



**С. В. Жартівський**

*Український науково-дослідний інститут цивільного захисту, м. Київ, Україна*

## ТЕХНІЧНІ МЕТОДИ АУДИТУ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ ОБ'ЄКТІВ З ПОЖЕЖНОЮ НАВАНТАГОЮ ІЗ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

Обґрунтовано актуальність створення технічних методів аудиту пожежної безпеки об'єктів з пожежною навантагою із деревини. Визначено особливу вразливість об'єктів з пожежною навантагою із дерев'яних будівельних конструкцій, оскільки вони здатні займатись навіть від малокалорійних джерел займання. Встановлено, що температура займання поверхневого шару деревини є чутливим фізико-хімічним параметром незахищеної та вогнезахищеної деревини, який доцільно використати як для визначення критерію якості робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій на об'єктах, так і для контролю рівня збереження нормативного ступеня вогнезахисту цих конструкцій упродовж їх експлуатації. Визначено найадекватнішу методику визначення температури займання деревини, в якій використовується відкрите полум'я, що відповідає найбільш вірогідним умовам розвитку пожежі. Представлено емпіричну формулу розрахунку коефіцієнта якості вогнезахисного оброблення деревини, що ґрунтується на визначенні температури займання обробленої і необробленої деревини. Наведено експериментальні дані та розрахунки запропонованого коефіцієнта якості для соснової деревини, що оброблена традиційними та новітніми водними вогнебіозахисними речовинами. Наведено методику натурних вогняних випробувань макету пожежної навантаги, який відтворює реальну пожежну навантагу односкатну конструкції даху. Результати натурних вогняних випробувань доводять, що якісне оброблення дерев'яних будівельних конструкцій водними вогнебіозахисними речовинами ДСА-1М та ФСГ-2М забезпечує попередження та/або ліквідацію пожежі на початковій стадії її розвитку.

**Ключові слова:** водні вогнебіозахисні речовини; температура займання деревини.

**Вступ.** Аналіз статистики пожеж, що виникали на теренах колишнього СРСР, свідчить про те, що значна кількість пожеж характеризується тим, що горючими матеріалами є деревина і тканини, особливо на об'єктах з масовим перебуванням людей, де в 70,09 % випадках деревина була основним горючим матеріалом. А кількість загиблих людей у цих випадках становить 92 % від загального числа загиблих людей на пожежах (Varatov, & Molchadskii, 2011). Ця тенденція зберігається, оскільки популярність використання деревини в житловому будівництві, як одного з найбільш екологічно безпечних матеріалів, дедалі зростає. Оскільки невогнезахищена деревина є легкозаймистим матеріалом, об'єкти з пожежною навантагою із деревини можуть ставати надзвичайно вразливими в умовах сьогодення, коли значно зросла ймовірність терористичних атак. Тому часто-густо об'єкти з масовим перебуванням людей, конструкції яких виконано із деревини, відносять до критичної інфраструктури, що потребує особливого режиму захисту (PATRIOT ACT, n.d.; Biriukov, & Kondratov, 2012; Muresan, & Caceu, 2010; Konceptcia, n.d.; Národný program, n.d.; UGF-s, 2006; Zakon za upravljenje na krizi, n.d.).

Отже, в сучасних умовах зростає актуальність пожежного аудиту. Зазвичай під пожежним аудитом розуміють незалежну оцінку пожежного ризику, яку прово-

дить експертна організація. Він має достовірно визначити, наскільки об'єкти є безпечними з погляду пожежної безпеки. У високо розвинених (в економічному сенсі) країнах світу пожежний аудит зводиться до документальної перевірки (National Building Code of Canada, 2010; Fire Safety, 2015), оскільки суспільно-економічні важелі давно виховали у суб'єктів господарювання сумлінне ставлення як до належного дотримання протипожежних нормативів, так і до якісного виконання вогнезахисних робіт. Україна іще тільки стоїть на шляху гармонізації власних протипожежних нормативів із світовими стандартами, тому залишаються актуальними технічні методи контролю та якості виконання робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, і збереження рівня їх вогнезахисту терміну експлуатації.

Тривалий час якість вогнезахисного оброблення на об'єктах контролюють експрес-методом (GOST 30219–95, 1995), сутність якого полягає в тому, що з вогнезахищеної дерев'яної конструкції знімають зразок поверхневого шару деревини завтовшки до 1 мм. Цей зразок поміщають у полум'я сірника і витримують у ньому впродовж 15 с. Якщо після видалення джерела запалювання зразок не підтримує самостійного горіння та тління, вогнезахисне оброблення вважають якісним (Zhartovskyi, et al., 2012).

Відомо декілька намагань удосконалення цього

### Інформація про авторів:

**Жартівський Сергій Володимирович**, канд. техн. наук, ст. наук. співробітник, провідний науковий співробітник науково-дослідного центру. Email: zhart20@ukr.net

**Цитування за ДСТУ:** Жартівський С. В. Технічні методи аудиту пожежної безпеки об'єктів з пожежною навантагою із дерев'яних будівельних конструкцій. Науковий вісник НЛТУ України. 2018, т. 28, № 1. С. 85–90.

**Citation APA:** Zhartovskyi, S. V. (2018). Technical Methods of Fire Safety Audit of the Facilities Made of Wooden Building Structures Subject to Fire Load. *Scientific Bulletin of UNFU*, 28(1), 85–90. <https://doi.org/10.15421/40280117>

експрес-методу. Наприкінці 80-х років ХХ ст. у ВНДІ-ПО МВС СРСР було розроблено малогабаритний прилад ПМП-1, в якому джерелом займання слугує полум'я газової запальнички (Vazhenov & Naumov, 2007). Але сутність експрес-методу від цього не змінилась, оскільки в ньому також визначають вплив відкритого полум'я, як джерела займання, на поверхню зразка вогнезахищеної деревини (Zhartovskiy, et al., 2012).

У 1995 р. розглянутий експрес-метод набув стандартизованого статусу і його було введено до складу міждержавного стандарту ГОСТ 30219 "Деревина вогнезахищена. Загальні технічні вимоги. Методи випробування. Транспортування і збереження" (ГОСТ 30219–95, 1995). У ньому, зокрема, в п. 5.7, зазначено, що для поверхневих способів просочення якості виконаного вогнезахисту, а також його забезпечення у процесі експлуатації визначається експрес-методом. За наявності суперечливих результатів можуть проводитися випробування за (ГОСТ 16363–98, 1998). Поверхнєве вогнезахисне оброблення вважається якісним, а вогнезахищена деревина відповідає II групі, якщо після видалення джерела вогню не менше ніж 90 % проб не будуть підтримувати самостійного горіння і тління ... п. 5.8 Визначення якості вогнезахищеної деревини I групи здійснюють в лабораторних умовах за методами, які встановлені стандартами.

Стосовно наведеної інформації треба зазначити. Перше, ще не наведено сутності експрес-методу, а вже надають застереження, що за наявності результатів, що суперечать один одному, можуть проводити випробування за (ГОСТ 16363–98, 1998). Із цього абзацу не зрозуміло, що саме і чому може суперечити. По-друге, не логічним є ствердження про те, що вогнезахищена деревина відповідає II групі, якщо після видалення джерела вогню не менше ніж 90 % проб не будуть підтримувати самостійного горіння і тління, оскільки ті самі фізико-хімічні явища (властивості) будуть притаманні і вогнезахищеній деревині I групи. По-третє, пункт 5.8 містить посилання на неіснуючі до теперішнього часу стандарти, які б містили методи і методики визначення якості вогнезахищеної деревини I групи.

На теперішній час у Російській Федерації додатково до основного експрес-методу (методу "стружки") в ролі арбітражного використовують лабораторні методи диференціального термічного аналізу (Smirnov, Bulaga & Duderov, 2004), за якими досліджують термічні перетворення у вогнезахищеній деревині в інтервалі температур займання цього матеріалу. Зазначені методи можливо використовувати навіть для ідентифікації вогнезахисних засобів, які були використані на об'єкті (Duderov & Melkovskii, 2007). Але недоліком цих методів є те, що в них не використовується відкрите полум'я і таким чином не імітується весь комплекс процесів, що впливає на вогнезахищену деревину під час реальних пожеж, і це також суперечить вимогам стандарту (DSTU GOST 15.001, 2009).

Об'єктом цього дослідження є технічні методи контролю якості робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій та контролю рівня збереження нормативного ступеня вогнезахисту впродовж їх експлуатації на об'єкті. А предметом – фізико-хімічні властивості незахищеної та вогнезахищеної деревини, які можливо використати для визначення значущого критерію у зазначених методах контролю.

**Метою дослідження** є встановлення фізико-хімічних властивостей незахищеної та вогнезахищеної деревини, які можливо використати для визначення критерію якості робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій та контролю рівня збереження нормативного ступеня вогнезахисту цих конструкцій протягом їх експлуатації.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** Потрібно зазначити, що розподіл джерел займання за енергетичною здатністю не завжди доцільний, оскільки тоді з контексту випадає масова характеристика пожежної навантаги. Якщо вважати, що полум'я сірника є малокалорійним джерелом займання, то таке ствердження є справедливим для маси навантаги із деревини в декілька кілограмів і більше. Але для описаного вище зразка масою в декілька грамів, таке джерело займання можна вважати висококалорійним, оскільки полум'я сірника за 10–15 с здатне нагріти матеріал до 550 °С і більше. Отже, температурний інтервал від 20 до 550 °С можна використати в ролі випробувального для зразків поверхневого шару вогнезахищеної деревини, оскільки всі значення температур займання цього матеріалу знаходяться в цьому інтервалі. Отже, розглянуті фізико-хімічні властивості вогнезахищеної деревини дають підставу вважати зазначений експрес-метод об'єктивним та адекватним для визначення якості вогнезахисного оброблення дерев'яних конструкцій на реальних об'єктах. Основним недоліком цього методу є те, що випробування дають інтегральну характеристику вогнезахищеної деревини, не проводячи її диференціацію за ефективністю застосованих вогнезахисних засобів (Zhartovskiy, et al., 2012; Zhartovskiy, et al., 2012).

Найкраща ж імітація впливу процесів пожежі на вогнезахищену деревину відтворюється під час визначення температури займання (Andruseiko & Hrytsiuk, 2013; Andruseiko et al., 2013). Для перевірки цього твердження проведено дослідження з визначення температури займання вогнезахищеної деревини різної якості (Dovbysh, Novak & Dyven, 2010). Різні показники ефективності отримували шляхом спеціального регулювання кількості вогнезахищеної речовини, яку вводили в стандартний зразок деревини розміром 150×60×30 мм із застосуванням способів оброблення, які наведено в технічній документації на вогнезахисний засіб та відповідно до вимог (ГОСТ 20022.0–93, 1993). Для кожної вогнезахисної речовини (ВВБЗР), сертифікованої в Україні (ДСА-2М, БС-13, ХМББ, ДМФББ, ФСГ-1М, Неомид 450–1), готували по 10 зразків, шість з них використовували для визначення показників якості вогнезахисту за прискореним методом відповідно до (ГОСТ 16363–98, 1998), а інші чотири зразки – для визначення показника температури займання за п. 4.7 (ГОСТ 12.1.044–89, 1989). В останньому випадку з кожного зразка розміром 150×60×30 мм з верхнього шару деревини зрізали проби завтовшки  $1,0^{±0,1}$  мм, завдовжки  $25,0^{±0,1}$  мм і завширшки так, щоб вага проби дорівнювала  $3,0^{±0,1}$  г. Результати експериментальних досліджень наведено в табл. 1.

За результатами визначення температури займання зразків вогнезахищеної деревини можна побудувати ряди ефективності або якості вогнезахисного оброблення. Зазначені ряди характерні для кожної окремої вогнезахисної речовини: для ДСА-2М – від 398 до 275 °С; для

БС-13 – від 295 до 250 °С; для ДМФББ – від 365 до 250 °С. На практиці набагато зручніше користуватися відносними величинами. Тому, використовуючи температуру займання необробленої деревини (Zhartovskiy, et al., 2012), можна запропонувати емпіричну формулу для визначення коефіцієнта якості вогнезахисного оброблення

$$K_y = 100 (1 - T_{zn}/T_{zv}), \quad (1)$$

де:  $T_{zn}$  – температура займання необробленої деревини;  $T_{zv}$  – температура займання вогнезахисної деревини.

Використовуючи наведену формулу, розраховано коефіцієнти якості вогнезахисного оброблення за використання різних засобів вогнезахисту, які наведено в табл. 1. Запропонований метод визначення коефіцієнта якості вогнезахисного оброблення деревини апробували під час натурних випробувань макетних зразків дерев'яних конструкцій дахів.

Як макет пожежної навантаги використовували дерев'яні конструкції, які відтворювали реальну пожежну навантагу конструкції даху, з найпоширенішим кутом нахилу 25°. Зразки обробляли вогнебіозахисними засобами ДСА-1М та ФСГ-2М. Вологість брусків вимірювали за допомогою вологоміра типу FE-UCHTJGKEJTSMESSER, яка була в межах 9–10 %. Оброблення проводили згідно з вимогами відповідних регламентів на вогнезахисні засоби способом поверхневого нанесення. З вогнебіозахисної деревини відібрали зразки верхнього шару товщиною 1 мм і визначили температуру займання. Встановлено, що температура займання деревини, що оброблена ВВБЗР ДСА-1М, становить 378 °С, а ФСГ-2М – 367 °С. Відповідно, розраховані коефіцієнти якості становили  $K_y$  (ДСА-1М) = 42 та  $K_y$  (ФСГ-2М) = 40, що свідчить про якісне вогнезахисне оброблення.

Макет пожежної навантаги відтворює 1/6 частину односкатної форми даху будівлі з пожежною навантагою  $P = 8 \text{ МДж/м}^2$ , що відповідає значенню пожежної навантаги реальної конструкції найпоширенішого в Україні даху будівлі. Макет пожежної навантаги складався: з дерев'яних неструганих соснових дощок та крокви розмірами в поперечному перерізі 500×500 мм, які уклали на металевий каркас; трьох термопар типу ТХА, що встановлювали у верхній, середній та нижній частинах макета пожежної навантаги, вздовж його центральної осі (рис.); пристрою ІВС "Термокопт" для реєстрації значень температур у визначених точках; модельного вогнища пожежі класу В для підпалювання макета пожежної навантаги.



Рис. Фрагмент макета пожежної навантаги із вогнебіозахисної деревини та модельного вогнища типу 21В

Як вогнище класу В було вибрано модельне вогнище типу 21 В, що представляє собою металеве деко із внутрішнім діаметром  $d = 900 \text{ мм}$ , висотою бортика  $h = 150 \text{ мм}$ . У деко заливали 7 л води та:

- 4 л бензину марки А-92, що забезпечувало  $300^{±15}$  с його горіння, що відповідає нормативному проміжку часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів на пожежу у міському населеному пункті;
- 12,5 л бензину марки А-92, що забезпечувало  $900^{±40}$  с його горіння, що перевищує нормативний проміжок часу прибуття пожежно-рятувальних підрозділів на пожежу у сільському населеному пункті.

Макет пожежної навантаги укладали на металевий каркас. Перед випробуванням макет встановлювали на тензометричні ваги, для визначення втрати маси макета до та після випробувань. Абсолютна похибка вимірювань не перевищувала 100 г. Випробування розпочинали після підпалювання вогнища пожежі класу В. Після його вигорання фіксували наявність горіння дерев'яних частин макета або повторне їх займання впродовж 20 хв від моменту вигорання вогнища пожежі класу В та поширення полум'я поверхнею дерев'яних конструкцій. Розраховували втрату маси оброблених вогнезахисними речовинами дерев'яних конструкцій після вогневого впливу. Відносну втрату маси зразків  $P$  (%) визначали за формулою

$$P = \frac{m_1 - m_2}{m_1} \cdot 100, \% \quad (2)$$

де:  $m_1$  – маса дерев'яних конструкцій до випробувань, кг;  $m_2$  – маса дерев'яних конструкцій після випробувань, кг.

Ефективності вогнезахисних засобів ДСА-1М, ФСГ-2М оцінювали за значеннями температур, які вимірювали під час вогневих випробувань термопарами та реєстрували за допомогою пристрою ІВС "Термокопт", а також за глибиною обуглення дерев'яних конструкцій після впливу полум'я, що вимірювали за допомогою штангенциркуля. Заміри глибини обуглення дерев'яних конструкцій у макеті пожежної навантаги проводили у верхній, нижній та середній частинах макета пожежної навантаги в радіусі не більше ніж 0,1 м від встановлених термопар.

Узагальнені результати досліджень з визначення ефективності вогнезахисту дерев'яних конструкцій макета пожежної навантаги даху, які були оброблені ВВБЗР ДСА-1М та ФСГ-2М, наведено в табл. 2.

**Результати дослідження та їх обговорення.** Для кожної ВВБЗР можна визначити діапазони значень  $K_y$ , які відповідають першій або другій групі ефективності. Наприклад, для ВВБЗР ДСА-2М для забезпечення першої групи ефективності  $K_y$  має бути не менше 35, а для забезпечення другої групи  $K_y$  має бути в діапазоні значень від 32 до 16. У подальшому для достовірної оцінки вогнезахисних властивостей конструкцій із деревини (якості вогнезахисту) доцільно провести додаткові лабораторні випробування з визначення температури займання деревини, вогнезахисної сертифікованими в Україні вогнезахисними засобами, для складання еталонної бази даних.

Отже, за критерій якості вогнезахисного оброблення дерев'яних конструкцій на об'єктах можна прийняти температуру займання верхнього шару вогнезахисної деревини завтовшки 1 мм.



**Табл. 1. Результати експериментальних досліджень з визначення втрати маси і температури займання зразків деревини сосни, захищених різними вогнезахисними засобами, та розрахованих коефіцієнтів якості  $K_{я}$**

Вогнезахисна речовина	№ групи зразків	Спосіб оброблення	Витрата вогнезахисної речовини (робочого розчину), г/м <sup>2</sup>	Втрата маси зразка за ГОСТ 16363, %	Група ефективності за ГОСТ 16363	Температура займання, °С	Коефіцієнт якості ( $K_{я}$ )	Температура відхідних газів за ГОСТ 16363, °С
ДСА-2М	1	Гаряча – холодна ванна	654	5,1	I	498	49	298
	2	Поверхневий, 2 рази	517	7,8	I	370	38	196
	3	Поверхневий, розбавлений розчин, 2 рази	287	11,3	II	340	32	257
	4	Поверхневий, розбавлений розчин, 2 рази	248	16,1	II	305	25	285
	5	Поверхневий, розбавлений розчин, 2 рази	232	20,2	II	275	16	297
БС-13	6	Гаряча – холодна ванна	717	6,5	I	295	22	200
	7	Поверхневий, 2 рази	320	14	II	280	18	265
	8	Поверхневий, 2 рази	280	18	II	250	8	295
ФСГ-1М	9	Поверхневий, 2 рази	512	12	II	315	27	261
	10	Поверхневий, 2 рази	481	14	II	300	25	338
	11	Поверхневий, 2 рази	315	18	II	265	13	385
ДМФББ	12	Гаряча – холодна ванна	680	8,5	I	315	37	325
	13	Поверхневий, 2 рази	503	15	II	300	24	413
	14	Поверхневий, 2 рази	285	23	II	265	10	495
ХМББ	15	Гаряча – холодна ванна	420	12	II	295	21	498
	16	Поверхневий, 2 рази	280	17	II	280	18	539
	17	Поверхневий, 2 рази	230	22	II	250	8	540
Неомид 450-1	18	Поверхневий, 4 рази	408	12,6	II	295	22	455
	19	Поверхневий, 4 рази	291	15,3	II	275	16	575
	20	Поверхневий, 4 рази	205	19	II	265	13	594

Дані табл. 1 свідчать, що для кожної речовини характерна особиста максимальна температура займання, коли ефективність вогнезахисної деревини відповідає першій групі: для ДСА-2М ця температура становить 410 °С, для ДМФББ – 365 °С, для БС-13-295 °С. Із збільшенням втрати маси зразків, що оброблені різними вогнезахисними засобами, відповідно зменшується температура займання цих зразків від 300 до 250 °С. Під

час використання речовин ФСГ-1М, ХМББ, Неомид 450-1 не вдалося отримати зразків, які б відповідали першій групі ефективності вогнезахисту. Потрібно зазначити високу температуру відхідних газів під час випробування зразків, що оброблені ВВБЗР ХМББ та Неомид 450-1 (вона досягає майже 600 °С за втрати маси зразків 19–22 %).

**Табл. 2. Узагальнені результати досліджень щодо визначення ефективності вогнезахисту дерев'яних конструкцій макета пожежної навантаги даху, які були оброблені ВВБЗР ДСА-1М та ФСГ-2М**

Зразок для випробування	Час впливу вогнища класу В, с	Спосіб оброблення	Критерії оцінювання вогнезахисної ефективності		
			макс. знач. температур у точках 1, 2, 3 під час горіння вогнища класу В, °С	втрата маси макета пожеж. навантаги, %	глибина обуглення дерев'яних брусків у точках 1, 2, 3, мм
Дерев'яні конструкції, що оброблені ВВБЗР ДСА-1М	300	поверхнєве нанесення	625, 691, 682	12,3	1,0–1,5–2,0
	900	поверхнєве нанесення	721, 863, 796	29,6	1,0–3,0–5,0
Дерев'яні конструкції, що оброблені ВВБЗР ФСГ-2М	300	поверхнєве нанесення	717, 922, 791	15,6	1,0–1,5–2,0
	720	поверхнєве нанесення	791, 938, 792	28,9	2,0–3,0–5,0

Після вигорання вогнища класу В упродовж 300 с та 900 с для дерев'яних конструкцій макета пожежної навантаги, які було оброблено ВВБЗР ДСА-1М та ФСГ-2М методом поверхнєвого нанесення, зафіксували відсутність полум'яного горіння дерев'яних конструкцій та жару на їх поверхні, а самі дерев'яні конструкції не втратили цілісності.

**Висновки.** Проведені аналітичні та експериментальні дослідження щодо визначення температури займання вогнезахисної деревини різними вогнезахисними речовинами та виконані розрахунки запропонованого коефіцієнта якості вогнезахисного оброблення утворюють підґрунтя для створення експериментально-розрахункового методу визначення якості робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій та контролю рівня збереження нормативного ступеня вогнезахисту цих конструкцій упродовж їх експлуатації на об'єктах.

Унаслідок проведених полігонних випробувань встановлено, що для протипожежного захисту дерев'яних конструкцій дахів доцільно використовувати ВВБЗР ФСГ-2М або ДСА-1М, оскільки їх застосування (методом поверхнєвого просочення) дає можливість впевненого затримання пожежі на її початковій стадії розвитку.

#### Перелік використаних джерел

- Andruseiko, O. B., & Hrytsiuk, Yu. I. (2013). Poperedzhennia vynyknennia pozhezhi na skladakh zberihannia pylomaterialiv. Zabezpechennia pozheznoi ta tekhnolohnoi bezpeky: mater. Vseukr. nauk.-prakt. konf., 12 hrudnia 2013 r., (pp. 9–12), m. Kharkiv, Ukraina. Kharkiv: Vyd-vo NU tsvy. zakhystu. [In Ukrainian].
- Andruseiko, O. B., Hrytsiuk, Yu. I., Berezhanskyi, T. H. (2013). Sklady zberihannia pylomaterialiv: osoblyvosti poperedzhennia vynyknennia pozhezhi. *Pozhezha bezpeka: zb. nauk. prats*, 23, 51–59. Lviv: Vyd-vo LDU BZhd. [In Ukrainian].

- Baratov, A. N., & Molchadskii, I. S. (2011). *Gorenje na požare: monografija*. Moscow: VNIPO. 503 p. [In Russian].
- Bazhenov, S. V., & Naumov, Iu. V. (2007). *Kontrol kachestva ognезashhishhennoi obrabotki drevesiny s ispolzovaniem malogabaritnogo pribora PMP-1. Pozharnaia bezopasnost*, 2, 67–71. [In Russian].
- Biriukov, D. S., & Kondratov, C. I. (2012). *Stratehiia zakhystu krytychnoi infrastruktury v systemi natsionalnoi bezpeky derzhavy. Stratehichni priorytety*, 3(24), 107–113. [In Ukrainian].
- Dovbysh, A. V., Novak, S. V., & Dyven, Yu. V. (2010). *Metody otsiniuvannia yakosti vohnezakhyshchenoho obroblennia budivelnykh konstrukttsii. Naukovyi visnyk UkrNDIPB: naukovyi zhurnal*, 1(21), 39–46. Kyiv. [In Ukrainian].
- DSTU GOST 15.001 (2009). SRPP. *Produkttsiia proizvodstvennogo naznacheniiia*. Retrieved from: <http://dnop.com.ua/dnaop/act16694.htm>. [In Russian].
- Dudarov, N. G., & Melkovskii, S. S. (2007). *Identifikatsiia ognезashhitnykh pokritii s pomoshchiu metodov differentsialnogo termicheskogo analiza. XX Mezhdunar. nauchn.-prakt. konf., posviashhennaia 70-letiiu VNIPO*, (pp. 230–232). Moscow: VNIPO. [In Russian].
- Fire Safety. (2015). *The New York State Comptroller*. Retrieved from: <https://www.osc.state.ny.us/localgov/audits/swr/2015/firesafety/global.pdf>
- GOST 12.1.044–89. (1989). *Pozharovzryvoopasnost veshhestv i materialov. Nomenklatura pokazatelei i metody ikh opredeleniia*. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/gost-12-1-044-89>. [In Russian].
- GOST 16363–98. (1998). *Mezhgosudarstvennyi standart. Sredstva ognезashhitnye dlia drevesiny. Metody opredeleniia ognезashhitnykh svoistv*. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200003142>. [In Russian].
- GOST 20022.0–93. (1993). *Zashhita drevesiny. Parametry zashhishhemosti*. Retrieved from: <http://docs.cntd.ru/document/1200003167>. [In Russian].
- GOST 30219–95. (1995). *OST 30219–95. Drevesina ognезashhishhemaiia. Obshhie tekhnicheskie trebovaniia. Metody ispytaniia. Transportirovanie i khranenie*. Retrieved from: [http://dnaop.com/html/42455/doc-ГОСТ\\_30219–95](http://dnaop.com/html/42455/doc-ГОСТ_30219–95). [In Russian].
- Koncepcia. (n.d.). *Koncepcia kritickej infrastruktury v Slovenskej republike a sposob jej och rany a obrany*. Retrieved from: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10691>
- Muresan, L., & Caceu, S. (2010). *Critical infrastructures protection a Romanian perspective. Risk and security in the global world*. Summer school. Retrieved from: <http://bsu.ase.ro/oldbsu/anexe/lectures2010/>
- Národný program. (n.d.). *Národný program pre ochranu a obranu kritickej infrastruktury v Slovenskej republike*. Retrieved from: <http://www.minv.sk/?ochranakritickej-infrastruktury&subor=10692>
- National Building Code of Canada. (2010). *National Research Council, Ottawa, ON, 2010*. Retrieved from: [https://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/publications/codes\\_centre/2010\\_national\\_building\\_code.html](https://www.nrc-cnrc.gc.ca/eng/publications/codes_centre/2010_national_building_code.html)
- PATRIOT ACT. (n.d.). *Uniting and strengthening America by providing appropriate tools required to intercept and obstruct terrorism*. Retrieved from: <http://frwebgate.access.gpo.gov>.
- Smirnov, N. V., Bulaga, S. N., & Dudarov, N. G. (2004). *Kontrol kachestva ognезashhitnykh rabot. Pozharnaia bezopasnost*, 6, 51–56. [In Russian].
- UGF-s. (2006). *Special underground facilities (UGF-s) serving for the critical infrastructure. New challenges in the field of military science: international scientific conference. November 7–8*. Retrieved from: <http://hadmernok.hu/kulonszamok/newchallenges/szalai.html#12>
- Zakon za upravljenje na krizi. (n.d.). *B'lgarskiiat praven portal*. Retrieved from: <http://www.lex.bg/forum/viewtopic.php?t=38583>. [In Russian].
- Zhartovskiy, V. M., Zhartovskiy, S. V., Dobrostan, O. V., & Kovalenko, V. V. (2012). *Analiz metodiv otsiniuvannia yakosti vohnezakhystu derevyny, obroblenoii vohnezakhysnymy rehovynamy. Materialy 14-i Vseukrainskoi naukovopraktychnoi konferentsii ritativalnykiv 26–27 veresnia*, (s. 176–179). [In Ukrainian].
- Zhartovskiy, V. M., Zhartovskiy, S. V., Dobrostan, O. V., Kovalenko, V. V., & Sheveriev, Ye. Yu. (2012). *Vybir metody otsiniuvannia yakosti vohnezakhysnoho obroblennia derevianykh konstrukttsii. Naukovyi visnyk UkrNDIPB*, 1(25), 137–144. [In Ukrainian].

**C. В. Жартовский**

*Украинский научно-исследовательский институт гражданской защиты, г. Киев, Украина*

## ТЕХНИЧЕСКИЕ МЕТОДЫ АУДИТА ПОЖАРНОЙ БЕЗОПАСНОСТИ ОБЪЕКТОВ С ПОЖАРНОЙ НАГРУЗКОЙ ИЗ ДЕРЕВЯННЫХ СТРОИТЕЛЬНЫХ КОНСТРУКЦИЙ

Обоснована актуальность создания технических методов аудита пожарной безопасности объектов с пожарной нагрузкой из древесины. Определена особая уязвимость объектов с пожарной нагрузкой из деревянных строительных конструкций, поскольку они способны возгораться даже от малокалорийных источников зажигания. Установлено, что температура воспламенения поверхностного слоя древесины является чувствительным физико-химическим параметром незащищенной и огнезащищенной древесины, который целесообразно использовать как для определения критерия качества работ по огнезащите деревянных строительных конструкций на объектах, так и для контроля уровня сохранения нормативной степени огнезащиты этих конструкций в течение срока их эксплуатации. Предложено применение наиболее адекватной методики определения температуры воспламенения древесины, в которой используется открытое пламя, что соответствует наиболее вероятным условиям развития пожара. Представлена эмпирическая формула расчета коэффициента качества огнезащитной обработки древесины, основанная на определении температуры воспламенения обработанной и необработанной древесины. Приведены экспериментальные данные и расчеты предложенного коэффициента качества для сосновой древесины, обработанной традиционными и новейшими водными огнебиозащитными веществами. Представлена методика натуральных огневых испытаний макета пожарной нагрузки, которая воспроизводит реальную пожарную нагрузку односкатной конструкции крыши. Результаты натуральных огневых испытаний показывают, что качественная обработка деревянных строительных конструкций водными огнебиозащитными веществами ДСА-1М и ФСГ-2М обеспечивает предупреждение и/или ликвидацию пожара на начальной стадии его развития.

**Ключевые слова:** водные огнебиозащитные вещества; температура воспламенения древесины.

**S. V. Zhartovskiy**

*Ukrainian Scientific Research Institute of Civil Defense, Kyiv, Ukraine*

## TECHNICAL METHODS OF FIRE SAFETY AUDIT OF THE FACILITIES MADE OF WOODEN BUILDING STRUCTURES SUBJECT TO FIRE LOAD

The relevance of creation of the technical methods for fire safety audit of the facilities made of wooden building structures subject to fire load classified as the critical infrastructure facilities of the state, the disruption or destruction of which leads to extremely serious consequences for the social and economic spheres of the state, adversely affecting the level of defense and national security,

is substantiated. Statistical analysis determined the particular vulnerability of facilities made of wooden building structures subject to fire load, since they can be set on fire even by low-calorie ignition sources. It is determined that the ignition temperature of the surface layer 1 mm thick is a sensitive physical and chemical feature of the flame-protected and unprotected wood, which should be used both to determine the quality of work for fire protection of the building structures at facilities and to monitor the compliance with regulatory fire safety degree at the facilities during their operation. The most adequate method to determine the wood ignition temperature was identified. It uses an open flame, which corresponds to the most likely conditions of fire. An empirical formula to calculate the quality factor of wood fireproof treatment based on determining the ignition temperature of the treated and untreated wood was presented. The experimental data and calculations of the proposed quality ratio for pine wood treated with conventional and new water-based fire-retardant bioprotective agents were provided. The method of field fire tests of the fire load model simulating the actual fire load on the roof structure with the most common angle of  $25^\circ$  is presented. The fire load model is  $1/6$  of the wooden structures of a single-slope shape of the building roof with the fire load of  $P = 8 \text{ MJ/m}^2$ , corresponding to the actual fire load on a real structure of the most common building roof in Ukraine. The results of the field fire tests show that high-quality treatment of the wooden building structures with water-based fire-retardant bioprotective agents DSA-1M and FSG-2M endures the fire prevention and/or extinguishing at an early stage of its development.

**Keywords:** water-based fire-retardant bioprotective agents; wood ignition temperature.