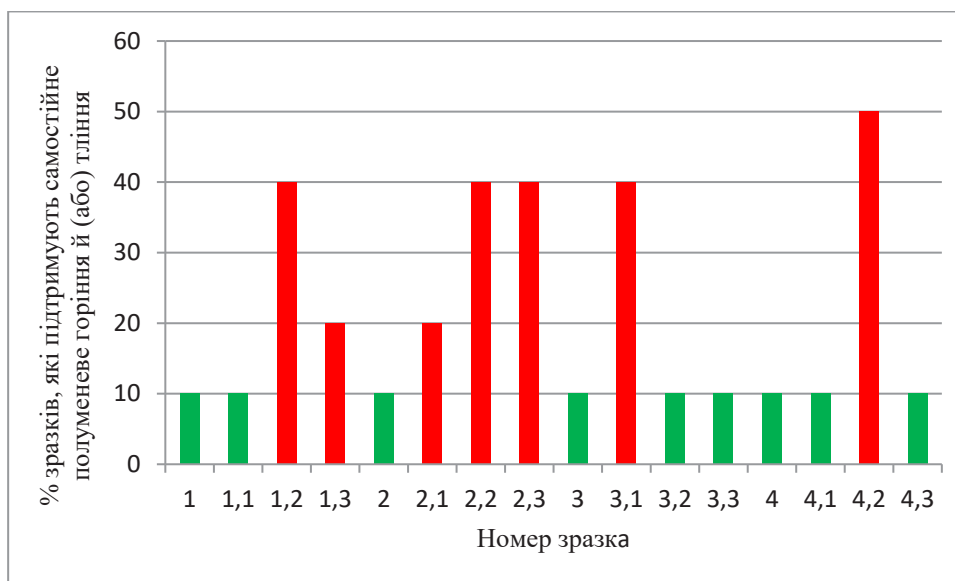


Рис. 7. Результати експериментальних досліджень із використанням методу контролювання за ознакою самостійного горіння



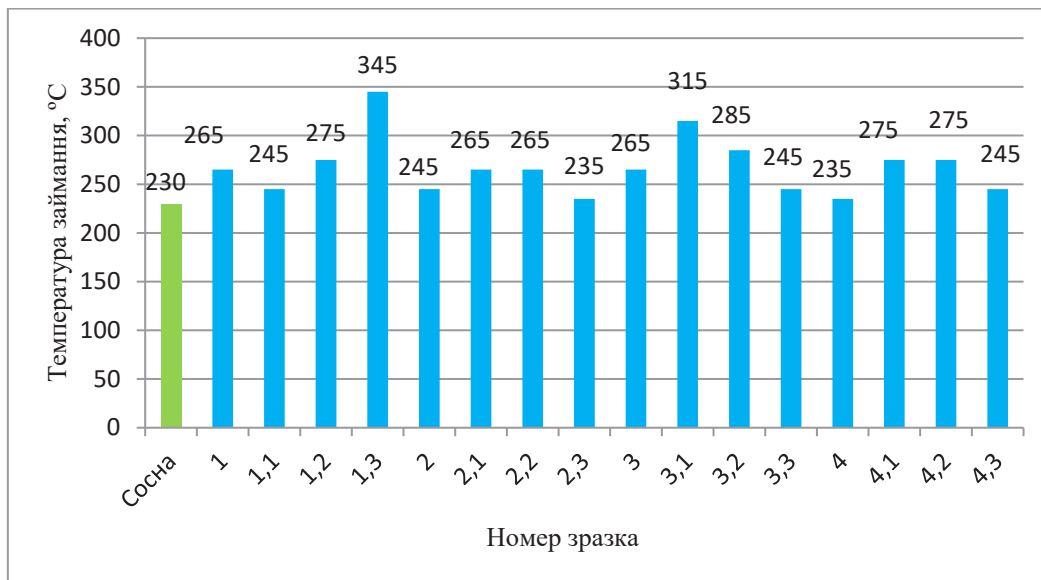


Рис. 8. Результати експериментальних досліджень із визначення температури займання

### Список літератури

1. Comparative study between full cell and passive impregnation method of wood preservation for laser incised Douglas fir lumber / M. N. Islam et al. *Wood Sci Technol.* 2008. № 42. P. 343–350.

2. Гайдук М. О., Гаврилюк А. Ф., Яковчук Р. С. Проблемні аспекти визначення вогнезахисту деревини. *Комунальне господарство міст.* 2024. № 182. Т. 1. С. 187–194. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-187-194.

3. Жартовський С. В. Розвиток наукових основ протипожежного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів водними вогнебіозахисними речовинами: дис. ... докт. техн. наук : 21.06.02. Харків, 2018. 348 с.

4. Чумаченко С. М., Жартовський С. В., Тітенко О. М. Методика розроблення математичної моделі охолоджувального ефекту в процесі нагрівання зразка деревини, просоченого водною вогнебіозахисною речовиною. *Науковий вісник НЛТУ України.* 2016. № 26.8. С. 337–347. <https://doi.org/10.15421/40260851>.

5. Чернуха А. А., Безуглов О. Є., Вачков І. Ю. Ефективність вогнезахисного просочувального засобу ДСА для деревини дубу. *Проблеми пожежної безпеки.* 2017. № 42. С. 170–175. URL: <http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6204>.

6. Вовк С. Я., Пазен О. Ю., Придатко В. В., Ференц Н. О. Вогнезахисна ефективність покриттів для дерев'яних конструкцій на основі силікату натрію. *Пожежна безпека.* 2022. № 41. С. 38–46. <https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.05>

7. Веселівський Р. Б., Смоляк Д. В. Способи вогнезахисту металевих будівельних конструкцій. *Пожежна безпека.* 2021. № 39. С. 63–76. <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08>.

8. Беліков А. С., Шаломов В. А., Корж Є. М., Рагімов С. Ю. Підвищення вогнестійкості

дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини. *Строительство, материаловедение, машиностроение.* 2017. № 98. С. 41–43.

9. Коваленко В. В., Добростан О. В., Тимошенко О. М., Борисова А. С. Удосконалення методу випробувань з визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних засобів. *Цивільний захист та пожежна безпека.* 2022. № 2 (14). С. 44–51. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2\(14\).44-51](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).44-51)

10. Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів «Методи контролю вогнезахисту»: звіт про науково дослідну роботу / В. В. Коваленко, О. В. Добростан, С. В. Новак та інші. Київ : ІДУ НДЦЗ, 2023. 259 с.

11. Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей : 16363-98. [Чинний від 2000-09-01]. Київ : Міждержавний стандарт, 2000. 7 с.

12. Про затвердження Правил з вогнезахисту: наказ Міністерства внутрішніх справ України від 26 грудня 2018 р. № 1064. *Офіційний вісник України.* 2019. № 26. Ст. 2214.

13. Деревина вогнезахисна. Загальні вимоги. Методи випробувань. Транспортування та зберігання : 30219-95. [Чинний від 1998-01-01]. Київ: Міждержавний стандарт, 1996. 12 с.

14. Гаврилюк А. Ф., Гайдук М. О., Дуленко Д. І. Дослідження впливу взаємозаміни вогнезахисного засобу на зниження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій. *Пожежна безпека.* 2021. № 39. С. 12–20. <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.02>.

15. Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація : ДСТУ 8829:2019 [Чинний з 01.01.2020]. Київ : УкрНДНЦ, 2020. 75 с.

16. Шкоруп О. О., Новак С. В., Міщенко С. А. Провести дослідження та розробити вимоги до виконання і приймання робіт з вогнезахисного оброблення будівельних конструкцій та методи контролювання їх якості «Якість вогнезахисту»: звіт про науково дослідну роботу. Київ : УкрНДІПБ, 2010. 330 с.

### References

1. Islam, M. N., Ando, K., Hattori, N., Yamauchi, H., & Kobayashi, Y. (2008). [Comparative study between full cell and passive impregnation method of wood preservation for laser incised Douglas fir lumber]. *Wood Sci Technol.* № 42. 343–350. [in English].

2. Haiduk, M. O., Havryliuk, A. F., & Yarovchuk, R. S. (2024). Problemni aspekty vyznachennia vohnezakhystu derevyny. [Problematic aspects of determining the fire resistance of wood]. *Komunalne gospodarstvo mist – Municipal utilities*, 182, 187–194. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-187-194. [in Ukrainian].

3. Zhartovskiy, S V. (2018). Development of scientific foundations of fire protection of objects with fire load from cellulose-containing materials with aqueous fire-protective substances. Doctor's thesis. Kharkiv [in Ukrainian].

4. Chumachenko, S. M., Zhartovskiy S. V., & Titenko O. M. (2016). Metodyka rozroblennia matematychnoi modeli okholodzhuvального efektu v protsesi nahrivannia zrazka derevyny, prosochenoho vodnoiu vohnebiozakhysnoiu rehovynoiu. [Methodology for developing a mathematical model of the cooling effect during the heating of a wood sample impregnated with an aqueous fire-retardant substance] *Naukovyi visnyk NLTU Ukrainy – Scientific Bulletin of the National Technical University of Ukraine*, 26.8, 337–347 [in Ukrainian]. <https://doi.org/10.15421/40260851>

5. Chernukha, A. A., Bezuhlov, O. Ye., & Vachkov, I. Yu. (2017). Efektyvnist vohnezakhysnoho prosochuvального zasobu DSA dlia derevyny dubu. [Effectiveness of the DSA fire retardant impregnation for oak wood]. *Problemy pozhezhnoi bezpeky – Fire safety issues*, 42, 170–175. URL: <http://repositc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6204>. [in Ukrainian].

6. Vovk, S. Ya, Pazen, O. Yu., Prydatko, V. V., & Ferents, N. O. (2022). Vohnezakhysna efektyvnist pokryt'iv dlia derevianykh konstruksii na osnovi sylikatu natriiu [Fire-resistant effectiveness of coatings for wooden structures based on sodium silicate]. *Pozhezhna bezpeka – Fire safety*, 41, 38–46 <https://doi.org/10.32447/20786662.41.2022.05>. [in Ukrainian].

7. Veselivskiy, R. B., & Smoliak, D. V. (2021). Sposoby vohnezakhystu metalevykh budivelnnykh konstruksii [Methods of fire protection of metal building structures]. *Pozhezhna bezpeka – Fire safety*, 39, 63–76 <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.08>. [in Ukrainian].

8. Bielikov, A. S., Shalomov, V. A., Korzh, Ye. M., & Rahimov, S. Yu. (2017). Pidvyshchennia voh-

nestiikosti derevianykh budivelnnykh konstruksii za rakhunok znyzhennia horiuchosti derevyny [Increasing the fire resistance of wooden building structures by reducing the flammability of wood]. *Stroytelstvo, materyalovedenye, mashynostroenye – Construction, materials science, mechanical engineering*, 98, 41–43 [in Ukrainian].

9. Kovalenko, V. V., Dobrostan, O. V., Tymoshenko, O. M, & Borysova, A. S. (2022). Udoskonalennia metodu vyprobuvan z vyznachennia vohnezakhysnoi zdatnosti vohnezakhysnykh zasobiv [Improvement of the method of testing to determine the fire-resistant properties of fire-resistant substances]. *Tsyvilnyi zakhyst ta pozhezhna bezpeka – Civil protection and fire safety*, (2)(14), 44–51. [https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2\(14\).44-51](https://doi.org/10.33269/nvcz.2022.2(14).44-51). [in Ukrainian].

10. Kovalenko, V. V, Dobrostan, O. V., Novak, S. V, Samchenko, T. V., Dolishnii, Yu. V., & Haiduk, M. O. (2023). Doslidzhennia pokaznykiv yakosti vohnezakhysnykh materialiv «Metody kontroliu vohnezakhystu» [Research on the quality indicators of fire-retardant materials «Fire protection control methods»]. Kyiv: IDU NDTsZ [in Ukrainian].

11. Zasoby vohnezakhysni dlia derevyny. Metody vyznachennia vohnezakhysnykh vlastyvostei: (2000). 16363-98. [Fire retardants for wood. Methods for determining fire retardant properties]: Interstate standard 16363-98]. Kyiv, Derzhkomstat Ukrainy [in Ukrainian].

12. Pro zatverdzhennia Pravyl z vohnezakhystu: nakaz Ministerstva vnutrishnikh sprav Ukrainy: vid 26 hrudnia 2018 r. № 1064. [On approval of the Fire Protection Rules: Order of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine dated December 26, 2018 No. 1064]. (2018, December 26) *Ofitsiyni visnyk Ukrainy – Official Gazette of Ukraine*, № 26. st. 2214 [in Ukrainian].

13. Derevyna vohnezakhysna. Zahalni vymohy. Metody vyprobuvan. Transportuvannia ta zberihannia : (1998). 30219–95. [The wood is fireproof. General technical requirements. Test methods. Transportation and storage]. Kyiv. Derzhkomstat Ukrainy [in Ukrainian].

14. Havryliuk, A. F., Haiduk, M. O. & Dulenko, D. I. (2021). Doslidzhennia vplyvu vzaiemozaminy vohnezakhysnoho zasobu na znyzhennia pokaznykiv vohnezakhysnoi efektyvnosti derevianykh budivelnnykh konstruksii. [Study of the effect of replacing a fire retardant on the reduction of the fire retardant efficiency of wooden building structures]. *Pozhezhna bezpeka – Fire safety*, 39, 12–20 <https://doi.org/10.32447/20786662.39.2021.02>. [in Ukrainian].

15. Pozhezhovybukhonebezpechnist rehovyn i materialiv. Nomenklatura pokaznykiv i metody yikhnoho vyznachennia. Klyasyfikatsiia: (2020). DSTU 8829:2019. [Fire and explosion hazard of substances and materials. Nomenclature of indicators and methods of their determination. Classification]. Kyiv. Derzhkomstat Ukrainy [in Ukrainian].

16. Shkorup, O. O., Novak, S. V, Mishchenko, S. A. (2010). Provesty doslidzhennia ta rozrobyty vymohy

do vykonannya i pryimannya robit z vohnezakhysnoho obrobliannya budivelnykh konstruktsii ta metody kontroliuvannya yikh yakosti «Yakist vohnezakhystu» [To conduct research and develop requirements for the exe-

cution and acceptance of works on fire protection treatment of building structures and methods of controlling their quality «Quality of fire protection»]. Kyiv: UkrN-DIPB [in Ukrainian].

© А. Ф. Гаврилюк, М. О. Гайдук, 2024.

**Науково-методична стаття.**

Надійшла до редакції 25.11.2024.

Прийнято до публікації 18.12.2024.