ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ЛЬВІВСЬКИЙ ДЕРЖАВНИЙ УНІВЕРСИТЕТ БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

Кваліфікаційна наукова
праця на правах рукопису

ГАЙДУК МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ

УДК 614.841.45

ДИСЕРТАЦІЯ

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ПРОСОЧУВАЛЬНИМИ ВОГНЕБІОЗАХИСНИМИ РЕЧОВИНАМИ ПРИ ЗАМІНІ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ

21.06.02 – пожежна безпека
(261 пожежна безпека)

Подається на здобуття наукового ступеня доктора філософії

Дисертація містить результати власних досліджень. Використання ідей, результатів і текстів інших авторів мають посилання на відповідне джерело.

_____ М.О. Гайдук

Науковий керівник: Гаврилюк Андрій Федорович кандидат технічних наук, доцент.

Львів – 2025

АНОТАЦІЯ

Гайдук М.О. Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів – кваліфікаційна наукова праця на правах рукопису.

Дисертація на здобуття наукового ступеня доктора філософії за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека (261 – пожежна безпека). Львівський державний університет безпеки життєдіяльності ДСНС України, Львів, 2025.

Зміст анотації.

Актуальність теми дослідження. На об'єктах різних форм власності, на яких здійснюються заходи державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки, з 2020 по 2024 роки виникло 14 211 пожеж, унаслідок яких загинуло 8 213 людини. У значній кількості випадків пожежі виникають у будівлях, в яких, відповідно до Правил пожежної безпеки в Україні, дерев'яні будівельні конструкції підлягають вогнезахисту. Вогнезахист забезпечує зниження показників пожежної небезпеки, зокрема горючості, займистості, поширення полум'я та ін.

Відповідно до Правил з вогнезахисту для деревини визначено, що основним критерієм є група вогнезахисної ефективності, яка характеризується визначенням відсотка втрати маси деревини, підданої вогнезахисту, після проведення випробувань. Для дерев'яних будівельних конструкцій характерні способи вогнезахисту, такі, як вогнезахисне просочування та обробляння.

В Україні широкого застосування набуло саме вогнезахисне просочування. Під час аналізування якості вогнезахисту шляхом просочування було виявлено, що при виконанні повторних робіт з вогнезахисту із застосуванням засобу, відмінного від того, що використовувався під час попереднього просочування, відбувається втрата вогнезахисної ефективності. Проведені експерименти підтвердили цю гіпотезу та спонукали виокремлення цього напрямку для подальших досліджень.

Ідея роботи полягає в дослідженні впливу просочувальних вогнебіозахисних речовин на показники пожежної небезпеки (втрата маси, температура займання та

самостійне горіння) дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу під час повторного вогнезахисного просочування.

Мета роботи є розкриття закономірностей впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність, як наукового підґрунтя підвищення вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій.

Завдання дослідження:

1. Провести теоретичні дослідження існуючих способів вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій та здійснити аналіз нормативно правових вимог, а також методів перевірки якості вогнезахисту;

2. Здійснити експериментальні дослідження та виявити закономірності впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та ознаки самостійного горіння) дерев’яних будівельних конструкцій;

3. Провести аналітичні дослідження компонентів просочувальних вогнебіозахисних речовин, що найчастіше використовуються в Україні, для обґрунтування базового складу рецептури композиції, що забезпечить ефективний вогнезахист при заміні вогнезахисних засобів;

4. Здійснити експериментальні дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев’яних будівельних конструкцій і комплектності компонентів вогнебіозахисних речовин.

5. На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту дослідити оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечить вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

6. З використанням розробленої вогнезахисної речовини провести експериментальні дослідження забезпечення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

7. Сформувати та обґрунтувати рекомендації до Правил з вогнезахисту в частині регламенту робіт, виконання робіт та перевірки якості вогнезахисту при заміні вогнезахисного покриву та повторному застосуванні вогнезахисних засобів.

Об’єкт дослідження – вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисного засобу.

Предмет дослідження – вплив чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на ефективність вогнезахисних засобів та вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій.

Методи дослідження. В роботі було використано комплексний метод дослідження, який включав: аналіз сучасного стану та способів вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій; аналіз складів вогнебіозахисних речовин; аналіз методів та методик оцінки якості вогнезахисту деревини; Методи хімічного та рентгенофлуоресцентного аналізу вогнебіозахисних речовин; Метод контролювання за ознакою самостійного горіння згідно ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту»; Метод контролювання за температурою займання згідно ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту»; Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту) згідно стандарту 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей»; Експрес-метод для вогнезахисного просочування згідно стандарту 30219-95 «Деревина вогнезахищена. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. Транспортування і зберігання». Методи випробувань вогнезахисних покривів і просочень для дерев’яних і металевих конструкцій на стійкість до зовнішніх впливів.

Під час проведення експериментальних досліджень застосовувалось метрологічно-атестоване обладнання та калібровані і повірені засоби вимірювання. Обробка результатів досліджень здійснювалась із використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel. Також для обробки результатів

експериментальних та теоретичних досліджень використані методи математичної статистики та методи планування експерименту.

Наукова новизна полягає у розкритті закономірностей впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев'яних будівельних конструкцій і комплектності компонентів вогнебіозахисних речовин. При цьому:

- *уперше* виявлено залежність впливу сумісності діамонійфосфату, карбаміду та ортофосфорної кислоти у вогнезахисних засобах на показники пожежної небезпеки при їх заміні. Встановлено, що втрата маси збільшується в діапазоні від 0,5% - 4,6%, температура займання знижується від 5^{o}C до 25^{o}C, а кількість зразків, що підтримують самостійне горіння зростає від 20% до 50%.

- *уперше* встановлена закономірність впливу відсоткового масового значення фосфатної кислоти, карбаміду та діамонійфосфату на вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, а саме для температури займання та втрати маси :

$$T = 291{,}1 + 37{,}2x_1 - 3{,}4x_2 + 3{,}1x_3 + 11{,}2x_1x_2 - 2{,}4x_1x_3 + 6{,}1x_2x_3 - 3{,}9x_1x_2x_3;$$

$$m = 9{,}56 + 2{,}21x_1 - 0{,}26x_2 - 0{,}76x_3 + 0{,}39x_1x_2 + 0{,}89x_1x_3 + 0{,}11x_2x_3 - 0{,}74x_1x_2x_3;$$

- *удосконалено* метод визначення відсоткового масового значення компонентів просочувальних вогнебіозахисних речовин при розроблені вогнезахисних засобів;

- *набули подальшого розвитку* підходи щодо розроблення вогнезахисних засобів з урахуванням їх сумісності на підставі експериментально визначених показників якості вогнезахисту.

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні складу вогнезахисної речовини для просочування дерев'яних будівельних конструкцій, що забезпечує ефективний вогнезахист при заміні вогнезахисних засобів. В діяльність Управління запобігання надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС України у Хмельницькій області (Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 06 червня 2025 року) впроваджені результати дослідження гіпотези щодо несумісності вогнебіозахисних речовин при заміні вогнезахисних засобів в умовах повторного просочування. Впроваджено у практичну діяльність ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» розроблену просочувальну вогнебіозахисну речовину для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») (Акт про

впровадження результатів дисертаційної роботи від 04 червня 2025 року). Впроваджено у практичну діяльність ТОВ «Бест Технолоджі Компані» при здійсненні проектування та виконання вогнезахисного обробляння дерев'яних будівельних конструкцій (Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 02 червня 2025 року). Результати дисертаційного дослідження були впроваджені в практичну діяльність шляхом участі у розробці ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту».

У вступі наведено загальну характеристику дисертації, обґрунтовано актуальність теми досліджень, сформульовано мету та завдання дослідження, визначено об'єкт та предмет дослідження, наведено наукову новизну та практичне значення одержаних результатів. Представлено: зв'язок роботи з науковими програмами, планами та темами; особистий внесок здобувача; дані про апробацію дисертаційної роботи; кількість публікацій за темою дисертаційної роботи; структуру та обсяг дисертації.

У першому розділі на підставі проведення аналізу статистичних даних окреслена тенденція залучення представників територіальних підрозділів ДСНС до перевірок якості виконання робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, що свідчить про збільшення кількості виконаних робіт даного роду, а також про зацікавлення замовників вогнезахисного просочування у належному вогнезахисту, що забезпечує пожежну безпеку об'єкту.

За результатами аналітичних досліджень висновків комісій з перевірок вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій виявлено залежність між неналежним вогнезахистом дерев'яних будівельних конструкцій та вогнезахисними розчинами. А саме те, що в більшості випадків поверхневе просочування проводилось іншим вогнезахисним розчином ніж попереднім.

Ґрунтуючись на проведеному аналізі вогнезахисних засобів, способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, а також результатів перевірки якості вогнезахисного просочування подальші дослідження доцільно направити на врахування ширшого спектру чинників, які впливають на зниження вогнезахисту

дерев’яних будівельних конструкцій, а також розроблення на цій основі сумісних вогнебіозахисних речовин, що є актуальним науково-технічним завданням.

На основі результатів виконаного аналізу сформульовано мету та основні завдання роботи.

У другому розділі на підставі проведеного аналізу існуючих в Україні методів дослідження вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій виявлено переваги та недоліки кожного з методів контролю якості вогнезахисного оброблення.

За результатами аналітичного дослідження встановлено суттєві недоліки експрес-методу, зумовлені технічно низькою точністю та моральною застарілістю, що проявляється у можливості визначення лише II-ї групи вогнезахисту, технічних складнощах відбору зразків та відсутності чітких критеріїв випробування.

Визначено, що прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей є найбільш ефективним та об'єктивним, проте обмежується виключно лабораторними умовами, а методи контролювання придатності просоченої деревини є найбільш сучасними для перевірки якості вогнезахисного просочування безпосередньо на експлуатованих об'єктах.

На основі проведеного аналізу обґрунтовано доцільність використання для подальших досліджень прискореного методу визначення вогнезахисних властивостей, методу контролювання за температурою займання та методу контролювання за ознакою самостійного горіння, як найбільш ефективних і оптимальних методів.

У третьому розділі проведенні експериментальні дослідження з виготовленням зразків, які піддані повторному вогнезахисному обробляню з заміною вогнезахисного засобу. Проведені дослідження дають підстави стверджувати, що заміна вогнезахисного засобу вливає на основні показники вогнезахисної ефективності, такі як: втрати маси, ознаки самостійного горіння та температури займання. В цілому динаміка зміни основних показників демонструє їх погіршення.

На основі отриманих результатів можна припускати, що вогнезахисні засоби можуть бути не сумісними, при проведені повторного вогнезахисного обробляння, оскільки призводять до зниження вогнезахисної ефективності..

В четвертому розділі з використанням рентгенофлуоресцентного аналізу та методів хімічного аналізу досліджено, що найчастіше до складу вогнебіозахисних речовин входить компоненти: діаммонійфосфат, ортофосфорна кислота та карбамід.

На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту розроблене оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечує вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів а саме: діаммонійфосфат – 4 %, карбамід – 6 %, фосфатна кислота 12 %.

Встановлена закономірність впливу відсоткового масового значення фосфатної кислоти, карбаміду та діамонійфосфату на вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, а саме для температури займання та втрати маси.

З використанням сучасних статистичних методів забезпечено відтворюваність результатів експериментів, а також підтверджено загальну збіжність кожного окремого експерименту. При цьому абсолютні відхилення між усередненими результатами досліджень не перевищують для показника втрати маси - 1,81%, а для температури займання - 0,49%.

Розроблений та сертифікований вогнезахисний засіб – просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK».

З використанням розробленого вогнезахисного засобу обґрунтовано, що даний засіб не призводить до зниження показників пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та самостійного горіння) дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу.

У п’ятому розділі на підставі аналізу складу вогнебіозахисного засобу «FIRE BREAK» визначено його екологічну безпечність, яка досягається завдяки використанню хімічних компонентів аграрного та промислового призначення, що не

становлять загрози навколишньому середовищу за умови дотримання регламентованих норм.

Проведена оцінка економічної ефективності засобу в умовах практичного застосування (на прикладі Хмельницької області) підтвердила доцільність його використання завдяки здатності забезпечити повну компенсацію потенційних збитків від неналежного вогнезахисту дерев'яних конструкцій.

Проаналізовано чинне нормативно-правове забезпечення у сфері вогнезахисту, на основі чого сформульовано обґрунтовані редакційні пропозиції до оновлення нормативних актів, зокрема Правил з вогнезахисту в Україні, щодо підвищення якості контролю за вогнезахисними роботами.

Запропоновані рекомендації охоплюють уточнення вимог до строків дії вогнезахисного просочування, його сумісності, порядку перевірок та документального оформлення результатів.

За результатами проведених досліджень обґрунтовано необхідність перегляду підходів до регламентації та застосування вогнебіозахисних засобів із акцентом на їхню ефективність, безпечність та нормативну узгодженість.

Ключові слова: пожежна безпека, вогнезахист, вогнезахисна здатність (ефективність), якість вогнезахисту, вогнебіозахисна речовина, вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, експериментальні дослідження, показники пожежної небезпеки, втрата маси, температура займання, ознака самостійного горіння, математична модель.

Список опублікованих праць за темою дисертації

Статті у науковому журналі, що входить до бази даних Scopus:

1. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskyi, R., Bielikova, K., Berdnyk, O.,Gavryliuk, A., Borysova, A., Dotsenko, **O., Haiduk,** M., Nesterenko, V. (2025). Establishing regularities of fire protection of wood by a composite coating with a biopolymer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.332443.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. 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. DOI:10.32447/20786662.39.2021.02.

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

4. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О**. Експериментальне дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу. *Пожежна безпека*. 2024. №45. С. 18-28. DOI: 10.32447/20786662.45.2024.03.

5. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Дослідження складу речовин для вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2025. №31. С. 147-156. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.15.

Патенти

ДО «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корсину модель) № u 2024 05148 від 31.20.2024. Заявник Гайдук Максим Олександрович, Гаврилюк Андрій Федорович. Назва корисної моделі «Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «Fire Break»».

Список публікацій, які засвідчують апробацію дисертації

6. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Стан сучасної перевірки відповідності вогнезахисту деревини, що експлуатується. Всеукраїнська науково-практичної конференції *«Актуальні питання забезпечення безпекового середовища в Україні»* (Київ, 19 квітня 2024 р.). Київ: ДНДІУ МВС України, 2024. С. 19-22.

7. **Гайдук М. О.** Організація проведення пожежно-технічних експертиз в ДСНС. XIX Міжнародна науково-практична конференція *«Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення»*. (Львів, 13 грудня 2024 р.). Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 53.

8. **Гайдук М. О.**, Гаврилюк А. Ф., Пулатов В. С. Розвиток судово-експертної діяльності в системі ДСНС України. IV Всеукраїнський форум судових експертів. *«Судово-експертна діяльність: збереження наукового та кадрового потенціалу в умовах воєнного стану»* (м. Львів, 7 червня 2024 р.). Одеса : Видавництво «Юридика», 2024. С. 65–68.

9. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Дослідження антагонізму вогнезахисного просочування дерев'яних будівельних конструкцій, як спосіб покращення пожежної безпеки в умовах війни. І Міжнародна науково-практична конференція *«Цивільний захист в умовах війни»*, м. Львів, 17-18 квітня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 121 с.

Abstract content.

Relevance of the research topic. At the sites of various forms of power, where the government's supervision (control) in the sphere of man-made and fire safety is involved, thousands of fires are soon occurring. A significant number of fire outbreaks occur in cases where, in accordance with the Fire Safety Rules in Ukraine, wooden structures contribute to fire protection. Vognezahist will ensure a decrease in the indicators of fire insecurity, control of flammability, congestion, widening of the half, etc.

In accordance with the Rules for the fire-fighting agent for wood, it is stated that the main criterion is the group of fire-fighting efficiency, which is characterized by the significant amount of wood mass consumed, given to the fire-fighting agent, after carrying out try it out. Wooden building structures are characterized by fire-extinguishing methods, such as fire penetration and extrusion.

In Ukraine, widespread stagnation has begun to emerge. Under the hour of analysis of the fire resistance, it was revealed that when the fire was repeated, it was determined that the fire was stagnant due to the fact that it had been victorious before the hour was over.

percolation, there is a loss of flammable effectiveness. The experiments carried out confirmed this hypothesis and encouraged further research.

The idea of the work lies in the observed influx of felt fire-extinguishing emissions on the indicators of fire safety (waste of oil, the temperature of the busy and independent fire) of wooden civil structures when replacing the fire-extinguishing unit under the hour of repeated smelling of the fire**.**

The purpose of the work discovery of the patterns of influx of fire safety officials when replacing sympathetic fire-resistant chemicals with their fire-fighting effectiveness, as a scientific basis for advancing fire-resistant wood fires design.

Objectives of the study:

1. Conduct theoretical research on the main methods of fireproofing of wooden building structures and analyze the regulatory and legal possibilities, as well as methods for checking fire resistance;

2. Conduct experimental research and identify patterns in the influx of replacement of fire conditions with indicators of fire safety (mass loss, temperature, and signs of self-burning) of wooden firewood. design;

3. Conduct analytical research on the components of sensitive fire extinguishing agents, which are most often used in Ukraine, to priming the basic composition of the composition recipe to ensure an effective fire extinguishing agent when replacement of fire-resistant devices;

4. Carry out experimental research to replace fire-proofing features with fire safety indicators of wooden building structures and the completeness of fire-proofing components.

5. Based on the significant components, using the method of multi-factorial experiment, to determine the optimal composition of the fireproofing agent to ensure the fireproofing of wooden building structures when replacing fireproofing agents.

6. Using the isolated fire-resistant substance, conduct an experimental investigation to ensure the fire-resistant properties of wooden building structures when replacing fire-resistant substances.

7. To formulate and substantiate recommendations for the Fire Protection Rules regarding the regulations of work, performance of work, and verification of the quality of fire protection when replacing fireproofing and reusing fireproofing materials.

The object of the study is the fireproofing of wooden building structures with fire-resistant vents when replacing fire-resistant materials.

The subject of the study is the influence of fire hazard factors when replacing impregnating fire-retardant substances on the effectiveness of fire retardants and fire protection of wooden building structures.

Research methods. In the work, a comprehensive research method was used, which included: analysis of the current state of fire protection methods of wooden building structures; analysis of warehouses of fire and toxic waste streams; analysis of methods and techniques for assessing the fire resistance of trees. Methods of chemical and x-ray fluorescence analysis (XRF) of fire-biotoxic substances. The method of monitoring the sign of independent fire is according to DSTU 9291:2024 “Fire protection. Vognezahist of everyday constructions. Advanced methods of control during the operation of fire-fighting objects." The temperature control method is used according to DSTU 9291:2024 “Fire protection. Vognezahist of everyday constructions. Advanced methods of control during the operation of fire-fighting objects." The accelerated method of identifying fire-damaging authorities (groups of fire-damaging authorities) is consistent with standard 16363-98 “Fire-damaging estates for the village. Methods for the execution of the fire of the powers that be." Express method for fireproofing according to standard 30219-95 “Wood is fireproofed. Advanced technical benefits. Test method. Transportation and saving.” Methods of testing fireproof coatings and percolation for wooden and metal structures for resistance to external flooding.

The scientific novelty lies in the discovery of patterns in the replacement of fire-resistant features with fire safety indicators of wooden building structures and the completeness of fire-resistant components. For this reason:

- a change in the numerical values of fire safety indicators has already been revealed when replacing flammable conditions, and the mass loss itself increases in the range of 0.5

% - 4.6 %, the temperature decreases 5 ºC to 25 ºC, and the number of sparks that support self-burning increases from 20 % to 50 %.

- a pattern has already been established for the infusion of a high mass value of phosphate acid, urea and diammonium phosphate into the fireproofing agent of wooden building structures, and for the temperature of use and mass loss:

$$T = 291.1 + 37.2x1 – 3.4x2 + 3.1x3 + 11.2x1x2 – 2.4x1x3 + 6.1x2x3 – 3.9x1x2x3 ;$$

$$m = 9.56 + 2.21x1 – 0.26x2 – 0.76x3 + 0.39x1x2 + 0.89x1x3 + 0.11x2x3 – 0.74x1x2x3;$$

- the method for calculating the 100 mass value of the components of sensitive fire-drying substances during the breakdown of fire-drying agents has been improved;

- the further development of the hypothesis of changing the fire resistance of wooden building structures by replacing fireproofing features began to develop.

The practical significance of obtaining the results lies in the lining of the warehouse with fire-resistant resin for permeation of wooden structures, which will ensure an effective fire-proofing agent when replacing fire-resistant substances. The emergency-ritual corral for special purposes of the GU DSNS of Ukraine in the Khmelnytsky region was brought into operation (an act on the promotion of the results of dissertation work dated 06 May 2025) a hypothesis was established Just like the absurdity of flammable substances when replacing flammable substances in the minds of repeated percolation. The practical activity of LLC "FIRE SAFETY" has approved the disaggregation of a sensitive fire-resistant substance for the wood and cellulose materials "FIRE BREAK" ("FIRE BREAK") (an act on the distribution of the results of dissertation work dated September 28, 2023). The results of the dissertation research were translated into practical activities in the development of DSTU 9291:2024 “Fire protection. Vognezahist of everyday constructions. The most effective methods for monitoring the operation of flame-retardant objects" (Report on the scientific research work "Investigation of the flammability indicators of flammable materials ("Methods for fire-proof control"), which was compiled by the Institute of State Administration and Scientific Research for Civil Protection, UDC 614.841.34, Registration No. 0122U002325, completed on 12/11/2023 (section prepared 1, 5).

The introduction provides a basic description of the dissertation, outlines the relevance of the research, formulates the purpose of the research, identifies the object and subject of the research, identifies the scientific novelty and practical significance of the results. Presented by: links with scientific programs, plans and topics; special contributions of the health worker; data on the testing of dissertation work; number of publications on the topic of the dissertation work; structure and description of the dissertation.

In the first section on the basis of the analysis of statistical data, the trend of recruiting representatives of territorial subdivisions of the DSNS was identified before the verification of the viconn's work from the fire department of the wooden living quarters design, which confirms the increase in the number of fire-fighting robots of this kind, as well as the protection of fire protection agents for a reliable fire extinguishing operator, which will ensure the continued safety of the facility.

The results of analytical investigations of the High Commission on the fire-proofing of wooden building structures revealed a presence between improper fire-proofing of wooden building structures and fire-proofing damages. And those that in most episodes of the surface percolation were carried out by another fire-extinguishing agent below the front.

Based on the analysis of fire-resistant properties, methods of fire-resistant wooden building structures, as well as the results of verification of fire-resistant leakage, further investigation should be directed to incorporation of a wide range of approaches that relate to the low fire resistance of wooden building structures, as well as the breakdown on this basis of various fire-resistant materials, which is relevant to scientific and technical zavdannyam.

Based on the results of the final analysis, the meta and main directions of the work were formulated.

Another section of the analysis of existing methods in Ukraine for fire detection of fire-resistant wooden structures is carried out by fire-prone leakage. The results of the analysis revealed the advantages and shortcomings of the described methods.

Based on the analysis, it was revealed that the following methods are effective and optimal for conducting surveillance:

– Accelerate the method of vyznachenya vognezahisnih authorities (group vognezahistu);

– Temperature control method;

– A method of monitoring the sign of an independent fireman.

In the third section, experimental investigations were carried out on the preparations of samples that were subjected to repeated fire-extinguishing treatment with replacement of the fire-extinguishing agent. The investigation was carried out to confirm that the replacement of the flame-retardant agent affects the main indicators of fire-fighting effectiveness, such as: mass consumption, signs of spontaneous combustion and temperature. In general, the dynamics of changes in the main indicators demonstrate their improvement.

Based on the results obtained, it can be assumed that fire-fighting methods may not be effective when carrying out repeated fire-fighting treatment, leading to a decrease in fire-fighting efficiency.

In the fourth section, based on X-ray fluorescence analysis and chemical analysis methods, it was discovered that the components most often included in the composition of flammable substances are diammonium phosphate, orthophosphoric acid and urea.

Based on the significant components, using the method of multi-factorial experiment, the optimal composition of the fireproofing agent was determined, which will ensure the fireproofness of wooden building structures when replacing fireproofing agents and itself: Diammonium phosphate – 4%, urea – 6%, phosphate acid 12%.

A pattern has been established for the influx of hundreds of mass values of phosphate acid, urea and diammonium phosphate onto the fireproofing agent of wooden building structures, and for the temperature itself and the loss of mass.

The use of modern statistical methods ensures the validity of the experimental results, and also confirms the validity of the skin-based experiment. With this in mind, the absolute difference between the averaged results does not exceed the indicator of mass consumption - 1.81%, and for temperature - 0.49%.

Development and certification of fire-resistant substance - sensitive fire-resistant substance for wood and cellulose-based materials “FIRE BREAK”.

The vicinity of the fragmented fire-resistant material has been primed so that it is important not to lead to a decrease in the indicators of fire safety (mass loss, temperature and self-heating) of wooden building structures when replacing fire-biozhistic special purpose.

In the fifth section of the medical and chemical warehouse with the “FIRE BREAK” feature, it is possible to create a new system so that, instead of active speech, the threshold values that are safe for ecosystems do not exceed. Testing on wood and other organic materials has shown that after drying, active speech is lost in the associated state and does not wobble in significant quantities.

In the form of a frozen fire extinguishing agent “FIRE BREAK”, which ensures a fire extinguishing agent for wooden building structures when replacing the fire extinguishing agent, the economical effect becomes 100% constant wariness of the fire-ridden deposition.

Reasoned amendments to the Fire Protection Rules have been proposed regarding the work regulations, performance of work, and quality control of fire protection.

Key words: fire safety, fire protection, fire protection (effectiveness), fire safety, fire protection, fire protection of wooden civil structures, experimental research, demonstrations fire insecurity, oil wastage, occupational temperature, self-reliance, mathematical model.

LIST OF PUBLISHED WORKS ON THE THEME OF THE DISSERTATION

Articles in a scientific journal included in the Scopus database

1. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskyi, R., Bielikova, K., Berdnyk, O.,Gavryliuk, A., Borysova, A., Dotsenko, **O., Haiduk,** M., Nesterenko, V. (2025). Establishing regularities of fire protection of wood by a composite coating with a biopolymer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.332443.

Articles in scientific and professional publications of Ukraine

2. Gavrilyuk A. F., **Hayduk M. O.**, Dulenko D. I. Research on the influence of interchangeability of fire retardants on the reduction of fire-retardant efficiency of wooden building structures. Fire Safety. 2021. No. 39. P. 12-20. DOI:10.32447/20786662.39.2021.02.

3. **Hayduk M. O.**, Gavrilyuk A. F., Yakovchuk R. S. Problematic aspects of determining fire resistance of wood. Municipal Utilities. 2024. No. 182. Volume 1. P. 187-194. DOI: 10.33042/2522-1809-2024-1-182-187-194.

4. Gavrilyuk A. F., **Hayduk M. O.** Experimental study of fire protection efficiency indicators of wooden building structures when replacing fire retardants. Fire Safety. 2024. No. 45. P. 18-28. DOI: 10.32447/20786662.45.2024.03.

5. Gavrilyuk A. F., **Hayduk M. O.** Research on the composition of substances for fire protection of wooden building structures when replacing fire protection agents. Bulletin of the Lviv State University of Life Safety. 2025. No. 31. P. 147-156. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.15.

Patents

Joint-Stock Company "Ukrainian National Office of Intellectual Property and Innovations". Notification on setting the filing date for an application for an invention (utility model) No. u 2024 05148 dated 31.20.2024. Applicant Haiduk Maksym Oleksandrovych, Gavrylyuk Andriy Federovych. Name of the utility model Impregnating fire-retardant substance for wood and cellulose-containing materials "Fire Break".

List of articles that certify the approval of the dissertation

6. Gavrylyuk A. F., **Hayduk M. O.** The state of the modern verification of compliance with fire protection of wood in use. All-Ukrainian scientific and practical conference "Current issues of ensuring a safe environment in Ukraine" (Kyiv, April 19, 2024). Kyiv: DNIIU of the Ministry of Internal Affairs of Ukraine, 2024. P. 19-22.

7. **Hayduk M. O.** Organization of fire-technical examinations in the State Emergency Service. 19th International scientific and practical conference "Current problems of fire safety and prevention of emergency situations in modern conditions". (Lviv, December 13, 2024). Lviv: LDUBZhD, 2024. P. 53.

8. **Hayduk M. O.**, Gavrylyuk A. F., Pulatov V. S. Development of forensic expert activities in the system of the State Emergency Service of Ukraine. IV All-Ukrainian forum of forensic experts. "Forensic Expert Activity: Preservation of Scientific and Personnel Potential in Conditions of Martial Law" (Lviv, June 7, 2024). Odesa: Publishing House "Yurydyka", 2024. P. 65–68.

9. Gavrilyuk A. F., **Hayduk M. O.** Research on the Antagonism of Fire-Retardant Impregnation of Wooden Building Structures as a Way to Improve Fire Safety in Conditions of War. I International Scientific and Practical Conference, Lviv, April 17-18, 2025. Lviv: LDU BZhD, 2025. 121 p.

Зміст

ВСТУП……... 24

РОЗДІЛ 1. СУЧАСНИЙ СТАН ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ 32

1.1. Аналітичні відомості щодо пожеж та їх наслідків в Україні в період з 2020 року по 2024 рік ……. 32

1.2. Аналіз способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в Україні ...…..... 40

1.3. Аналіз способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в Європейському Союзі ……... 43

1.4. Аналіз нормативно правових вимог щодо перевірки якості вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій …… 47

1.5. Аналіз вогнезахисних засобів для дерев'яних будівельних конструкцій …….. 53

1.6. Висновки з розділу, мета та задачі дослідження…… 62

РОЗДІЛ 2. МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕНОГО ВОГНЕЗАХИСНИМ ПРОСОЧУВАННЯ…….. 64

2.1. Експрес-метод для вогнезахисного просочування ..…..... 64

2.2. Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту)…...……. 66

2.3. Методи контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування……. 70

2.3.1. Метод контролювання за температурою займання …… 71

2.3.2. Метод контролювання за ознакою самостійного горіння.. 72

2.4. Метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних просочувань для будівельних конструкцій з деревини, які було піддано вогнезахисному оброблянню способами поверхневого просочування ……. 73

2.5. Висновки за розділом……... 75

РОЗДІЛ 3. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАМІНИ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ НА ПОКАЗНИКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ…….. 77

3.1. Підбір методів та підготовка зразків деревини для дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів на показники вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій ……..…….. 77

3.2. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом контролювання за ознакою самостійного горіння ….. 79

3.3. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом контролювання за температурою займання ……..... 82

3.4. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту)……. 84

3.5. Висновки за розділом…… 87

РОЗДІЛ 4. ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СКЛАДУ ПРОСОЧУВАЛЬНОЇ ВОГНЕБІОЗАХИСНОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ…… 90

4.1. Аналіз складу вогнебіозахисних речовин ……..... 90

4.2 Дослідження складових вогнебіозахисних речовин для просочування дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів……. 96

4.3. Розробка рецептури вогнезахисної речовини для просочування дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів методом математичного планування експерименту ……..... 99

4.4. Експериментальні дослідження розробленої вогнебіозахисної речовини «Fire Break»…….. 107
4.5. Висновки за розділом……..... 116
РОЗДІЛ 5 ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ВОГНЕБІОЗАХИСНОЇ РЕЧОВИНИ. РЕКОМЕНДАЦІЇ ЩОДО КОРИГУВАННЯ ПРАВИЛ З ВОГНЕЗАХИСТУ…… 117
5.1. Екологічний вплив вогнебіозахисного засобу «FIRE BREAK» ……... 117
5.2. Економічна ефективність застосування вогнебіозахисного засобу «FIRE BREAK». …….. … 118
5.3 Рекомендації щодо коригування правил з вогнезахисту…… 120
5.4. Висновки за розділом..... 122
ВИСНОВКИ…… 125
СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ……..... 127
ДОДАТКИ……..... 140
ДОДАТОК А. Список публікацій здобувача за темою дисертації та відомості про апробацію результатів дисертації ……... 140
ДОДАТОК Б. Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель) ……. 143
ДОДАТОК В. Технічні умови ТУ У 20.5-44207907-001:2021 Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»)……. 145
ДОДАТОК Г. Регламент робіт з вогнезахисту просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»), що виробляється згідно з ТУ У 20.5-44207907-001:2021…….. 171
ДОДАТОК Ґ. Протоколи №5/С-ЕВ-23 випробувань з визначення вогнезахисної ефективності …….. 186

ДОДАТОК Д. Сертифікат відповідності № UA.P.000591-23 від 28.08.2023 року до 27.08.2025 року «Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозних матеріалів «FIRE BREAK» ……. 191
ДОДАТОК Е. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи від Управління запобігання надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС України у Хмельницькій області…… 193
ДОДАТОК Є. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи ТОВ «Бест Технолоджі Компані»…… 195
ДОДАТОК Ж. Акт впровадження результатів дисертаційної роботи ТОВ «Фаєр Сейфеті»……... 197

ВСТУП

Деревина є ефективним і екологічним матеріалом, що має низку виправданих переваг, зокрема: високу міцність при відносно малій масі, хороші теплоізоляційні властивості, здатність до регуляції вологості в приміщенні, простоту обробки та відновлення, а також біорозкладність та низький вуглецевий слід упродовж життєвого циклу. Однак за не належних умов, або в умовах пожежі конструкції з дерева швидко втрачають несучу здатність. Через високі показники горючості, займистості, димоутворювальної здатності та поширення полум'я деревини її застосування обмежується нормами та правилами щодо пожежної безпеки, а саме застосування можливе при умові здійснення вогнезахисного обробляння. Впродовж багатьох років розробляються нові речовини та методи для вогнезахисту і удосконалюються існуючі. Для збереження та покращання характеристик деревини застосовують різні просочувальні засоби, зокрема і вогнезахисні (вогнебіозахисні) засоби. Правильний підбір та застосування просочувальних вогнезахисних засобів забезпечує підвищення вогнестійкості або зниження показників пожежної небезпеки деревини. Ефективність вогнезахисту залежить від багатьох факторів, зокрема: 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 та часу експлуатації вогнезахисту [1, 2]. Кожен з сертифікованих вогнезахисних засобів встановлює прогнозований строк придатності вогнезахисного просочування – це строк, упродовж якого вогнезахисний засіб після його застосування зберігає свою вогнезахисну ефективність [65]. В умовах високої конкуренції вогнезахисних засобів суб'єкти господарювання все частіше здійснюють заміну вогнезахисного засобу при повторних роботах з вогнезахисту, що призводить до негативних результатів під час проведення перевірки ефективності вогнезахисту комісією, яка утворюється після завершення виконання робіт з вогнезахисного обробляння. Дослідження вище описаного факту з урахуванням діючи та новоприйнятих стандартів є потенційною проблемою, що потребує вирішення.

Актуальність теми. В роботах Ю. В. Цапка [8, 16, 43, 96], С. В. Жартовського [39-51], В. В. Коваленка [64], О. В. Добростана [40, 50], А. А. Чернухи [97], О. В. Васильченко [17], А. Ю.Новгородченко [68-70] та ін. широко висвітлені та обговорені питання вогнезахисних речовин та досліджень їх ефективності. Фактори, що впливають на ефективність вогнезахисту описані в багатьох публікаціях.

Аналіз наукових праць, показав, що впродовж останнього десятиліття здійснено чимало наукових розробок у сфері вогнезахисту, проте питання перевірки відповідності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, безпосередньо після виконання робіт в Україні є невивченим. Науковці зосереджують свої дослідження на окремих вогнезахисних засобах, впливу навколишнього середовища на вогнезахисну ефективність засобів, та впливу вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки деревини. Проте данні роботи не містять досліджень щодо впливу повторних робіт з вогнезахисту на вогнезахисну ефективність з врахуванням заміни вогнезахисного засобу, таким чином залишаючи даний факт без достатньої уваги.

З огляду на зазначене, розкриття закономірностей впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність, є науковим підґрунтя підвищення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій та обґрунтуванням розроблення сумісних вогнебізахисних речовин.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційну роботу виконано відповідно до розпорядження Кабінету Міністрів України від 22.08.2021 № 1145-р «Про затвердження плану заходів щодо розвитку системи технічного регулювання на період до 2025 року» , Концепції наукової діяльності Львівського державного університету безпеки життєдіяльності на 2020-2025 роки, плану науково-дослідної роботи Львівського державного університету безпеки життєдіяльності на 2022-2023 роки, в рамках науково-дослідної роботи «Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів («Методи контролю вогнезахисту»), яка реалізовувалась Інститутом державного управління та наукових

досліджень з цивільного захисту, № державної реєстрації 0122U002325, де здобувач брав участь, як виконавець досліджень.

Ідея роботи полягає в дослідженні впливу просочувальних вогнебіозахисних речовин на показники пожежної небезпеки (втрата маси, температура займання та самостійне горіння) дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу під час повторного вогнезахисного просочування.

Мета роботи є розкриття закономірностей впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність, як наукового підґрунтя підвищення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій.

Завдання дослідження:

1. Провести теоретичні дослідження існуючих способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій та здійснити аналіз нормативно правових вимог, а також методів перевірки якості вогнезахисту;

2. Здійснити експериментальні дослідження та виявити закономірності впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та ознаки самостійного горіння) дерев'яних будівельних конструкцій;

3. Провести аналітичні дослідження компонентів просочувальних вогнебіозахисних речовин, що найчастіше використовуються в Україні, для обґрунтування базового складу рецептури композиції, що забезпечить ефективний вогнезахист при заміні вогнезахисних засобів;

4. Здійснити експериментальні дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев'яних будівельних конструкцій і комплектності компонентів вогнебіозахисних речовин;

5. На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту дослідити оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечить вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів;

6. З використанням розробленої вогнезахисної речовини провести експериментальні дослідження забезпечення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів;

7. Сформувати та обґрунтувати рекомендації до Правил з вогнезахисту в частині регламенту робіт, виконання робіт та перевірки якості вогнезахисту при заміні вогнезахисного покриву та повторному застосуванні вогнезахисних засобів.

Об’єкт дослідження – вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисного засобу.

Предмет дослідження – вплив чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на ефективність вогнезахисних засобів та вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій.

Методи дослідження. В роботі було використано комплексний метод дослідження, який включав: аналіз сучасного стану та способів вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій; аналіз складів вогнебіозахисних речовин; аналіз методів та методик оцінки якості вогнезахисту деревини. Методи хімічного та рентгенофлуоресцентного аналізу вогнебіозахисних речовин; Метод контролювання за ознакою самостійного горіння згідно ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту»; Метод контролювання за температурою займання згідно ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту»; Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту) згідно стандарту 16363-98 «Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей»; Експрес-метод для вогнезахисного просочування згідно стандарту 30219-95 «Деревина вогнезахищена. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. Транспортування і зберігання»; Методи випробувань вогнезахисних покривів і просочень для дерев’яних і металевих конструкцій на стійкість до зовнішніх впливів.

Під час проведення експериментальних досліджень застосовувалось метрологічно-атестоване обладнання та калібровані і повірені засоби вимірювання. Обробка результатів досліджень здійснювалась із використанням програмного забезпечення Microsoft Office Excel. Також для обробки результатів експериментальних та теоретичних досліджень використані методи математичної статистики та методи планування експерименту.

Наукова новизна полягає у розкритті закономірностей впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев'яних будівельних конструкцій і комплектності компонентів вогнебіозахисних речовин. При цьому:

- *уперше* виявлено залежність впливу сумісності діамонійфосфату, карбаміду та ортофосфорної кислоти у вогнезахисних засобах на показники пожежної небезпеки при їх заміні. Встановлено, що втрата маси збільшується в діапазоні від 0,5% - 4,6%, температура займання знижується від 5 ^{o}C до 25^{o}C, а кількість зразків, що підтримують самостійне горіння зростає від 20% до 50%.

- *уперше* встановлена закономірність впливу відсоткового масового значення фосфатної кислоти, карбаміду та діамонійфосфату на вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, а саме для температури займання та втрати маси:

$$T = 291{,}1 + 37{,}2x_1 - 3{,}4x_2 + 3{,}1x_3 + 11{,}2x_1x_2 - 2{,}4x_1x_3 + 6{,}1x_2x_3 - 3{,}9x_1x_2x_3;$$

$$m = 9{,}56 + 2{,}21x_1 - 0{,}26x_2 - 0{,}76x_3 + 0{,}39x_1x_2 + 0{,}89x_1x_3 + 0{,}11x_2x_3 - 0{,}74x_1x_2x_3;$$

- *удосконалено* метод визначення відсоткового масового значення компонентів просочувальних вогнебіозахисних речовин при розроблені вогнезахисних засобів;

- *набули подальшого розвитку* підходи щодо розроблення вогнезахисних засобів з урахуванням їх сумісності на підставі експериментально визначених показників якості вогнезахисту.

Обґрунтованість і достовірність наукових положень, висновків та рекомендацій підтверджені результатами аналізу літературних джерел і нормативно-правових вимог щодо методів визначення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисного засобу; відповідністю методів дослідження поставленим в роботі меті та задачам; застосуванням сучасних експериментальних та розрахунково-теоретичних методів

досліджень впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність та адекватністю отриманих результатів експериментальних та теоретичних досліджень; апробацією та практичним впровадженням результатів проведених досліджень.

Практичне значення отриманих результатів полягає в обґрунтуванні складу вогнезахисної речовини для просочування дерев'яних будівельних конструкцій, що забезпечує ефективний вогнезахист при заміні вогнезахисних засобів. В діяльність Управління запобігання надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС України у Хмельницькій області (Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 06 червня 2025 року) впроваджені результати дослідження гіпотези щодо несумісності вогнебіозахисних речовин при заміні вогнезахисних засобів в умовах повторного просочування. Впроваджено у практичну діяльність ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» розроблену просочувальну вогнебіозахисну речовину для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») (Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 04 червня 2025 року). Впроваджено у практичну діяльність ТОВ «Бест Технолоджі Компані» при здійсненні проектування та виконання вогнезахисного обробляння дерев'яних будівельних конструкцій (Акт про впровадження результатів дисертаційної роботи від 02 червня 2025 року). Результати дисертаційного дослідження були впроваджені в практичну діяльність шляхом участі у розробці ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту» (Звіт про науково-дослідну роботу «Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів («Методи контролю вогнезахисту»).

Особистий внесок здобувача. Основні експериментальні, теоретичні та розрахункові результати дисертаційного дослідження отримано здобувачем самостійно. Наукові положення та висновки дисертації належать автору.

Особистий внесок здобувача висвітлений в наукових публікаціях, що відповідають тематиці дисертаційного дослідження:

– в науковій праці «Дослідження ефективності вогнезахисту дерев’яних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу» [20] – виявлено залежність між неналежним вогнезахистом дерев’яних будівельних конструкцій та вогнезахисними розчинами. А саме те, що у всіх випадках поверхневе просочування проводилось іншим вогнезахисним розчином ніж попереднім;

– в науковій праці «Проблемні аспекти визначення вогнезахисту деревини» [23] – здійснено аналіз діючих норм проведення перевірки відповідності вогнезахисту деревини. У результаті дослідження виявлено, що удосконалення перевірки відповідності вогнезахисту деревини, що експлуатується, є необхідним на усіх стадіях, починаючи від визначення коректної термінології та актуалізації Правил з вогнезахисту до розроблення ефективних методів перевірки з урахуванням особливостей сучасних вогнезахисних засобів;

– в науковій праці «Експериментальне дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу» [21] – проведені експериментальні дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу показали, що заміна вогнезахисного засобу вливає на втрату маси (збільшення втрати від 0,5 до 4,6 %), ознаки самостійного горіння (підтримання горіння більше ніж 20%) та температуру займання. При застосованих комбінаціях вогнезахисних засобів переважно відбулось зниження показників ефективності вогнезахисту. В окремих випадках показники залишились на незмінному рівні або покращились. Проведенні дослідження дають підстави стверджувати, що вогнезахисні засоби можуть бути не сумісними, при проведені повторного вогнезахисного обробляння, оскільки призводять до зниження вогнезахисної ефективності;

– в науковій праці «Дослідження складу речовин для вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів» [22] – проведений аналіз даних експериментальних досліджень, сформовані рівнянь регресії та графічних залежностей а також визначено співвідношення масового складу вогнезахисної речовини, що здатна забезпечити вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій

при заміні вогнезахисних засобів, а саме: діаммонійфосфат - 4%, карбамід - 6%, фосфатна кислота - 12%;

– в науковій праці «Establishing the regularities of fire protection of wood with composite coatingwith biopolymer» [118] – проведені дослідження з встановлення закономірностей вогнезахисту деревини композиційним покриттям з біополімером.

Апробація матеріалів дисертації. Основні результати дослідження доповідалися, обговорювались та отримали позитивне схвалення на всеукраїнських, міжнародних, науково-практичних конференціях, зокрема на :

Всеукраїнській науково-практичній конференції *«Актуальні питання забезпечення безпекового середовища в Україні»* (Київ, 19 квітня 2024 р.). Київ: ДНДІУ МВС України, 2024.

XIX Міжнародній науково-практичній конференції *«Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення»*. (Львів, 13 грудня 2024 р.). Львів: ЛДУБЖД, 2024.

IV Всеукраїнському форумі судових експертів *«Судово-експертна діяльність: збереження наукового та кадрового потенціалу в умовах воєнного стану»* (м. Львів, 7 червня 2024 р.). Одеса : Видавництво «Юридика», 2024.

I Міжнародній науково-практичній конференції *«Цивільний захист в умовах війни»* (Львів, 17-18 квітня 2025 р.). Львів: ЛДУБЖД, 2025.

Кількість публікацій за темою дисертаційної роботи. Результати досліджень, що висвітлені у дисертації було опубліковано у 1-й науковій праці, що входить до бази даних Scopus, 4-ох наукових фахових працях в виданнях України, та 4-х тезах доповідей міжнародних та всеукраїнських наукових конференцій.

Структура дисертації та її обсяг. Робота містить анотацію, зміст, вступ, має п’ять розділів, загальні висновки, список використаних джерел і додатки. Загальний обсяг дисертації становить 198 сторінок, з них основного тексту 126 сторінок, 18 таблиць, 44 рисунки, список використаних джерел містить 118 найменування та займає 13 сторінок, а також 9 додатків на 59 сторінках.

РОЗДІЛ 1
СУЧАСНИЙ СТАН ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

1.1. Аналітичні відомості щодо пожеж та їх наслідків в Україні в період з 2020 року по 2024 рік

Щороку в результаті пожеж гинуть тисячі людей та виникають колосальні збитки, як у суб'єктів господарювання різних форм власності, так і держави загалом. Згідно з аналітичними даними, за останніх 5 років, в Україні виникали 429661 пожежі у наслідок яких загинули 8213 осіб, а ще 7801 осіб зазнали травмувань різних ступенів важкості [3-7] (таблиця 1.1). Збитки від пожеж склали десятки мільярдів гривень.

Таблиця 1.1 – Статистичні показники стану з пожежами в Україні за 2020 ÷ 2024 роки.

№з/п	Назва	Рік				
		2020	2021	2022	2023	2024
1.	Кількість пожеж (од.)	101279	79457	80654	67934	100337
2.	Кількість пожеж на об'єктах, на яких здійснюється державний нагляд (контроль)	2466	2246	3790	2712	2997
3.	Збитки прямі (тис. грн)	2631982	3181197	36294324	23089448	24633864
4.	Збитки побічні (тис. грн)	9974922	10182348	63155409	59428416	28766183

Продовження таблиці 1.1

5.	Загинуло людей унаслідок пожеж	1728	1853	1639	1472	1521
6.	Травмовано людей на пожежах	1452	1383	1617	1551	1798
7.	Знищено, пошкоджено будівель і споруд (од.)	28029	23061	35591	28520	36359

На об’єктах різних форм власності, на яких здійснюються заходи державного нагляду (контролю) у сфері техногенної та пожежної безпеки зареєстровані 14211 пожеж. На одну пожежу на зазначених об’єктах припадає не менше 5 мільйонів гривень прямих збитків. На рисунку 1 наведено ранжування регіонів України за кількістю пожеж на об’єктах, на яких здійснюється державний нагляд (контроль) у сфері техногенної та пожежної безпеки, за 2020-2024 роки.

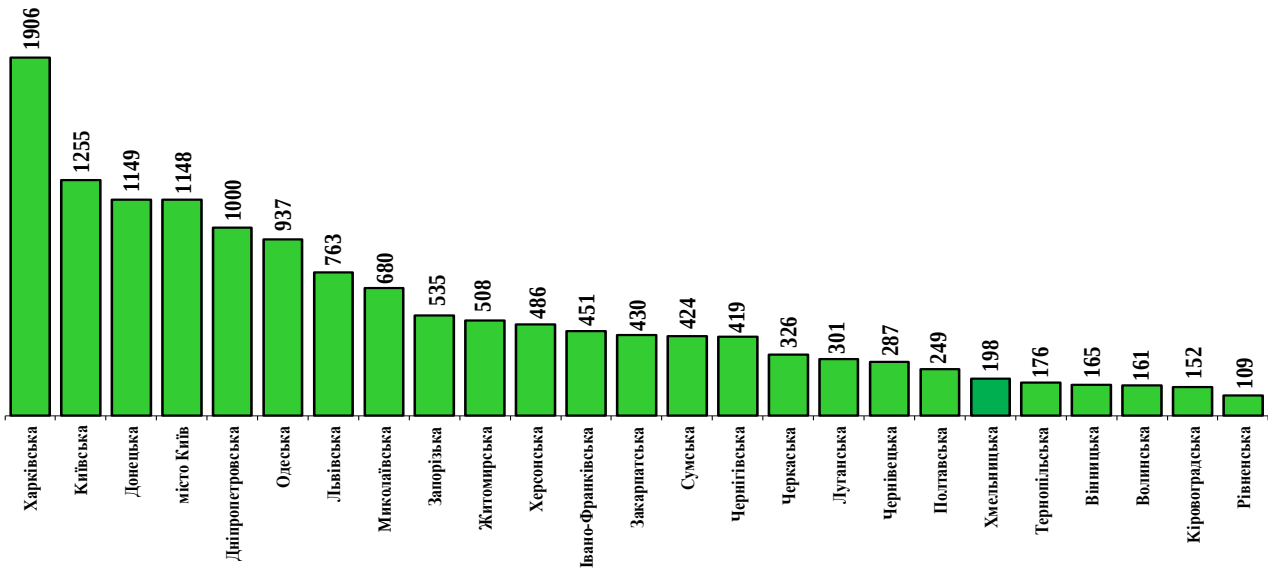


Рисунок 1.1 – Ранжування регіонів України за кількістю пожеж на об’єктах, на яких здійснюється державний нагляд (контроль) у сфері техногенної та пожежної безпеки, за 2020-2024 роки.

У цілому, результати моніторингу стану з пожежами та їх наслідками в Україні свідчать, що на розподіл кількості пожеж і їх жертв мають суттєвий вплив інтенсивність бойових дій у межах окремих регіонів України, їх часткова окупація російськими збройними формуваннями, а також переміщення населення та промислових потужностей зі східних регіонів на захід країни, що не дозволяє об’єктивно встановити закономірності, визначити тенденції та виявити залежності зміни кількості пожеж у межах окремих адміністративно-територіальних одиниць шляхом опрацювання наявних даних [7].

Більшість пожеж виникають з причин: «Необережне поводження з вогнем», «Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації електроустановок», «Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації печей, ТГ агрегатів та установок» та «Порушення технології виробництва та правил експлуатації транспортних засобів» (рисунок 1.2) [3-7].

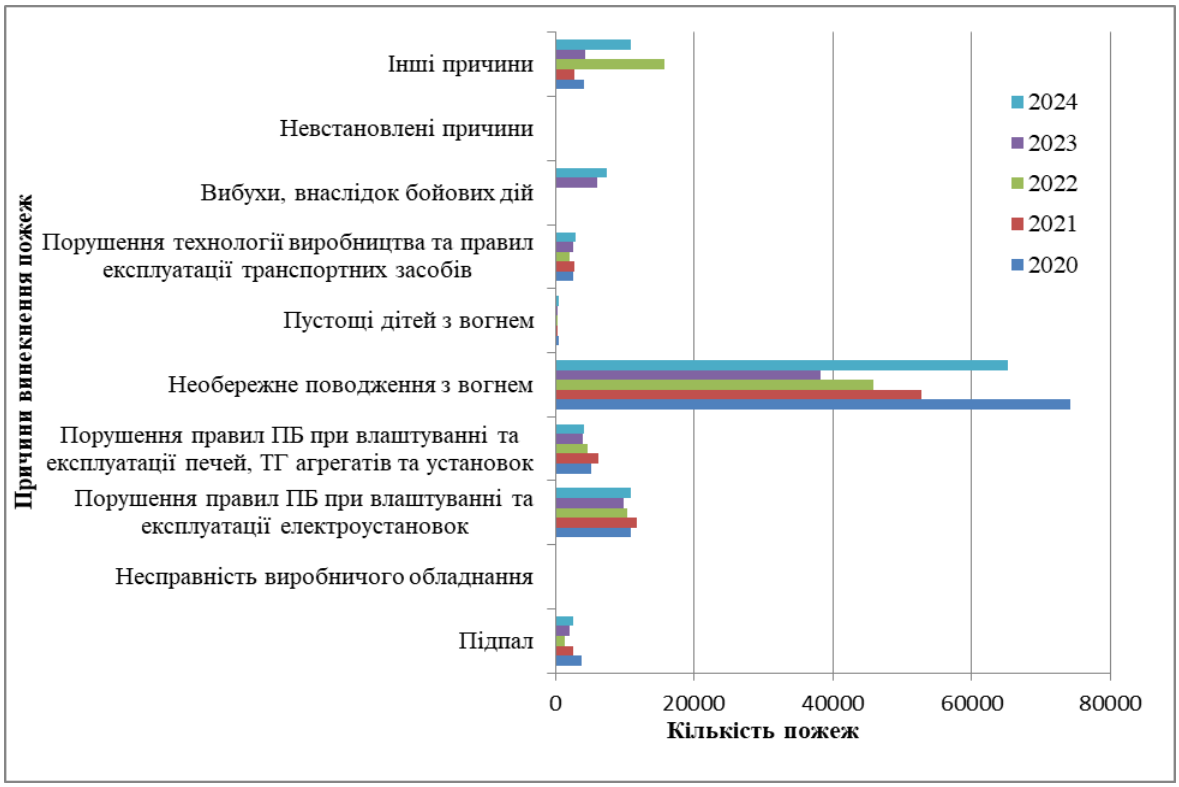


Рисунок 1.2 – Діаграма причин виникнення пожеж в Україні за 2020 ÷ 2024 роки.

У 330 випадках місцем виникнення пожежі стали горище, перекриття або покрівля (рисунок 1.3).

Рисунок 1.3 – Кількість пожеж за 2020÷2024 роки на об’єктах де вимагається вогнезахист.

Аналізуючи статистику кількості пожеж об’єктів, на яких здійснюється державний нагляд (контроль) у сфері техногенної та пожежної безпеки було виявлено, що 12% пожеж виникли саме у будівлях де вимагається вогнезахист дерев’яних будівельних конструкцій (рисунок 1.4) [3-7].

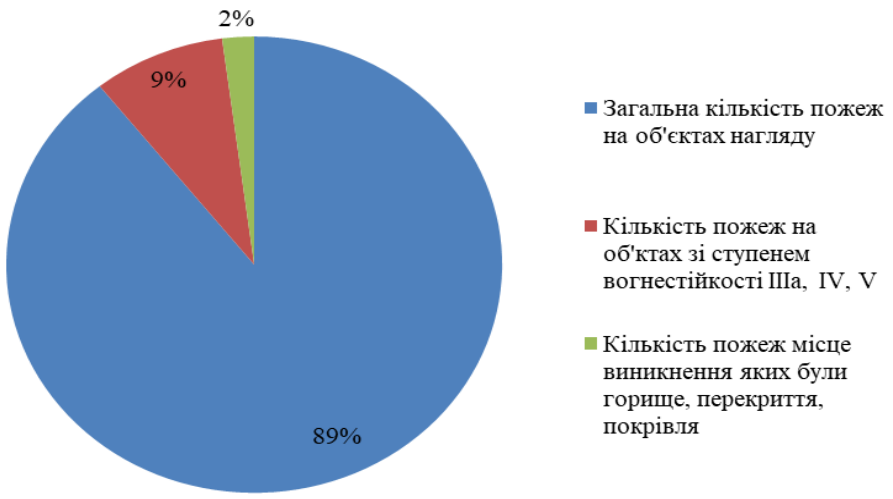


Рисунок 1.4 – Порівняння кількості пожеж на об’єктах нагляду в цілому та об’єктах де вимагається вогнезахист за період 2020÷2024 роки.

Така статистика підтверджує доцільність здійснення профілактики пожеж шляхом проведення превентивно-контрольної діяльності у сфері цивільного захисту, техногенної та пожежної безпеки.

Прикладом найбільш резонансної пожежі, яка чітко демонструє, що порушення вимог Правил пожежної безпеки в Україні призводить до загибелі великої кількості людей та значних матеріальних втрат, є пожежа, що виникла 21 січня 2021 року в приватному будинку для літніх людей «Золотий час» у м. Харків (фото 1.1) [55]. Унаслідок пожежі загинули 15 людей. За результатами проведення розслідування пожежі було виявлено значні порушення вимог пожежної безпеки, основними з яких були: відсутність системи пожежної сигналізації, нездійснення вогнезахисного просочування дерев'яних будівельних конструкцій, відсутність дозвільних документів на право здійснення діяльності закладу та ін.

Рисунок 1.5 – Фото з місця пожежі, що виникла 21 січня 2021 року в приватному будинку для літніх людей «Золотий час» у м. Харків.

Черговим підтвердженням, що порушення правил пожежної безпеки є загрозою життю та здоров'ю громадян також є пожежа, що виникла 16 квітня 2021 року у будівлі релігійної організації «Храм Різдва Божої Матері Української Православної

церкви» за адресою Хмельницька область, Кам’янець-Подільський район, с. Баговиця, вул. Вишнева, 25А1. Пожежа виникла по причині «Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації електроустановок».

Рисунок 1.6 – – Пожежа, що виникла 16 квітня 2021 року у будівлі релігійної організації «Храм Різдва Божої Матері Української Православної церкви» за адресою Хмельницька область, Кам’янець-Подільський район, с. Баговиця, вул. Вишнева, 25А1.

19 квітня 2022 року виникла пожежа в будівлі громадського харчування за адресою: Кам’янець-Подільський район, Жванецька ТГ, автошлях М20 (поворот на с. Руда). Пожежа виникла по причині «Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації електроустановок».

Рисунок 1.7 – Пожежа, що виникла 19 квітня .2022 року в будівлі громадського харчування за адресою: Кам’янець-Подільський район, Жванецька ТГ, автошлях М20 (поворот на с. Руда).

30 серпня 2023 року, виникла пожежа в ресторанному комплексі «Три ведмеді», що на вулиці Кармелюка в м. Хмельницький. Пожежа виникла по причині «Коротке замкнення електромереж».

Рисунок 1.8 – Пожежа, що виникла 30 серпня 2023 року в ресторанному комплексі «Три ведмеді», що на вулиці Кармелюка в м. Хмельницький.

21 вересня 2024 року виникла пожежа, в приватному комплексі для відпочинку «Шервуд» у м. Кам’янець-Подільський. Ймовірно що, пожежа виникла по причині «Порушення правил ПБ при влаштуванні та експлуатації печей, ТГ агрегатів та установок».

Рисунок 1.9 – Пожежа, що виникла 21 вересня 2024 року в приватному комплексі для відпочинку «Шервуд» у м. Кам’янець-Подільський.

При детальному досліджені причин виникнення пожеж на усіх вище зазначених об’єктах були виявленні суттєві порушення правил пожежної безпеки, що мають наслідковий зв'язок із причиною пожежі та сприяли її швидкому розповсюдженню, зокрема: «Дерев’яні елементи горищних покриттів (крокви, лати) не оброблено засобами вогнезахисту, які забезпечать І групу вогнезахисної ефективності».

1.2. Аналіз способів вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій в Україні

Деревина - один з найдавніших будівельних матеріалів. Екологічність, зручність монтажу та обробки, висока несуча здатність при невеликій масі, низька теплопровідність роблять деревину актуальною в будівництві і сьогодні [9-15].

В Америці та Європі дерев'яні будинки не втрачають провідних позицій в житловому будівництві і дозволяють заощадити до 15% бюджету будівництва (у порівнянні із іншими будівельними матеріалами) [57].

Основі вимоги до проектування дерев’яних конструкцій будівель і споруд визначено у [31].

З дерева зводяться покриття, перекриття, стіни та перегородки будівель, дерев'яні конструкції міцні, надійні і можуть служити багато десятиліть. Найбільш раціональні і поширені в будівництві це сосна, а також такі види дерев'яних конструкцій та елементів: настил, підшивка, обшивка; панелі настилу або обшивки з дощатого каркасу, обклеєного водостійкою фанерою; цілісні балки; ферми з цільних або клеєних стрижнів; похилі крокви з балок, стійок і підкосів; підкісні системи зі стійок і ригелів тощо.

Крім того продукти горіння деревини не токсичні, не плавляться і не розтріскуються, а сама деревина є повністю відновлювальним матеріалом, та легко утилізується [31].

Разом з тим при суттєвих перевагах деревина має і недоліки, основними з яких є горючість. Вже при досягненні температури 250...260ºС з деревини починає виділятися велика кількість окису вуглецю та метану і відбувається займання [17, 33, 24].

Однією з основних вимог до будівель і споруд є збереження несучої здатності будівельних конструкцій під час пожежі [8, 30, 31]. Зниження несучої здатності дерев’яних елементів стається через обвуглення деревини, що призводить до зменшення розмірів їх робочих перерізів, а також через міну міцності деревини в не обвугленій частині перерізу.

Збереження несучої здатності будівельних конструкцій (в тому числі і дерев’яних) досягається завдяки вогнезахисту [24-30]. Вогнезахист – це зниження показників пожежної небезпечності матеріалу (тканина, папір, очерет, облицювальні та оздоблювальні будівельні матеріали, сценічні декорації) або підвищення вогнестійкості конструкції (несучі та огороджувальні будівельні конструкції будинків і споруд) чи виробу (повітроводи, проходки, електричні кабелі) [65].

Вогнезахист деревини здійснюється з метою підвищення температури займання та/чи групи горючості, зменшення виділення продуктів горіння тощо.

Вогнезахист виробів з деревини може здійснюватися способами вогнезахисного заповнення, обробляння (фарбування, штукатурення, обмотування, облицьовування) та вогнезахисного просочування (глибоке чи поверхневе) (рисунок 1.10).

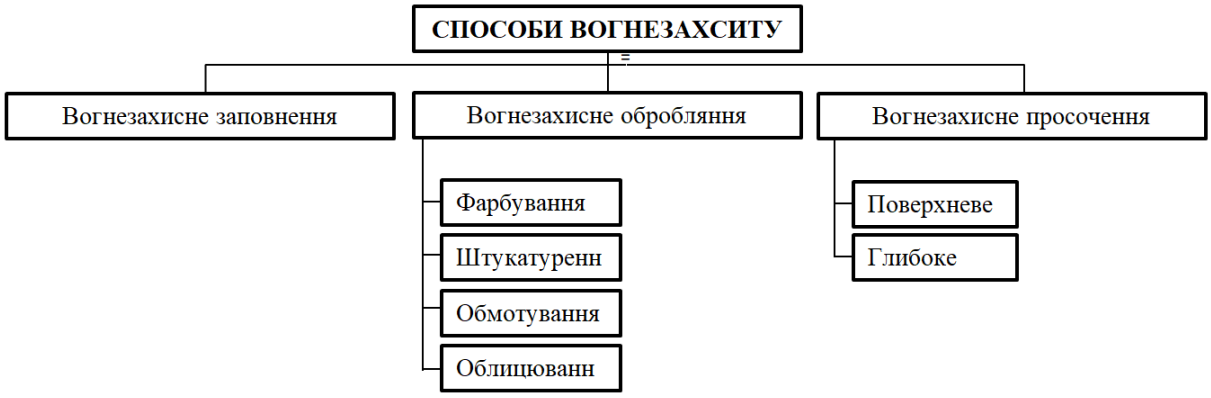


Рисунок 1.10 – Способи вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в Україні.

Метод виконання вогнезахисних робіт обирається залежно від характеристик вогнезахисного матеріалу, типу захищуваного об’єкта та умов його експлуатації [32, 33].

Просочування вогнезахисними засобами застосовується для об'єктів, виготовлених із пористих матеріалів, таких як деревина, текстиль чи папір. Для цього використовуються просочувальні засоби, здатні проникати у внутрішню структуру матеріалу.

Поверхневе просочування виконується шляхом нанесення речовини на поверхню за допомогою пензля, щітки, валика, а також із використанням механізованих пристроїв для розпилення (повітряного чи безповітряного), методом занурення або способом «нагрів – холодна ванна».

Глибоке просочування проводиться у спеціальних герметичних резервуарах (автоклавах) під умовами вакууму або підвищеного тиску [52, 65].

Для нанесення вогнезахисного шару також використовують спеціальні фарби, лаки чи пасти, які закріплюють пензлем, щіткою, валиком або за допомогою розпилювальних установок. Ці матеріали утворюють тонкий захисний шар на поверхні об’єкта.

У разі застосування обмазувальних засобів – вогнезахисних штукатурок або паст – нанесення відбувається ручними інструментами (шпатель, терка, кельма) або механічним обладнанням (штукатурні машини).

Облицювання передбачає використання окремих елементів або листових (рулонних) матеріалів, які фіксуються до поверхні конструкції за допомогою кріплень, клеїв або інших засобів [54–57].

Метод заповнення передбачає ущільнення отворів, швів та стиків у конструкціях за допомогою вогнезахисних матеріалів.

Екранування реалізується шляхом встановлення біля об’єкта вогнезахисного екрана, виготовленого з рулонних або листових матеріалів, відповідно до нормативних вимог [59, 60].

Деревина, призначена для обробки, має бути без дефектів, уражень грибком, обвуглення, сторонніх домішок або покриттів. Вона повинна бути очищена від бруду та пилу [93].

Якщо для застосування засобу передбачені вимоги до вологості деревини, необхідно провести відповідні заміри та оформити акт визначення вологості [66, 67].

Поверхневе просочування деревини є одним із найбільш дієвих способів її захисту від дії високих температур та відкритого полум’я [76–80].

1.3. Аналіз способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в країнах Європейського Союзу та США

У різних країнах Європейського Союзу, а також в США існують різноманітність концепцій протипожежного захисту дерев'яних будівельних конструкцій [106-111].

У США, де була розроблена технологія з'єднання масивних дерев'яних елементів шипами, вже кілька десятиліть точиться дискусія про те, чи є такі конструкції безпечними при пожежі або, навпаки, що вони представляють дуже високу небезпеку.

Американський науковець Мітендорф [114], вважає безпечною покрівлю з дерев'яних ферм. Він проаналізував час від початку пожежі до руйнування різних конструкцій даху і виявив, що час стійкості дерев'яних ферм був довший, ніж у дахів, виготовлених за іншими технологіями. Дослідник Данн, навпаки зазначив [108], що кроквяні дахи є однією з найнебезпечніших існуючих конструкцій з точки зору протипожежного захисту. Він навіть називає їх «вбивцею» та вважає небезпечним гасіння пожежі всередині споруди з дерев'яною кроквяною покрівлею – пожежники повинні передбачити раннє обвалення покрівлі. Данн підкреслює, якщо дерев'яні ферми захищені вогнестійкими матеріалами, руйнування даху відбуватиметься повільніше, і дерев'яні ферми чутливі до руйнування окремо, а не в цілому.

Інститут структурних компонентів Carbeck у своїй публікації [109] спростовує теорії Данна про виняткову шкідливість ферм. Наведено приклади, коли пошкодження або знищення одного елемента ферми (діагоналі або пояса) не обов'язково призводить до пошкодження всієї ферми. Ці приклади також показують, що обвалення однієї ферми не викликає руйнування сусідніх ферм.

У конструкціях, з'єднаних за допомогою цвяхових пластин, найслабшою ланкою при пожежі є стики. На початковій фазі пожежі пластина з шипами дещо обмежує обвуглювання деревини під нею. Це підтвердили дослідження, проведені в США науковцем Харманом [111]. У початковій фазі пожежі плита виконує роль

«дзеркала», що відображає теплове випромінювання. Через деякий час пластина з шипами починає працювати, як радіатор, і передає температуру через шипи в деревину. Тому під ним також відбувається обвуглювання. Шипи втрачають кріплення і конструкція втрачає несучу здатність.

В США питання пожежної безпеки розглядається комплексно. Найголовніше – це можливість швидкої, безпечної евакуації, а будівлі обладнані системами оповіщення. У цьому контексті «рівень захисту» означає ступінь протипожежного захисту, який забезпечують системи та служби активного протипожежного захисту. Це захист, який визначається можливостями: доступу пожежної бригади, продуктивністю пожежного гідранта та наявності водопостачання в цілому, шляхів евакуації та «приватного» захисту у вигляді вогнегасників, систем протипожежного захисту, а також систем оповіщення.

Крім того, для збільшення несучої здатності використовуються різні типи захисту конструкції, наприклад шляхом нанесення покриттів. Одним із таких покриттів є Latex Safe Coat [113] (рисунок 1.11).

Рисунок 1.11 – Дерев'яна конструкція, захищена латексним покриттям.

Це латексне покриття реагує на вогонь або нагрівання розбуханням. Воно здатне досягати об’єму, який у багато разів перевищує початкову товщину сухого покриття [82, 83]. Під впливом температури воно створює вуглецевий нагар, який захищає від вогню та зменшує кількість кисню, доступного на поверхні конструкції. Це обмежує поширення полум'я.

У 2017 році Асоціація структурних будівельних компонентів (SBCA) опублікувала звіт [117] про дослідження дерев'яних конструкцій у сфері каркасних стін, стель і дахів. Конструкція з ферм зі штифтовими з'єднаннями та підвісною стелею з вогнетривкого матеріалу, заниженою на 18 см, і покриттям даху також вогнетривким – забезпечує годинний вогнезахист дерев'яних каркасів, у тому числі ферм [116] (рисунок 1.12).

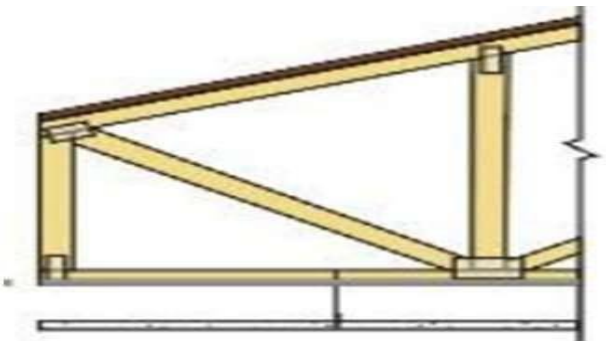


Рисунок 1.12 – Протипожежне перекриття - кроквяна конструкція даху - покриття даху.

У скандинавських країнах, де понад 95% усіх дахів зроблені з ферм, вимоги щодо протипожежного захисту в цілому такі ж, як у США. Частково вони відрізняються, в тому числі застосуванням до багатоповерхових дерев'яних будинків. У Швеції та Фінляндії конструкція даху відповідає вимогам Єврокласу В – вогнезахисний матеріал. У Норвегії збільшено кількість кроквяних шарів [113], у Німеччині збільшено поперечні перерізи конструкції та захищено плитки облицюванням [106]. У Франції всю конструкцію фарбують вогнезахисними фарбами.

В Норвегії протипожежний захист досягається за рахунок розміщення більшої кількості ферм впритул, і тоді «внутрішні» цвяхові пластини захищені від високих температур. Конструкція складається з кількох з'єднаних, як правило, чотирьох-п'яти ферм з протипожежним ущільненням між ними (рисунок 1.13).

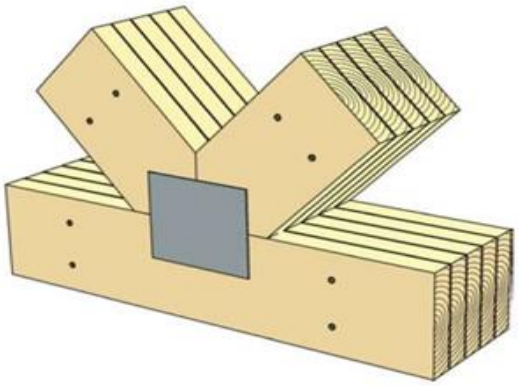


Рисунок 1.13 – П’ятишарова кроквяна система.

Дві зовнішні пластини шипів або незахищені, або додатково захищені фанерою або мінеральною ватою. Конструкції, виготовлені таким чином, можуть досягти межі вогнестійкості R 60 [28].

Для межі вогнестійкості R 30 видимі застосовуються конструкції обшиті дерев’яними дошками товщиною 22 мм. Решта частини конструкцій захищені від вогню мінеральною ватою і гіпсокартоном (рисунок 1.14) [86-92].

Рисунок 1.14 – Існуючі елементи конструкції покриті дошкою товщиною 22 мм.

У Німеччині існує технологія Interdens Pads - це напівжорсткий вогнезахисний матеріал, що складається з вогнезахисної фарби та основи зі скловолокна. Це матеріал кріпиться до дерева за допомогою скоб. Обшивка повинна повністю закривати кріпильну пластину з запасом 20 мм і більше (рисунок 1.15) [38].

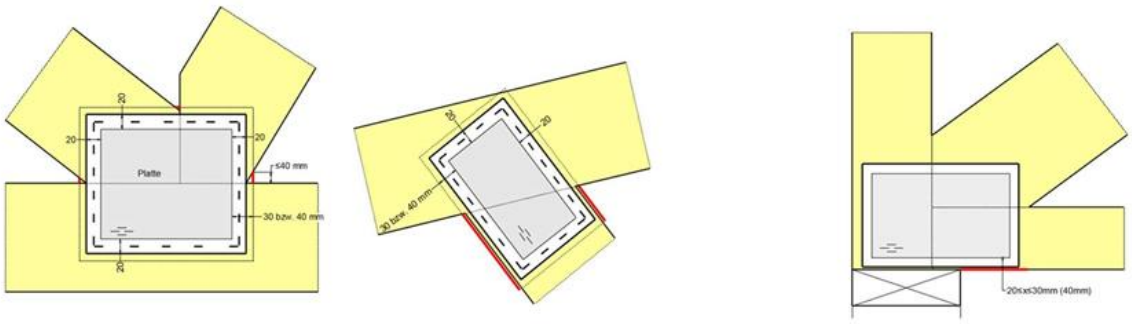


Рисунок 1.15 – технологія вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій Interdens Pads.

Окремою та ефективною технологією, яка ефективно застосовується як в США так і в країнах ЄС є глибоке просочування в спеціалізованому обладнання під тиском. Даний різновид вогнезахисту є одним з найбільш ефективних (рисунок 1.16) [94, 95].

Рисунок 1.16 – технологія вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій глибоким просочуванням.

1.4 Аналіз нормативно правових вимог щодо перевірки якості вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій

Проведення перевірки відповідності вогнезахисту описано у [65]. Загальні вимоги та методи контролювання вогнезахисної здатності засобів вогнезахисту (покривів, просочень) під час приймання виконаних робіт з вогнезахисного

обробляння будівельних конструкцій, ідентифікації та подальшої експлуатації до 1 вересня 2025 установлює ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. «Захист від пожежі. Вогнезахисне обробляння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання» (далі ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010) [31]. В стандарті 30219-95. «Деревина вогнезахисна. Загальні вимоги. Методи випробувань. Транспортування та зберігання» [93] (далі стандарт 30219-95) визначено методи контролю якості поверхневого вогнезахисного просочування, а також його забезпечення в процесі експлуатації. Також методи контролю або перевірки відповідності вогнезахисту передбачають регламенти на кожен з різновидів вогнезахисних засобів.

Існуюча перевірка відповідності вогнезахисту описана розділом IX Правил з вогнезахисту [65] та вступила в дію в квітні 2019 року. Згідно з [65] суть перевірки відповідності вогнезахисту полягає в створенні комісії, яка перевіряє на різних етапах виконання робіт відповідність вогнезахисту вимогам проектної документації, регламенту, нормативно-технічним документам та якість виконаних робіт. Якість виконаних робіт перевіряється шляхом: проведення зовнішнього огляду вогнезахисного покриву (просочування, облицювання) на відсутність пропусків, рівномірність покриву (просочування, облицювання), систем кріплення або клейових з’єднань на їх надійність; проведення вимірювання товщини вогнезахисного покриву (облицювання) через кожні 15-20 метрів довжини об’єкта вогнезахисту, але не менше ніж у 10 рівновіддалених точках; застосування експрес-методу для вогнезахисного просочення. Результати роботи комісії оформлюються актом перевірки відповідності вогнезахисту, в якому поруч із загальними даними зазначаються результати зовнішнього огляду об’єктів вогнезахисту щодо цілісності, надійності зчеплення (кріплення) з поверхнею об’єкта, наявності дефектів та результати вимірювання товщини шару вогнезахисного покриву. У висновку акта вказується, чи роботи з вогнезахисту виконані відповідно до проектної документації та регламенту робіт з вогнезахисту та чи встановлено порушення вимог нормативно-технічних документів. Схематично алгоритм перевірки наведений на рисунку 1.17.

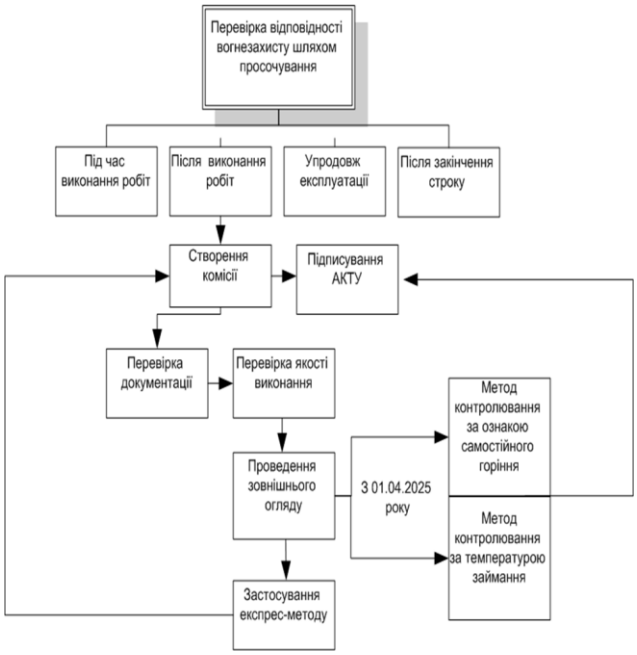


Рисунок 1.17 – Алгоритм перевірки вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в Україні.

Варто зазначити, що в Європі даний алгоритми забезпечення якості вогнезахисту суттєво відрізняються, та побудовані на основі врахування небезпечних факторів пожежі та конструктивних рішень (рисунок 1.18).

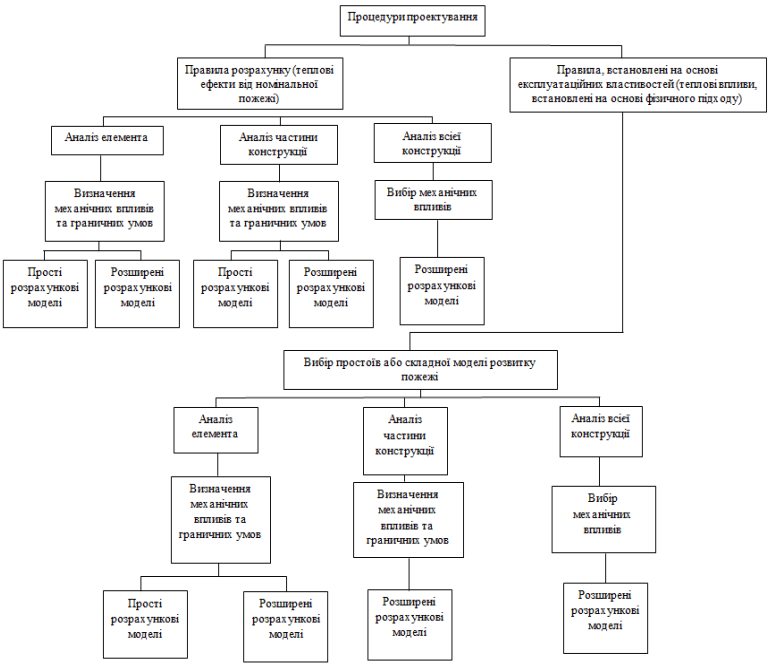


Рисунок 1.18 – Алгоритм забезпечення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в ЄС.

Після введення в дію [65] в ДСНС окремим дорученням було визначено, що участь у роботі комісій з перевірки відповідності вогнезахисту покладається на працівників дослідно-випробувальних лабораторій територіальних органів ДСНС (далі – ДВЛ). У вересні 2023 року окремим дорученням ДСНС участь у роботі комісій з перевірки відповідності вогнезахисту було змінено та покладено безпосередньо на представників територіальних органів ДСНС, які залучають ДВЛ для проведення робіт з визначення показників вогнезахисту.

Згідно з п. 5.7 стандарту 30219-95 для поверхневих способів просочування якість здійсненого вогнезахисту, а також якість вогнезахисту в процесі експлуатації визначається експрес-методом. Суть методу полягає у зрізанні з просоченої деревини стружки (проби) товщиною до 1 мм з подальшим впливом на неї полум'я сірника впродовж 15 с. Кількість проб повинна бути не менше ніж 10 шт. Після закінчення часу впливу полум'я фіксують час самостійного горіння і тління. Поверхневе вогнезахисне просочування вважається якісним, а вогнезахищена деревина відповідає ІІ групі вогнезахисту, якщо після видалення джерела вогню не менше ніж 90% не буде підтримувати самостійного горіння або тління. Визначення якості вогнезахищеної деревини І групи здійснюють у лабораторних умовах методом випробувань, встановленим стандартами.

У ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010 встановлено, що під час вогнезахисного обробляння будівельних конструкцій здійснюють контролювання якості виконання робіт відповідно до стандарту 30219-9 та регламенту робіт з вогнезахисту на конкретний вид вогнезахисного засобу. Приймання робіт з вогнезахисного обробляння будівельних конструкцій здійснюють у порядку, встановленому [65] та регламентом робіт з вогнезахисту на конкретний вид вогнезахисного засобу. Вогнезахисну здатність вогнезахисних засобів для вогнезахисного обробляння будівельних конструкцій оцінюють шляхом проведення випробувань за методами, наведеними в розділі 7 ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. Для поверхневого просочування застосовується розділ 7.2 «Метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних просочувань для будівельних конструкцій з деревини, які було піддано

вогнезахисному оброблянню способами поверхневого просочування». Сутність методу полягає у визначенні температури самозаймання вогнезахищеної деревини.

Практичне використання даних законодавчих актів та нормативних документів впродовж тривалого часу дало можливість провести аналіз та виявити суттєві недосконалості, що безпосередньо впливають на прийняття рішення комісією, що створюється, для перевірки відповідності вогнезахисту.

Першочергово необхідно констатувати факт відсутності визначення терміну «перевірка відповідності вогнезахисту», який застосовується в [65]. Відсутність нормативно-врегульованого значення цього терміна призводить до його різностороннього трактування та спонукає виникнення колізій, що і чому має відповідати, та за якими критеріями це оцінюється.

Наступним важливим фактором, що впливає на роботу комісії, є відсутність чітко визначених обов’язків та повноважень членів комісії, а також відсутність необхідного кворуму, за якого може бути прийнято рішення. Такі прогалини призводять до суперечливих рішень серед учасників комісій, що унеможливлює об’єктивну оцінку виконаних робіт загалом.

Не менш важливим фактором, що негативно впливає на оцінку якості виконаних робіт з вогнезахисту, є те, що в [65] визначено некоректні шляхи перевірки для вогнезахисного просочування. Зокрема, для вогнезахисного просочення встановлено, що проводиться зовнішній огляд захисного покриву на відсутність пропусків, рівномірність покриву. Цей захід реалізувати неможливо, оскільки більшість вогнезахисних засобів, що забезпечують просочування, постачаються безбарвними, а додаткове забарвлення потребує додаткового фінансування, що замовляється вкрай рідко. Окремі вогнезахисні засоби мають забарвлення, проте ці забарвлення переважно червоного, оранжевого та зеленого кольорів, що при повторному нанесені одним і тим же засобом візуально визначити без застосування спеціального обладнання неможливо.

Неефективним є і встановлений шлях застосування експрес-методу для вогнезахисного просочування. Це зумовлено технічно низькою точністю та моральною застарілістю самого експрес-методу.

За результатами роботи комісії з перевірки відповідності вогнезахисту оформляється Акт перевірки відповідності вогнезахисту. Найбільш суттєвим недоліком цього акта (щодо перевірки відповідності вогнезахисного просочування) є те, що в ньому передбачається фіксація глибини вогнезахисного просочування (вимірювання якої неможливо реалізувати для деревини без лабораторних умов) та не передбачена можливість фіксації даних, отриманих за результатами застосування експрес-методу.

Об’єктивним і коректним є метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних просочувань для будівельних конструкцій з деревини, які було піддано вогнезахисному оброблянню способами поверхневого просочування, описаний в ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010.

Для удосконалення національної нормативної бази щодо методів випробувань з визначення і контролювання показників якості вогнезахисних засобів було прийнято участь у виконанні науково-дослідної роботи «Дослідження показників якості вогнезахисних матеріалів («методи контролю вогнезахисту»)» (№ держреєстрації 0122U002325), що виконувалась Інститутом державного управління та наукових досліджень з цивільного захисту. За результатами роботи розроблено проєкти трьох національних стандартів, які встановлюють метод визначення вогнезахисних властивостей вогнезахисних речовин для деревини, методи випробувань вогнезахисних покривів і просочувань для дерев'яних і металевих конструкцій на стійкість до зовнішніх впливів та методи контролювання вогнезахисних засобів (покривів і просочувань), нанесених на дерев'яні, металеві та бетонні конструкції, під час експлуатації об'єктів вогнезахисту.

Один з трьох розроблених проектів прийнятий як національний стандарт, та набрав чинності з 1 березня 2025 року, а саме ДСТУ 9291:2024 «Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту» [36]. В даному стандарті встановлено методи контролювання придатності просоченої деревини для подальшої експлуатації.

1.5 Аналіз вогнезахисних засобів для дерев’яних будівельних конструкцій

Загальна класифікація вогнезахисних засобів описана в Правилах з вогнезахисту [65].

Залежно від складу та властивостей вогнезахисні засоби поділяються на:

просочувальні вогнезахисні речовини;

суміші для просочувальних вогнезахисних речовин;

фарби вогнезахисні;

лаки вогнезахисні;

пасти (обмазки) вогнезахисні;

штукатурки вогнезахисні;

облицювальні вогнезахисні засоби;

вогнезахисні вироби.

За принципом дії засоби для захисту від вогню поділяються на дві групи: пасивні й реактивні. До пасивних відносяться ті, що не змінюють свої геометричні параметри під час теплового впливу; їх захисна ефективність забезпечується теплоізоляційними властивостями. Це, зокрема, просочувальні й облицювальні матеріали, штукатурки, пасти та спеціалізовані вироби.

Реактивні засоби – це тонкошарові покриття (фарби, лаки, спучувальні пасти), які при нагріванні значно збільшуються в об'ємі внаслідок хімічних реакцій, утворюючи теплоізоляційний шар із коксової структури, що захищає поверхню конструкції від перегріву.

Залежно від товщини нанесення вогнезахисні засоби поділяються на тонкошарові (з товщиною шару до 3 мм включно) та товстошарові (з товщиною шару більше 3 мм).

Залежно від умов експлуатації вогнезахисні засоби поділяються на призначені для експлуатування:

на відкритому повітрі (під впливом атмосферних факторів);

під навісом;

в закритому неопалюваному приміщенні (без штучно регульованих кліматичних умов, де коливання температури й вологості повітря істотно менше ніж на відкритому повітрі);

в закритому опалюваному приміщенні з кліматичними умовами, що штучно регулюються, температурою вище 0ºС й відносною вологістю повітря не більше 70%;

в інших спеціальних умовах (агресивне середовище, підвищена вібрація).

Вогнезахисні засоби для деревини класифікуються ще за окремими параметрами [9]. За характером дії їх поділяють на антисептики, антипірени та захисні засоби комбінованої дії.

По розчинності вогнезахисні засоби ділять на водорозчинні, розчинні у легких органічних розчинниках та розчинні в оліях або важких нафтопродуктах.

За ступенем вимивання з деревини вогнезахисні засоби ділять на такі, що легко вимивні, вимивні, важко вимивні та не вимивні.

Механізми впливу вогнезахисних матеріалів на процес горіння можна умовно поділити на три основні:

1. Виділення інертних газів – при нагріванні активні компоненти утворюють газоподібні речовини (наприклад, аміак, CO_2), які розбавляють газову фазу та знижують ймовірність займання.

2. Зсув температури піролізу – під дією спеціальних сполук (фосфати, сульфати, галогени) підвищується температура, за якої відбувається активне виділення горючих газів, унаслідок чого уповільнюється початок полум’яного горіння.

3. Формування обвугленого бар’єру – у процесі нагріву відбувається виділення кислот (наприклад, фосфорної), що сприяє прискореному утворенню шару вуглецю з одночасним виділенням водяної пари та CO_2, що ізолює матеріал від подальшого термічного впливу та запобігає подальшому займання.

З метою оцінки різновидів вогнезахисних засобів для деревини, які були в обігу на території України впродовж 2020–2024 років, проведено відповідний аналіз. Встановлено, що у зазначений період було зареєстровано та сертифіковано 31

найменування вогнезахисних засобів. Із них 23 види застосовувалися для просочування, а 8 видів – для нанесення обробного захисного покриття (табл. 1.2).

Таблиця 1.2 Характеристики сучасних сертифікованих вогнезахисних засобів для деревини, що застосовувались в Україні в період з 2020 року до 2024 року за статистичними даними ДСНС України.

№ з/п	Назва вогнезахисного засобу	Стан вогнезахисного засобу	Товщина вогнезахисного просочення (обробляння), (мм)	Температура самозайманя, наявність протоколів випробувань температури самозайманя	Заявлений термін вогнезахисту, років	Наявність протоколів підтвердження терміну вогнезахисту
1	2	3	4	5	6	7
1	Фенікс ДБ	Фарба	0,25	Не вказано	30	Не вказано
2	ДСА-1	Розчин	2	Не вказано	3	В наявності
3	ДСА-2	Розчин	3	Не вказано	10	В наявності
4	Antifire Paint Plus	Лак	0,15	Не вказано	7	В наявності
5	Фаєрвол-Вуд	Фарба	0,2	Не вказано	10	В наявності
6	Фаєр-off	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
7	Antifire impregnate	Розчин	Не вказано	505 °С, вказано в регламенті	5	В наявності

Продовження таблиці 1.2

8	F-1 для деревини Kompozit	Розчин	Не вказано	Не вказано	Не вказано	Не вказано
9	Defens WD-1	Розчин	Не вказано	Не вказано	10	В наявності
10	Defens W	Фарба	0,2	Не вказано	30	Не вказано
11	ВД АК 5021 «Пірант Колор»	Фарба	0,2	Не вказано	10	Не вказано
12	Tytan Professional 4F	Розчин	2–4,8	Не вказано	Не вказано	Не вказано
13	Агруспрофі	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
14	Ecosept 450-1	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
15	Ретардант	Розчин	Не вказано	Не вказано	5	В наявності
16	AFS-1	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
17	Брандізол	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
18	Defender	Фарба	Не вказано	Не вказано	25	Не вказано
19	Біофлейм	Розчин	Не вказано	Не вказано	5	Не вказано
20	Piromax	Розчин	Не вказано	Не вказано	3	Не вказано
21	Neomid-450	Розчин	Не вказано	Не вказано	7	Не вказано
22	STRAZH Professional	Розчин	Не вказано	Не вказано	2	Не вказано
23	ПРЕФІКС	Розчин	2	Не вказано	3	Не вказано
24	WOOD SAVER	Розчин	Не вказано	Не вказано	5	В наявності
25	ЕНДОТЕРМ ХТ-150	Фарба	0,2	Не вказано	12	Не вказано
26	СТРАЖ-1	Розчин	Не вказано	Не вказано	2	Не вказано
27	АГНІ-1	Розчин	3	Не вказано	Не вказано	Не вказано
28	БС-13	Розчин	3–10	Не вказано	3	Не вказано
29	Пожзабез-печення Л1	Розчин	Не вказано	475 °С, протокол сертифікацій них випробувань	3	В наявності
30	Ендотерм 250103	Фарба	0,12	Не вказано	10	В наявності
31	«FIRE BREAK»	Розчин	Не вказано	340°С	3	Не вказано

Проведений аналіз дає можливість стверджувати, що для вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій в Україні використовують вогнезахисні засоби у вигляді розчинів, фарб та лаків. У більшості випадків для проведення вогнезахисту застосовується вогнезахисне поверхневе просочування, оскільки відсоток різновидів вогнезахисних засобі у вигляді розчинів та оброблених ними площ найбільший. Прогнозований строк придатності вогнезахисного покриву для таких засобів заявлено від 2 до 10 років. Глибина вогнезахисного просочування вказана лише для окремих вогнезахисних засобів, і становить від 2 до 3 мм. Також, для переважної більшості засобів відсутні дані щодо визначення температури самозаймання.

Кожна з груп вогнезахисних засобів має як сильні сторони, так і певні обмеження при застосуванні для захисту дерев'яних будівельних конструкцій.

Покриття у вигляді фарб та лаків формують на поверхні деревини тонкий плівковий шар, який не лише надає декоративного вигляду, а й запобігає загорянню, поширенню полум'я та впливу вологи. Водночас значна частина фарб і емалей на основі органічних компонентів виготовляється із використанням легкозаймистих розчинників, залишки яких можуть залишатися в утвореній плівці. Це призводить до тимчасового зниження вогнезахисних властивостей щойно нанесеного покриття. Крім того, лакофарбові матеріали на синтетичних в'яжучих при горінні характеризуються інтенсивним виділенням диму та сажі.

Більш ефективними вважаються спучувальні вогнезахисні покриття, які, на відміну від звичайних лаків і фарб, не лише запобігають займанням, а й значно підвищують вогнестійкість. Під впливом високих температур вони кратно збільшуються в об'ємі, утворюючи вогнестійкий шар твердої піни з низькою теплопровідністю, що ізолює деревину від теплового потоку. Такі покриття є складними багатокомпонентними системами, які містять сполучну основу, антипірени та піноутворювальні домішки.

Властивості цих систем значною мірою залежать від коректного підбору компонентів, їх фізико-хімічної сумісності та способу взаємодії. Для оптимізації складу спучувальних покриттів використовують математичне моделювання, яке

дозволяє прогнозувати температурний режим захищуваної поверхні та оцінювати ефективність засобу.

Як сполучна основа спучувальних покриттів можуть використовуватись як органічні, так і неорганічні в’яжучі, що обумовлює їх специфічні переваги та недоліки. Покриття на основі органічних компонентів мають гарні естетичні властивості, високу адгезію до деревини та наносяться тонким шаром. Водночас вони є дороговартісними, схильні до утворення значної кількості диму та мають обмежений термін дії. Під час пожежі утворений коксовий шар поступово вигорає, втрачає цілісність і може відшаровуватись.

Це стимулює розробку нових типів вогнезахисних засобів, позбавлених горючих компонентів і здатних забезпечувати тривалу вогнестійкість. Більшість спучувальних покриттів на неорганічних в’яжучих виготовляються з використанням рідкого натрієвого або калієвого скла. Їх основні переваги – невисока вартість, негорючість та відсутність токсичних газів при дії полум’я. Проте такі засоби мають низькі декоративні характеристики, невисоку механічну міцність, слабку водостійкість, обмежений термін експлуатації та вимагають значної витрати матеріалу для досягнення ефекту, еквівалентного органічним аналогам.

Іншим поширеним методом підвищення вогнестійкості деревини є її просочування. Така обробка дозволяє суттєво підвищити термічну стабільність матеріалу та подовжити час вогнезахисної дії. Як правило, просочувальні склади – це водні розчини солей-антипіренів, які наносяться на поверхню деревини або вводяться в її поверхневі шари за допомогою методів глибокого просочування. Поверхневе просочування не спричиняє зниження міцності деревини й не призводить до виникнення внутрішніх напружень. Воно є технологічно простим у виконанні, може здійснюватися безпосередньо на об’єкті будівництва. Антипірени належать до найпоширеніших засобів вогнезахисту, представлених на ринку [18].

Застосування поверхневого просочування для зниження показників пожежної небезпечності деревини переважно зумовлене балансом високої ефективності та економічної доступності вогнезахисних засобів, а також можливістю безпосереднього контролю з боку представників територіальних підрозділів

Державної служби України з надзвичайних ситуацій за якістю виконаних робіт з вогнезахисного просочування, що регламентовано [20,21].

Згідно з аналітичними даними [71-475] спостерігається тенденція до залучення представників територіальних підрозділів Державної служби України з надзвичайних ситуацій до комісій з перевірок вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій. У період з 2020 року по 2024 рік працівниками ДСНС здійснено перевірку якості вогнезахисної обробки на 6693 об'єктах по Україні (рисунок 1.19).

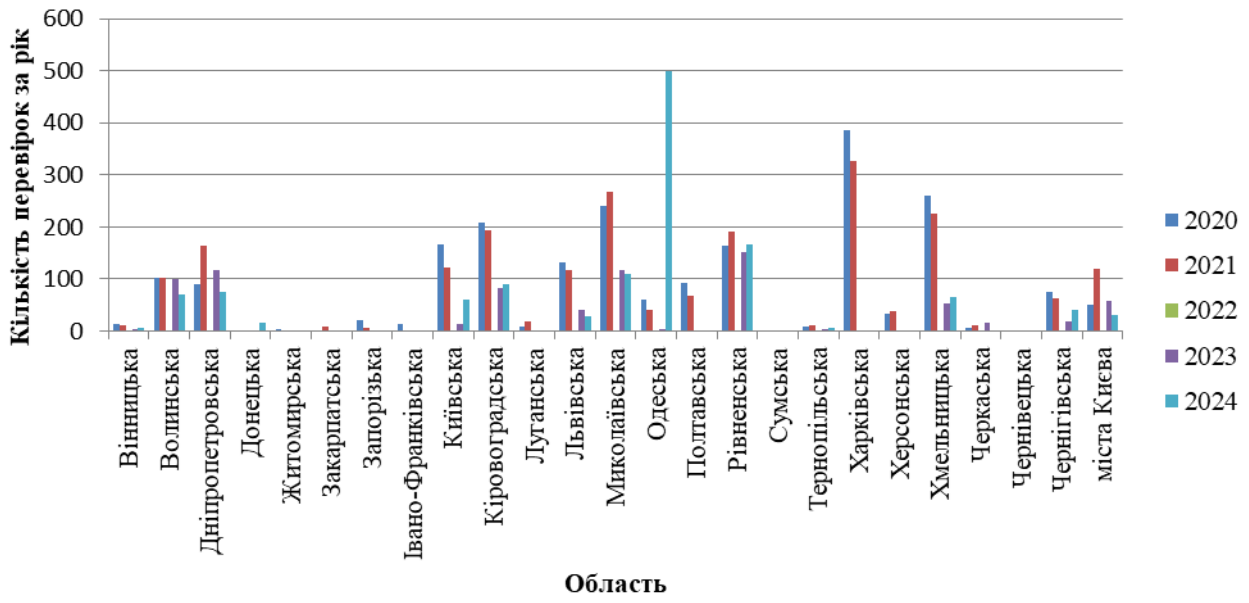


Рисунок 1.19 – Кількість перевірок якості вогнезахисної обробки працівниками ДСНС в Україні в період з 2020 року по 2024 рік включно.

Така тенденція свідчить, про збільшення кількості виконаних робіт з вогнезахисту, а також про зацікавлення замовників вогнезахисного просочування у якісному виконанні робіт, що у свою чергу забезпечує ефективну пожежну безпеку об'єкту. Можливість участі представників територіальних підрозділів ДСНС у процесі перевірки вогнезахисту не лише забезпечує контроль за якісним виконанням робіт з вогнезахисного просочування, а й надає можливість виявити та проаналізувати існуючі проблеми у даній сфері.

За результатами участі у роботі комісій було встановлено, що в якості вогнезахисних засобів, для оброки дерев'яних будівельних конструкцій використовувались: ДСА-1, Біофлейм, Фаєр-off, Ecosept 450-1 (Таблиця 1.3).

Таблиця 1.3 – Характеристика вогнезахисних розчинів ДСА-1, ДСА-2, Біофлейм, Фаєр-off, Ecosept 450-1.

№ п/п	Найменування вогнезахисного засобу	Виробник (постачальник) продукції	Технологія нанесення	Витрати вогнезахисного засобу	Група вогнезахисної ефективності	Прогнозований термін вогнезахисту, років
1	ДСА-1	ТОВ "Вогнебіозахист" (Київ)	Щіткою, валиком, пневморозпилювачем	548,8 г/м^2	1	3
3	Біофлейм	ТОВ "Торговий дім "Екотех"" (Теронопіль)	Щіткою, валиком, пневморозпилювачем	300 г/м^2	1	3
4	Фаєр-off	ТОВ "Білдінг Проект" (Тернопіль)	Щіткою, валиком, пневморозпилювачем	320 г/м^2	1	3
6	Екосепт 450-1	ТОВ "УКРХИМ ЛТД" (Калинівка)	Щіткою, валиком, пневморозпилювачем	300 г/м^2	1	7

Після проведення перевірок, що ґрунтується на застосування методів контролю, які передбачені регламентами на конкретний вогнезахисний засіб у 23% випадках було виявлено, що дерев'яні конструкції не відповідають заявленій групі вогнезахисної ефективності (рисунок 1.20).

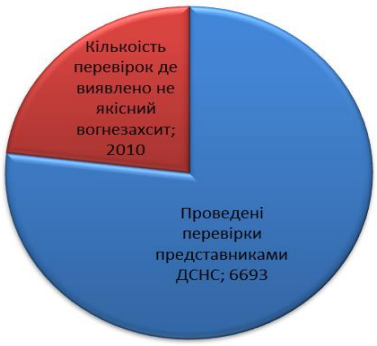


Рисунок 1.20 – Кількість перевірок якості вогнезахисної обробки працівниками ДСНС в Україні в період з 2020 року по 2024 рік/Кількість перевірок де виявлений не якісний вогнезахист – 23%.

Кожен факт повторного виконання робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій тягне за собою суттєві фінансові витрати та знижує рівень пожежної безпеки об'єкту. На прикладі Хмельницької області було виявлено, що вродовж 5 років 11 разів було виявлено не якісний вогнезахист після замінив вогнезахисного засобу при повторному просочуванні (рисунок 1.21).

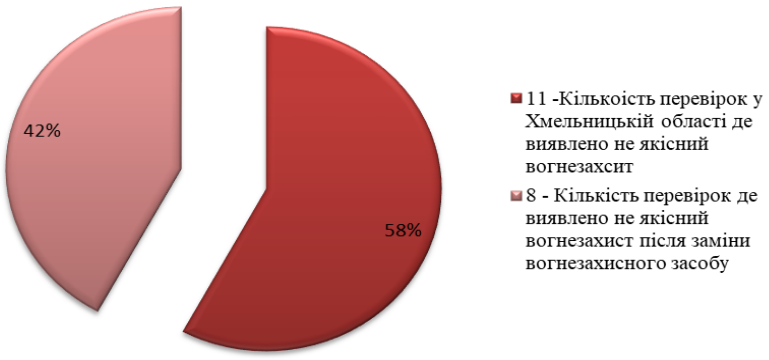


Рисунок 1.21 – Кількість перевірок якості вогнезахисної обробки працівниками ДСНС в Хмельницькій області в період з 2020 року по 2024 рік де виявлений не якісний вогнезахист після заміни вогнезахисного засобу.

З метою вивчення та подальшого дослідження причин і обставин, що спричиняють зниження ефективності вогнезахисних розчинів, проведено аналітичне дослідження фактів негативного висновку комісій з перевірки відповідності вогнезахисту

Проведені аналітичні дослідження показали, що у більшості до 2020 року включно основним вогнезахисним засобом який використовували ліцензійні організації для поверхневого просочування дерев'яних конструкцій об'єктів був засіб ДСА-1 та Ecosept 450-1. З 2021 року паралельно з Ecosept 450-1 та ДСА-1 значна частина просочування почала проводитись з використанням розчинів Біофлейм та Фаєр-off.

В переважній більшості випадків негативні висновки перевірки якості вогнезахисту були сформовані після зміни вогнезахисного засобу. Таким чином для вивчення залишається відкритим питання ефективності вогнезахисних розчинів при їх заміні.

1.6. Висновки з розділу, мета та задачі дослідження

На підставі проведення аналізу статистичних даних окреслена тенденція залучення представників територіальних підрозділів ДСНС до перевірок якості виконання робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, що свідчить про збільшення кількості виконаних робіт даного роду, а також про зацікавлення замовників вогнезахисного просочування у належному вогнезахисту, що забезпечує пожежну безпеку об'єкту.

За результатами аналітичних досліджень висновків комісій з перевірок вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій виявлено залежність між неналежним вогнезахистом дерев'яних будівельних конструкцій та вогнезахисними розчинами. А саме те, що більшості випадків поверхневе просочування проводилось іншим вогнезахисним розчином ніж попереднім.

Ґрунтуючись на проведеному аналізі вогнезахисних засобів, способів вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, а також результатів перевірки

якості вогнезахисного просочування подальші дослідження доцільно направити на врахування ширшого спектру чинників, які впливають на зниження вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій, а також розроблення на цій основі суміжних вогнебіозахисних речовин, що є актуальним науково-технічним завданням.

На підставі отриманих висновків формулюємо мету досліджень, яка полягає у розкритті закономірностей впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність, як наукового підґрунтя підвищення вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій.

Для досягнення поставленої мети необхідно було вирішити такі завдання:

1. Провести теоретичні дослідження існуючих способів вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій та здійснити аналіз нормативно правових вимог, а також методів перевірки якості вогнезахисту;

2. Здійснити експериментальні дослідження та виявити закономірності впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та ознаки самостійного горіння) дерев’яних будівельних конструкцій;

3. Провести аналітичні дослідження компонентів просочувальних вогнебіозахисних речовин, що найчастіше використовуються в Україні, для обґрунтування базового складу рецептури композиції, що забезпечить ефективний вогнезахист при заміні вогнезахисних засобів;

4. Здійснити експериментальні дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев’яних будівельних конструкцій і комплектності компонентів вогнебіозахисних речовин;

5. На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту дослідити оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечить вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів;

6. З використанням розробленої вогнезахисної речовини провести експериментальні дослідження забезпечення вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

РОЗДІЛ 2
МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕННЯ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ ЗАБЕЗПЕЧЕНОГО ВОГНЕЗАХИСНИМ ПРОСОЧУВАННЯ

2.1 Експрес-метод для вогнезахисного просочування

Відповідно до Правил з вогнезахисту одним з шляхів перевірки якості виконання робіт з вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій є експрес-метод для вогнезахисного просочування.

Даний метод описаний в п. 5.7 стандарту 30219-95 та передбачає, що зі зразків вогнезахищеної деревини, висушеної до повітряно-сухого стану, зрізують стружку завтовшки до 1 мм. Кількість зразків для випробувань визначають методом найбільшої об'єктивності. Загальна кількість проб з усіх зразків має бути не менше десяти, а при просоченні одиничної великогабаритної продукції (конструкції, вироби тощо) має бути не менше десяти із кожної одиниці продукції. Проби повинні зрізатися, як правило, з різних місць конструкції або виробу.

Стружку деревини поміщають у полум'я сірника та витримують протягом 15 с. Після закінчення часу впливу полум'я визначають час самостійного горіння та тління стружки (рисунок 2.1).

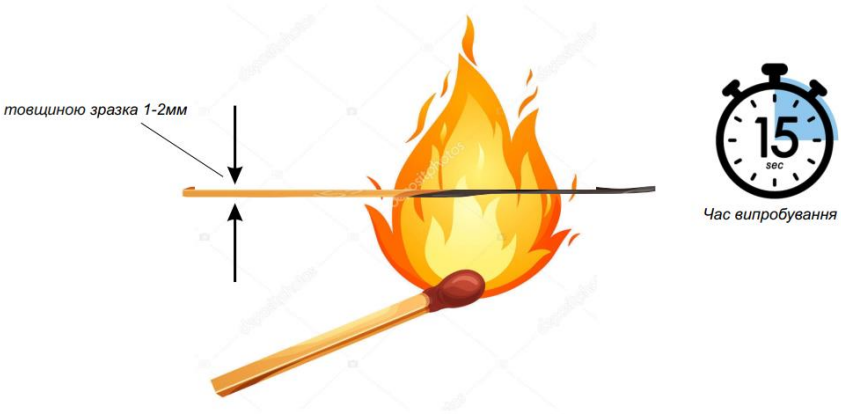


Рисунок 2.1 – Візуалізація експрес-методу.

Поверхневе вогнезахисне просочування вважається якісним, а вогнезахищена деревина відповідної II групі вогнезахисної ефективності, якщо після видалення джерела вогню не менше 90% зразків стружки не підтримуватимуть самостійного горіння та тління. Стружка при впливі на неї джерела вогню може обвуглюватись, але полум'я, що виникає при цьому, не повинно поширюватися по її поверхні, а обвуглювання і руйнування повинні бути обмежені місцем прикладання джерела вогню.

Експрес-метод має суттєві недоліки. Це зумовлено технічно низькою точністю та моральною застарілістю самого експрес-методу. Даний метод впроваджений в 1998 році та надає можливість визначити відповідність вогнезахищеної деревини лише II-й групі вогнезахисту, при тому, що в існуючих нормативно-правових актах передбачено підтвердження I-ї групи вогнезахисту [93]. Експрес-метод передбачає відбирання зразків з деревини, висушеної до повітряно-сухого стану, що реалізувати неможливо, оскільки зразки відбираються з конструкцій безпосередньо на об’єктах і в різні пори року, та при конкретній вологості, що є на момент відбору зразків. Також варто зауважити, що метод передбачає зрізання зразків товщиною до 1 мм. Зразки такої товщини зрізати з конструкцій, які експлуатуються десятиліттями та набули природньої твердості технічно надзвичайно складно. Окремо варто відзначити, що у більшості регламентів на вогнезахисні засоби для просочування згідно Таблиці 1, не вказано глибину, на яку проникає вогнезахисний засіб, тому зрізи зразків до 1 мм відбирати не об’єктивно.

Як уже зазначалось вище, в подальшому зразки піддаються впливу полум’я сірника впродовж 15 С, проте не вказано чітких критеріїв даного впливу: на яку відстань підносити зразок до полум’я; з якої сторони піддавати зразок впливу полум’я (зі сторони яка поверх просочувалась чи з внутрішньої сторони); в якому положенні має бути зразок та сірник по відношенні один до одного; час самостійного горіння і тління потрібно фіксувати разом чи розділяти на 2 окремих проміжки. Висновки за результатами експрес-методу робляться в залежності від того, чи зразки підтримують самостійне горіння та тління після видалення джерела вогню. Проте на сьогодні значна кількість сучасних вогнезахисних засобів, зокрема

в основу яких входять фосфорні кислоти, має механізм вогнезахисту, що передбачає короткочасне горіння з подальшим виділенням негорючих газів, що його призупиняють.

2.2. Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту)

Цей метод поширюється на вогнезахисні засоби для деревини та встановлює прискорені випробування для визначення вогнезахисних властивостей. Сутність методу полягає у визначенні втрати маси вогнезахищенної деревини, при вогневому випробуванні в умовах, що сприяють акумуляції тепла.

Метод прискорених випробувань застосовують для контролю вогнезахисної ефективності засобів вогнезахисту, які пройшли класифікаційні випробування. Для проведення випробування застосовують установку для визначення вогнезахисної ефективності покриттів та просочень (рисунок 2.2):

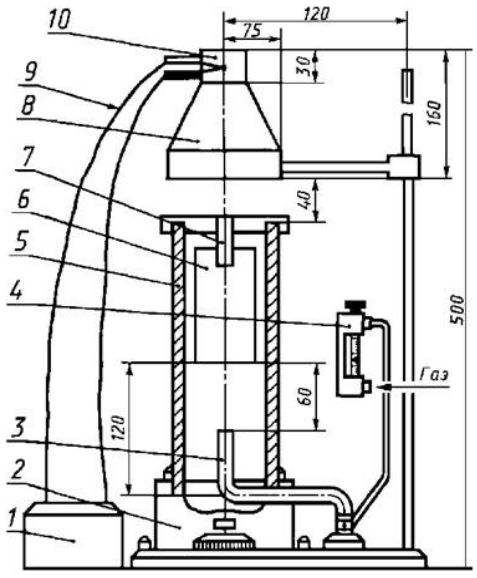


Рисунок 2.2 – Установка для визначення вогнезахисної ефективності покриттів та просочень: 1 – потенціометр КСП-4; 2 – металева підставка; 3 – газовий пальник; 4 – ротаметр; 5 – керамічний короб; 6 – зразок; 7 – утримувач зразка; 8 – парасолька; 9 – термоелектричні перетворювачі; 10 – верхній патрубок парасольки.

Випробування проводять не менше ніж на 3 зразках, виготовлених з сухої деревини сосни щільністю від 400 до 550 кг/м^3. Зразки не повинні мати видимих вад. Поверхня зразків повинна бути струганою, торці обпиляні та оброблені наждаком. Зразки деревини виготовляють у вигляді прямокутного бруска поперечним перерізом 30×60 мм і довжиною волокон 150 мм. Зразки перед нанесенням вогнезахисного засобу доводять до постійної маси при температурі (45±2)°С. Сушіння зразків деревини припиняють, коли зміна маси зразка між двома наступними зважуваннями, проведеними з інтервалом 2 год, становитиме не більше 0,2 г [92].

Обробку зразків вогнезахисними засобами проводять не пізніше ніж через 30 хв. після сушіння, або щоб уникнути зміни маси зразків за рахунок поглинання вологи до початку обробки зразки поміщають у сухий ексикатор.

Просочення зразків деревини водними розчинами нанесенням на поверхню здійснюють шляхом їх занурення в розчин. Температура розчину має відповідати відповідному регламенту. Для просочення використовують ємність, виконану з корозійностійкого матеріалу, в яку зразки занурюють таким чином, щоб товщина шару розчину над верхньою зразка становила 5-10 мм. Допускається нанесення просочувальних складів пензлем або пульверизатором. Кратність нанесення складу залежить від норми його витрати та поглинаючої здатності деревини.

Витрату просочувального складу визначають після кожного просочування для кожного зразка шляхом зважування до просочування і після. Загальну витрату визначають шляхом підсумовування витрат після кожного просочення. Зважування просочених зразків здійснюють після того, як з них перестане стікати розчин. Залишки розчину з торця зразка видаляють фільтрувальним папером.

Просочування та нанесення покриттів складами, що містять органічні рідини, виконують відповідно до нормативного документа на конкретний вогнезахисний засіб. Просочення зразків деревини іншими способами виконують за відповідними нормативними документами.

Способи приготування вогнезахисних засобів, що випробовуються, та їх витрата повинні відповідати регламентам. Витрати вогнезахисних засобів при випробуванні вказують без урахування технологічних втрат.

Доведені до постійної маси зразки зважують з похибкою не більше ±0,1 г і визначають витрату сухого вогнезахисного засобу (R1) або загальне поглинання (R2) за формулами 1 і 2.

Перед випробуванням оброблені і висушені зразки деревини встановленим способом кондиціонують і зважують з похибкою не більше 0,1 г.

Витрата сухого вогнезахисного засобу R1, г/м^2, обчислюють за формулою

$$R_1 = (m_1 - m_2)/F \qquad (2.1)$$

де m_1 – маса зразка перед спалюванням, г;

m_2 - маса зразка до покриття, г;

F – площа поверхні зразка, м^2.

У разі просочення зразків способами, що забезпечують глибоке проникнення вогнезахисного засобу, загальне поглинання R2 кг/ м^3 обчислюють за формулою

$$R_2 = (m_1 - m_2)/V \qquad (2.2)$$

де m_1 – маса зразка перед спалюванням, кг;

m_2 – маса зразка до просочення, кг;

V – об’єм зразка, м^3.

Під час випробувань внутрішні стінки керамічного короба викладають алюмінієвою фольгою. З фольги вирізають смуги шириною, що дорівнює внутрішній ширині стінки короба. Потім смуги почергово складають в 3 шари, закладають усередину керамічного короба, розгладжують по внутрішніх стінках і загинають їх по торцях на зовнішню поверхню керамічного короба. Фольгу необхідно міняти після спалювання кожних трьох зразків.

Керамічний короб переводять у горизонтальне положення та запалюють газовий пальник. Встановлюють висоту полум'я 15-25 см. Після цього керамічний короб встановлюють вертикально на підставку, переводять парасольку в робоче положення над коробом і регулюють витрату газу так, щоб температура протягом 5 хв. дорівнювала (200±5)°С, після чого фіксують значення витрати газу за показаннями ротаметра. Додаткове регулювання можна здійснювати шляхом регулювання подачі повітря до зони горіння матеріалу за допомогою стулок металевої підставки.

Випробування проводять у витяжній шафі з примусовою вентиляцією. Керамічний короб встановлюють на підставку та переводять парасольку у робоче положення над коробом. При досягненні температури (200±5)°С парасольку відводять і зразок, закріплений в тримачі, опускають в керамічний короб і одночасно включають секундомір. Потім парасольку повертають у робоче положення. Зразок тримають у полум’ї пальника протягом 2 хв. В ході випробувань контролюють за показаннями ротаметра витрата газу, яка повинна дорівнювати раніше фіксованій. Через 2 хв. подачу газу в пальник припиняють та залишають зразок у приладі для охолодження до кімнатної температури. Охолоджений зразок деревини витягають з керамічного короба і зважують.

Втрату маси зразка Р, % обчислюють з точністю до 1% за формулою

$$R_2 = (m_1 - m_2) \times 100 / m_1 \qquad (2.3)$$

де m_1 – маса зразка до випробування, г;

m_2 – маса зразка після випробування, г.

За результат випробування приймають середнє арифметичне трьох визначень, заокруглене до 1%. У разі отримання середнього арифметичного трьох визначень для засобів захисту деревини І групи вогнезахисної ефективності більше 9%, а для засобів захисту деревини ІІ групи понад 25% проводять повторні випробування за прискореною методикою на десяти зразках.

При отриманні незадовільних повторних результатів випробувань партію вогнезахисного засобу для деревини вважають такою, що не відповідає встановленої для нього групі вогнезахисної ефективності.

Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту) є ефективним та об’єктивним методом перевірки вогнезахисту, що застосовується виключно в лабораторних умовах з виготовленням стандартних зразків для випробувань [92].

2.3. Методи контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування

Для контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування застосовують методи, які зазначені в 5.1.1 – «Метод контролювання за температурою займання» та 5.1.2 – «Метод контролювання за ознакою самостійного горіння» [36]. За результатами, отриманими за цими методами, визначають придатність для подальшого експлуатування будівельних конструкцій із деревини, просочених певним вогнезахисним засобом.

Будівельні конструкції з деревини, просочені певним вогнезахисним засобом, вважають непридатними для подальшого експлуатування, якщо виконується одна з таких умов:

- значення температури займання, отримане відповідно до 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°С (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 згідно з методом 5.1.2, підтримують самостійне полуменеве горіння та/чи тління.

2.3.1 Метод контролювання за температурою займання

Для реалізації методу контролювання за температурою займання застосовують випробувальне обладнання, яке наведено на рисунку 2.3.

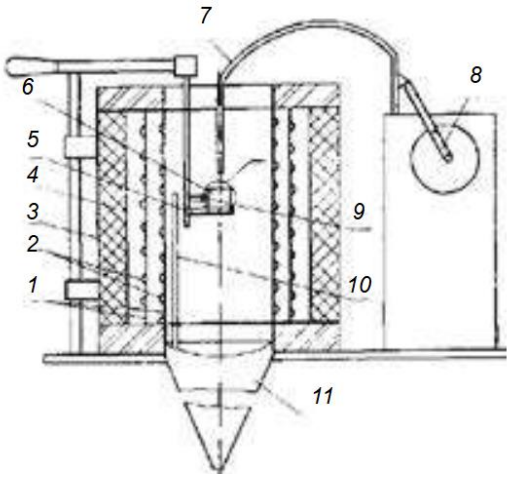


Рисунок 2.3. – Схем установки для визначення температури займання. Умовні познаки: 1 – керамічні циліндри; 6 – контейнер; 2 – спіральні електронагрівачі; 7 – газовий пальник; 3 – теплоізоляційний матеріал; 8 – електропривод пальника; 4 – сталевий екран; 9, 10 – термопари; 5 – тримач зразка; 11 – ламінатор.

Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару будівельної конструкції з деревини, просоченої певним вогнезахисним засобом, за допомогою стамески або іншого різального інструмента відбирають проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Відбирання цих проб здійснюють через кожні 15-20 м довжини об’єкта вогнезахисту, але не менше ніж у 10 рівномірно розташованих точках. Із відібраних проб, завтовшки (0,9 ± 0,1) мм кожна, створюють зразки для випробування масою (3,0 ± 0,1) г у кількості від 10 до 15. Для отримання заданої товщини допустимо сточування проб із боку, який не було піддано вогнезахисному оброблянню. Також допустимо пошарове накладання проб, взятих у певній точці об’єкта вогнезахисту, одну на іншу до досягнення маси зразка (3,0 ± 0,1) г.

Перед випробуванням зразки кондиціюють у вентильованій сушильній шафі протягом (60 ± 5) хв за температури (60 ± 5)°С. Випробування виконують не пізніше

ніж через 30 хв після закінчення кондиціювання у вентильованій сушильній шафі або пізніше, якщо після закінчення зазначеного кондиціювання зразки до початку випробування було розміщено в сухому ексикаторі.

Нагрівають робочу камеру до температури 500°С. Виймають із камери тримач із контейнером. У контейнер поміщують 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 було піддано вогнезахисному оброблянню. Спостерігають за зразком в робочій камері за допомогою дзеркала.

Якщо за температури випробування відбувається займання зразка, то випробування припиняють, контейнер зі зразком виймають із камери. За температуру випробування беруть покази термоелектричного перетворювача, який вимірює температуру зразка. Реєструють температуру випробування і наступне випробування виконують з новим зразком за меншої температури (наприклад, на 20 °С менше). Якщо протягом 10 хв не відбувається займання зразка або раніше цього проміжку часу повністю припиняється димовидалення, то випробування зупиняють і відмічають відмову.

Методом послідовних наближень, використовуючи нові зразки та змінюючи температуру випробування, визначають мінімальну температуру зразка, за якої відбувається займання зразка і його полуменеве горіння триває понад 5 с, а за температури, меншої ніж 10 °С, займання відсутнє.

За температуру займання беруть середнє арифметичне двох температур, що відрізняються не більше ніж на 10°С, за однієї з яких спостерігається займання трьох зразків, а за іншої - три відмови. Отримане значення температури займання округлюють з точністю до 5°С [36].

2.3.2. Метод контролювання за ознакою самостійного горіння

Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару будівельної конструкції з деревини, просоченої певним вогнезахисним засобом, за допомогою стамески або іншого різального інструмента відбирають

проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Відбирання цих проб здійснюють через кожні 15-20 м довжини об’єкта вогнезахисту, але не менше ніж у 10 рівномірно розташованих точках.

Із відібраних проб створюють зразки для випробування завтовшки (0,9 ± 0,1) мм та завдовжки не менше ніж 30 мм. Загальна кількість зразків повинна бути не менше десяти. Всі зразки по одному, в приміщенні без протягів, приведені в горизонтальне положення, піддають впливу полум’я сірника [36] протягом 15 с. Після завершення впливу джерела вогню для кожного зразка фіксують наявність самостійного полуменевого горіння та/чи тління.

Методи контролювання придатності просоченої деревини для подальшого експлуатування є найбільш сучасними методами, що дозволяють провести перевірку якості вогнезахисного просочування на об’єктах що експлуатуються.

2.4. Метод визначення вогнезахисної здатності вогнезахисних просочувань для будівельних конструкцій з деревини, які було піддано вогнезахисному оброблянню способами поверхневого просочування

Для проведення випробувань застосовують випробувальне обладнання згідно з п.7.8 [35].

Зразки для випробувань відбирають із поверхневого шару вогнезахищеної конструкції за допомогою стамески або іншого ріжучого інструменту. Відбирання зразків проводять через кожних 15 м - 20 м довжини об'єкта вогнезахисту, але не менше ніж у 10 рівномірно розташованих точках. Відбір зразків проводять з урахуванням строку, впродовж якого засіб набуває своїх вогнезахисних властивостей після застосування. Зразки виготовляють прямокутної форми із стороною розмірами (25 ± 1) мм, товщиною (0,9 ± 0,1) мм. Для отримання заданої товщини зразків допускається їх сточування з боку, який не було піддано вогнезахисному оброблянню. Зразки накладають шарами один на інший до досягнення маси (3,0 ± 0,1) г. Всього для випробувань необхідно підготувати 10-15

зразків. Маса кожного зразка має бути (3,0 ± 0,1) г. Перед випробуванням зразки кондиціонують у термошафі протягом (60 ± 5) хв. за температури (45 ± 5) °С.

Сутність методу полягає у визначенні температури самозаймання вогнезахищеної деревини. Випробування проводять не пізніше ніж через 30 хв. після закінчення кондиціювання у термошафі або до початку випробувань зразки поміщають у сухий ексикатор. Нагрівають реакційну камеру до температури 500 ºС. Виймають із камери тримач з контейнером. У контейнер поміщають зразок за час не більше ніж 15 с і вводять його в реакційну камеру. Спостерігають за зразком у робочій камері за допомогою дзеркала. Якщо за температури випробування відбувається самозаймання зразка, то випробування припиняють, контейнер зі зразком виймають із камери. Відмічають температуру самозаймання і наступне випробування проводять із новим зразком за меншої температури (наприклад на 20 °С менше). Якщо протягом 10 хв. не відбувається самозаймання зразка, або раніше цього часу повністю припиняється димовидалення, то випробування зупиняють і відмічають відмову.

За температуру випробування приймають показники термоелектричного перетворювача, який вимірює температуру зразка. Методом послідовних наближень, використовуючи нові зразки та змінюючи температуру випробування, визначають мінімальну температуру зразка, за якої відбувається самозаймання зразка і його полуменеве горіння триває понад 5 с, а за температури на 10°С менше самозаймання відсутнє. За температуру самозаймання приймають середнє арифметичне двох температур, які відрізняються не більше ніж на 10°С, при одній з яких спостерігається самозаймання трьох зразків, а при іншій - три відмови. Отримане значення температури округляють із точністю до 5°С.

Вогнезахищену деревину вважають такою, що відповідає встановленій для неї групі вогнезахисної ефективності, якщо отримане значення її температури самозаймання відрізняється не більше ніж на 20°С у порівнянні із значенням температури самозаймання, що наведено підприємством-виробником у технологічному регламенті, технічних умовах або результатах випробувань на відповідний вогнезахисний засіб [36].

Основним недоліком даного методу є те, що висновки щодо температури самозаймання зразків отримані за результатами випробувань мають порівнюються з значенням температури самозаймання, що наведено підприємством-виробником у технологічному регламенті, технічних умовах або результатах випробувань на відповідний вогнезахисний засіб, яких зазвичай не вказано.

2.5. Висновки за розділом

Розділ присвячений аналізу існуючих методів дослідження вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій, оброблених вогнезахисним просоченням. Проведено ретельний розгляд трьох ключових груп методів: експрес-метод, прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей та методи контролю придатності просоченої деревини для подальшої експлуатації.

Аналіз показав, що експрес-метод, попри свою простоту, має значні недоліки. Він морально застарів, впроваджений ще у 1998 році, і дозволяє оцінювати відповідність деревини лише II групі вогнезахисту, ігноруючи I групу, передбачену сучасними нормативно-правовими актами. Крім того, метод передбачає відбір зразків з деревини, висушеної до повітряно-сухого стану, що практично неможливо реалізувати на об'єктах. Існують також нечіткі критерії проведення випробувань (відстань до полум'я, положення зразка, фіксація часу горіння/тління), що ставить під сумнів об'єктивність результатів.

На противагу цьому, прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту) є більш ефективним та об'єктивним. Він базується на визначенні втрати маси вогнезахищеної деревини при вогневому випробуванні в умовах акумуляції тепла. Цей метод застосовується в лабораторних умовах зі стандартизованими зразками, що забезпечує високу точність та відтворюваність результатів.

Особливу увагу приділено методам контролю придатності просоченої деревини для подальшої експлуатації, які є найбільш сучасними та дозволяють оцінювати якість вогнезахисту на вже експлуатованих об'єктах. До них належать метод

контролювання за температурою займання та метод контролювання за ознакою самостійного горіння. Перший метод дозволяє визначити мінімальну температуру, за якої відбувається самозаймання зразка та полум'яне горіння триває понад 5 с, що є ключовим показником вогнезахисної ефективності. Другий метод, хоча й схожий на експрес-метод за впливом сірника, відрізняється чіткішим регламентом відбору та підготовки зразків, а також кількісним критерієм оцінки (не більше 10% зразків повинні підтримувати самостійне горіння/тління). Незважаючи на їх прогресивність, визначено недолік методу визначення вогнезахисної здатності, що полягає у відсутності значень температури самозаймання в регламентах виробників, що ускладнює порівняння.

Загалом, проведений аналіз обґрунтовує вибір прискореного методу визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту), методу контролювання за температурою займання та методу контролювання за ознакою самостійного горіння як найбільш адекватних для досліджень показників пожежної небезпеки при заміні вогнезахисних засобів, враховуючи їх об'єктивність та відповідність сучасним вимогам.

РОЗДІЛ 3
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ЗАМІНИ ВОГНЕЗАХИСНИХ ЗАСОБІВ НА ПОКАЗНИКИ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

3.1. Підбір методів та підготовка зразків деревини для дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів на показники вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій.

На основі проведеного налізу методів дослідження вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій забезпеченого вогнезахисним просочування. Для проведення експериментальних досліджень, були обрані методи:

– Прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту);

– Метод контролювання за температурою займання;

– Метод контролювання за ознакою самостійного горіння.

Випробування проводились в атестованій дослідно-випробувальній лабораторії Аварійно-рятувального загону спеціального призначення ГУ ДСНС України у Хмельницькій області з використанням верифікованих установок та метрологічно-повірених та/або каліброваних засобів вимірювальної техніки.

Ознаки суттєвого впливу на показники пожежної небезпеки дерев'яних будівельних конструкцій, при заміні вогнезахисного засобу, вперше було виявлено при експериментальних дослідженнях у 2021 році [20]. З метою подальших досліджень, в 2021 році був здійснений підбір вогнезахисних засобів, з урахуванням проведеного аналізу найбільш частого застосування різновидів сертифікованих вогнезахисних засобів по Україні.

Відтак для проведення експериментальних досліджень у 2021 році були виготовлені 48 зразків з ядра сосни без видимих дефектів, що були просочені вогнезахисними засобами ДСА-1, Біофлейм, Ecosept 450-1, Фаєр-оf окремо кожним. Зразки виготовлені у відповідності до п. 4.1 [92] розмірами 30×60×150 мм.

Кондиціонування зразків проведені відповідно до п. 4.1.3 [92]. Вогнезахисне просочування підготованих зразків проведено методом занурення в вогнезахисний засіб, таким чином, щоб над поверхнею зразка було 10 мм вогнезахисного засобу. Сушіння зразків після просочування виконано відповідно до п. 4.2.6 [20].

Прогнозований строк придатності вогнезахисного просочування для кожного з обраних вогнезахисних засобів становить 3 роки. Зразки зберігались в закритому, опалювальному та добре провітрюваному приміщені впродовж 3 років. У листопаді 2024 року, дані зразки були піддані повторному вогнезахисту в різних комбінаціях заміни вогнезахисного засобу. Для кожного варіанту заміни вогнезахисного засобу виготовлено по три зразки та присвоєно відповідну нумерацію (рисунок 3.1, таблиця 3.1).

Таблиця 3.1 – Зразки, що були виготовлені для експериментального дослідженні показників вогнезахисної ефективності.

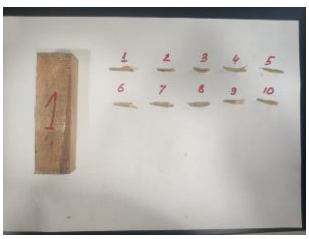
№з/п	**Номер присвоєний зразку**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено перше вогнезахисне обробляння**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено друге вогнезахисне обробляння**	**Кількість виготовлених зразків**
1.	1	ДСА-1	ДСА-1	3
2.	1.1	ДСА-1	Біофлейм	3
3.	1.2	ДСА-1	Ecosept 450-1	3
4.	1.3	ДСА-1	Фаєр-off	3
5.	2	Біофлейм	Біофлейм	3
6.	2.1	Біофлейм	ДСА-1	3
7.	2.2	Біофлейм	Ecosept 450-1	3
8.	2.3	Біофлейм	Фаєр-off	3
9.	3	Ecosept 450-1	Ecosept 450-1	3
10.	3.1	Ecosept 450-1	ДСА-1	3
11.	3.2	Ecosept 450-1	Біофлейм	3
12.	3.3	Ecosept 450-1	Фаєр-off	3
13.	4	Фаєр-off	Фаєр-off	3
14.	4.1	Фаєр-off	ДСА-1	3
15.	4.2	Фаєр-off	Біофлейм	3
16.	4.3	Фаєр-off	Ecosept 450-1	3

Рисунок 3.1 - 48 зразків, що були просочені вогнезахисними засобами ДСА-1, Біофлейм, Ecosept 450-1, Фаєр-off окремо кожним засобом та в подальшому в різних комбінаціях заміни вогнезахисного засобу.

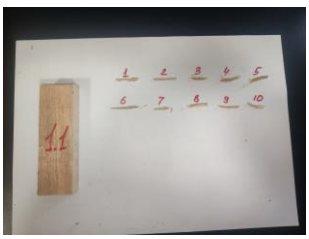
1.2. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом контролювання за ознакою самостійного горіння

Метод контролювання за ознакою самостійного горіння (метод 5.1.2) відповідно до [36] фактично є удосконаленим експрес-методом у відповідності до [93].

Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару деревини, просоченої вогнезахисними засобами відповідно до таблиці 3.1, за допомогою стамески відібрані проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Із відібраних проб створені зразки для випробування завтовшки (0,9 ± 0,1) мм та завдовжки не менше ніж 30 мм (рисунок 3.2).



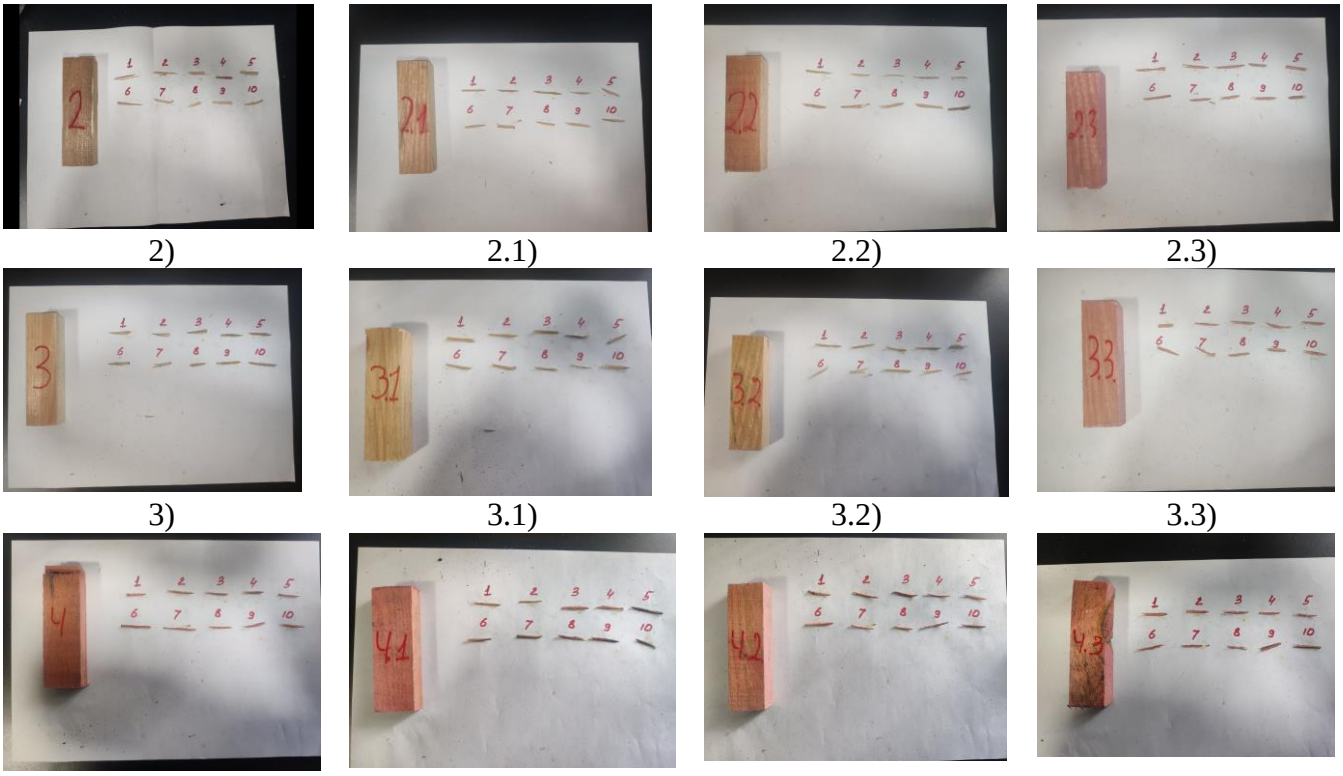
1)



1.1)

1.2)

1.3)



2) 2.1) 2.2) 2.3)

3) 3.1) 3.2) 3.3)

4) 4.1) 4.2) 4.3)

Рисунок 3.2 - Створені зразки до випробування.

В подальшому всі зразки по одному, в приміщенні без протягів, приведені в горизонтальне положення та піддані впливу полум’я сірника протягом 15 с. Після завершення впливу джерела вогню для кожного зразка зафіксовано наявність самостійного полуменевого горіння та/або тління в секундах.

Згідно випробувань по контролю за ознакою самостійного горіння зразки деревини просочені певним вогнезахисним засобом, вважають непридатними для подальшої експлуатації, якщо більше ніж 10 % зразків, які випробувано за підтримують самостійне полуменеве горіння і (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 піддавались випробуванням підтримували самостійне полуменеве горіння і (або) тління в діапазоні від 20 % до 50 %. Загальний вигляд зразків після випробувань наведено на рисунку 3.3.

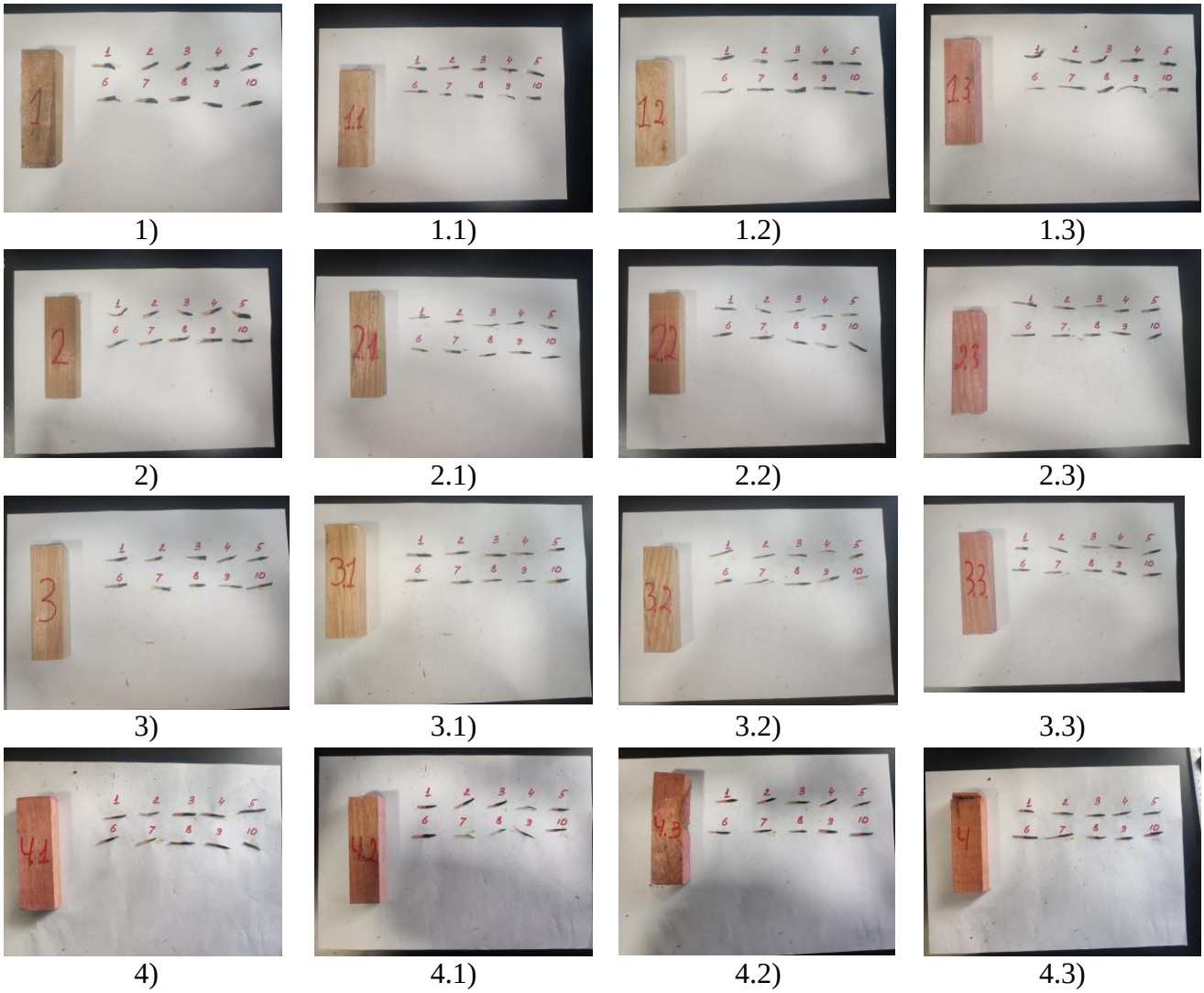


Рисунок 3.3 - Створені зразки після випробування.

Узагальнені результати експериментальних досліджень з використанням методу контролювання за ознакою самостійного горіння переставлені на рисунку 3.4.

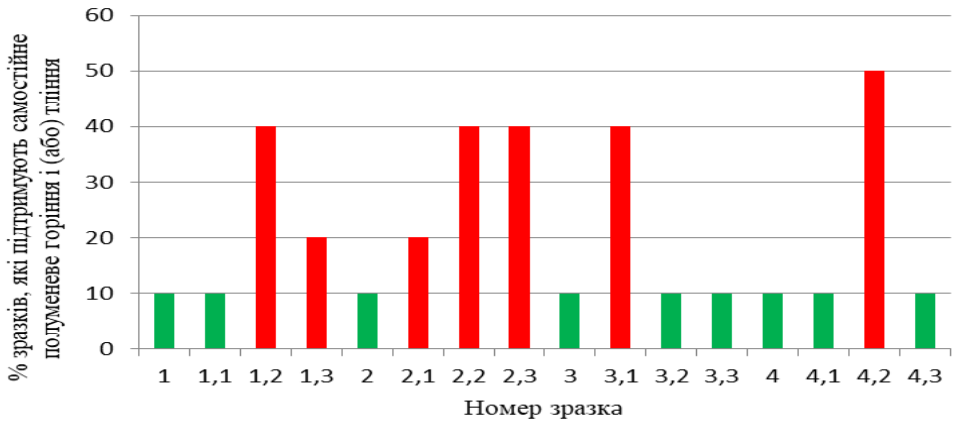


Рисунок 3.4 – Результати експериментальних досліджень з використанням методу контролювання за ознакою самостійного горіння.

3.3. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом контролювання за температурою займання

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

Метод контролювання за температурою займання (метод 5.1.1) передбачає застосування випробувального обладнання, яке наведено в 7.8 [35] (рисунок 3.5).

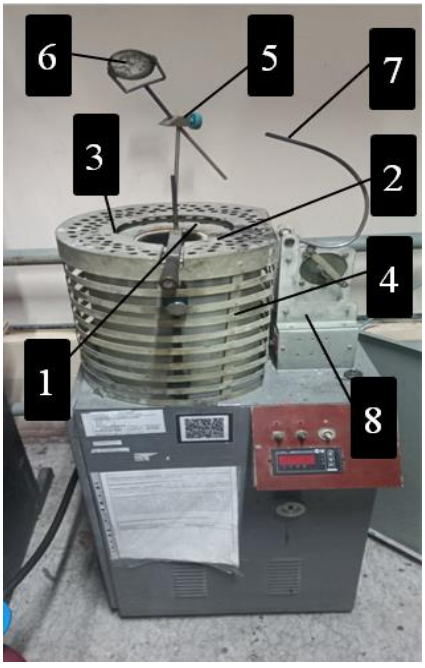


Рисунок 3.5 – Установка для визначення температури займання речовин та матеріалів: 1 – керамічні циліндри; 2 – спіральні електронагрівачі; 3 – теплоізоляційний матеріал; 4 – сталевий екран; 5 – тримач зразка; 6 – контейнер; 7 – газовий пальник; 8 – електропривод.

Для виготовлення зразків, призначених для випробування, із поверхневого шару деревини виготовленої просоченої вогнезахисними засобами, за допомогою стамески відібрані проби завтовшки не менше ніж 1 мм. Із відібраних проб, завтовшки (0,9 ± 0,1) мм кожна, створені зразки для випробування масою (3,0 ± 0,1) г в кількості по 10 шт. Перед випробуванням зразки кондиціонувуались у вентильованій сушильній шафі протягом (60 ± 5) хв. за температури (60 ± 5)°С. В подальшому нагріто робочу камеру до температури 500ºС. Вийнятий із камери тримач з контейнером. У контейнер поміщений зразок за проміжок часу не більше ніж 15 с і вводять його в робочу камеру. При цьому зразок встановлено таким чином, щоб тепловий вплив на нього здійснювався з боку, який було піддано вогнезахисному оброблянню. Спостерігають за зразком в робочій камері за допомогою дзеркала. Якщо за температури випробування відбувається займання зразка, то випробування припиняють, контейнер зі зразком виймають із камери. Реєструють температуру випробування і наступне випробування проводять з новим зразком за меншої температури (наприклад, на 20ºС 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 10ºС, при одній з яких спостерігається займання трьох зразків, а за іншої – три відмови.

В результаті проведення аналізу регламентів та відкритих джерел інформації щодо вогнезахисних засобів ДСА-1, Біофлейм, Ecosept 450-1, Фаєр-оf наведених температур займання не знайдено. Варто відзначити, що дані температури можуть бути вказані в технічних умовах або результатах випробування на відповідний вогнезахисний засіб, які відступні у вільному доступі. Відсутність доступу до даних температур унеможливлює здійснення об’єктивних висновків за результатами проведених досліджень. Проте в науково-дослідній роботі [101] було здійснено дослідження температури займання деревини сосни, яка не піддавалась обробленню засобами вогнезахисту та визначено, що дана температура становить 230 ºС. Враховуючи дану температуру можливо здійснити аналіз динаміки зміни

температур з урахуванням заміни вогнезахисного засобу. Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання наведено на рисунку 3.6.

Рисунок 3.6 – Результати експериментальних досліджень з визначення температури займання.

Проведеним порівнянням визначених температур займання з температурою займання сосни, яка не піддавалась обробленню засобами вогнезахисту виявлено, що для усіх зразків температура займання підвищилась. Підвищення відбулось в діапазоні від 5 до 85 ºС. Поруч з цим виявлено, що температура займання при заміні вогнезахисних засобів знижується знижується від в діапазоні 5ºС до 25ºС.

3.4. Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту)

Визначення втрати маси деревини, обробленої вогнезахисним засобом, при вогневому випробуванні в умовах, що сприяють акумуляції тепла проведено у відповідності до [92]. З використанням установки для визначення вогнезахисної ефективності покриттів та просочень (рисунок 3.7).

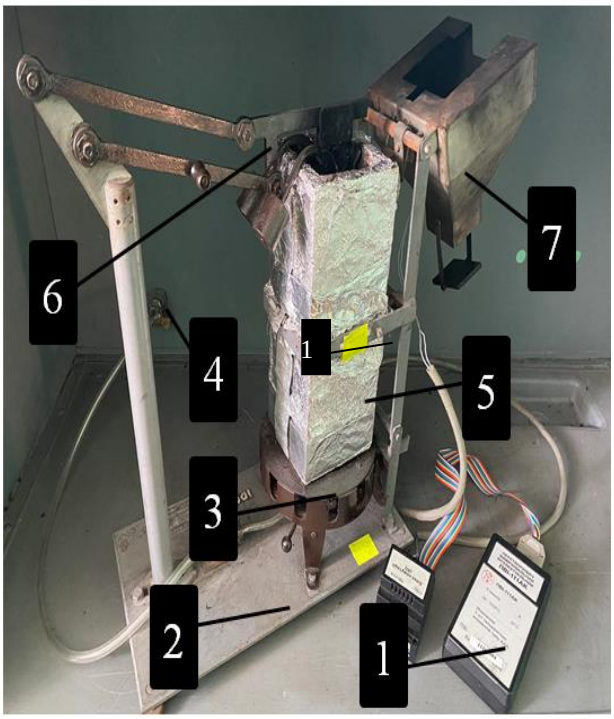


Рисунок 3.7 – Зовнішній вигляд установка для визначення вогнезахисної ефективності покриттів та просочень. 1 – ПВІ-111АК Перетворювач вимірювальний інтелектуальний з блоком комутації та носієм інформації micro SD; 2 – металева підставка; 3 – газовий пальник; 4 – пристрій для регулювання подачі газу; 5 – керамічний короб; 6 – тримач зразка що випробується; 7 – зонт з термопарою.

Керамічний установки короб переводять у горизонтальне положення та запалюють газовий пальник. Встановлюють висоту полум'я 15-25 см. Після цього керамічний короб встановлюють вертикально на підставку, переводять парасольку в робоче положення над коробом і регулюють витрату газу так, щоб температура протягом 5 хв дорівнювала (200±5)ºС, після що фіксують значення витрати газу за показаннями ротаметра. При досягненні температури (200±5)ºС парасольку відводять і випробуваний зразок, закріплений у тримачі, опускають в керамічний короб і одночасно 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. Та в подальшому узагальнюють результати.

Збільшення втрати маси зразка призводить до зниження групи вогнезахисної ефективності. Для І-ї групи вогнезахисної ефективності допускається втрата маси зразків до 9%. При втраті маси від 9 до 25% вогнезахисний засіб визначається таким, що забезпечує лише ІІ-у 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 по відношенню до втрати маси зразків, що оброблені одним вогнезахисним засобом, збільшились в діапазоні від 0,5% до 4,6%, що призвело до зниження групи вогнезахисної ефективності з І-ї до ІІ-ї та свідчить про негативний вплив заміни вогнезахисного засобу. Фото зразків після випробувань наведено на рисунку 3.8.

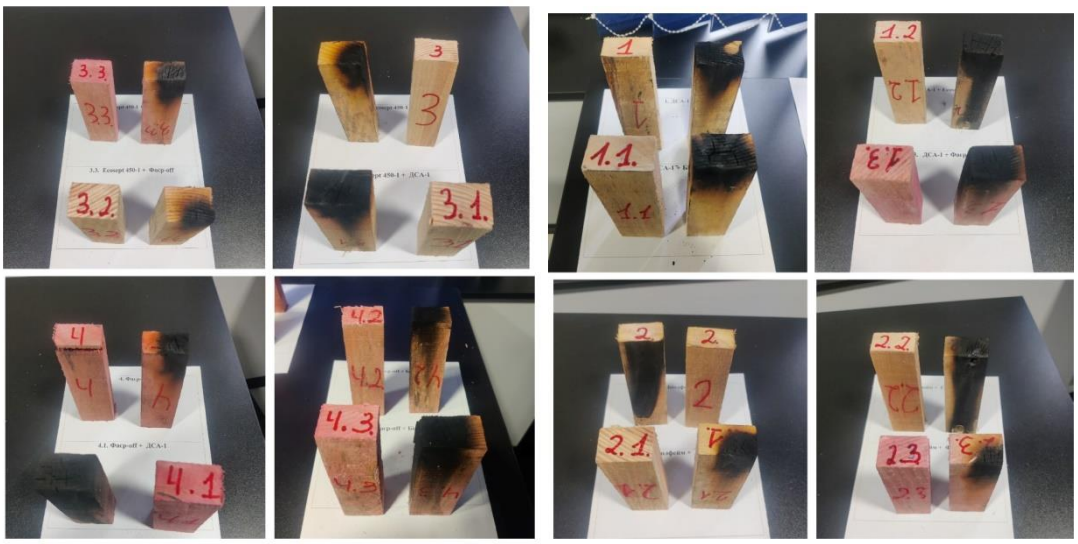


Рисунок 3.8 – Фото зразків до та після експериментальних досліджень з визначення втрати маси.

Втрата маси для зразка під №1.1 збільшилась на 1,4%. Загальна втрата маси не перевищила 9%, що забезпечило збереження І-ї групи вогнезахисної ефективності. Збільшення втрати маси також свідчить про негативний вплив заміни вогнезахисного засобу.

Втрати маси для зразків під №: 2.1; 2.3; 3.2; 4.2 зменшились в діапазоні від 0,2% до 0,6%. Зменшення втрати маси свідчить по покращення показників вогнезахисної ефективності. Динаміку зміни втрати маси наведено на рисунку 3.9.

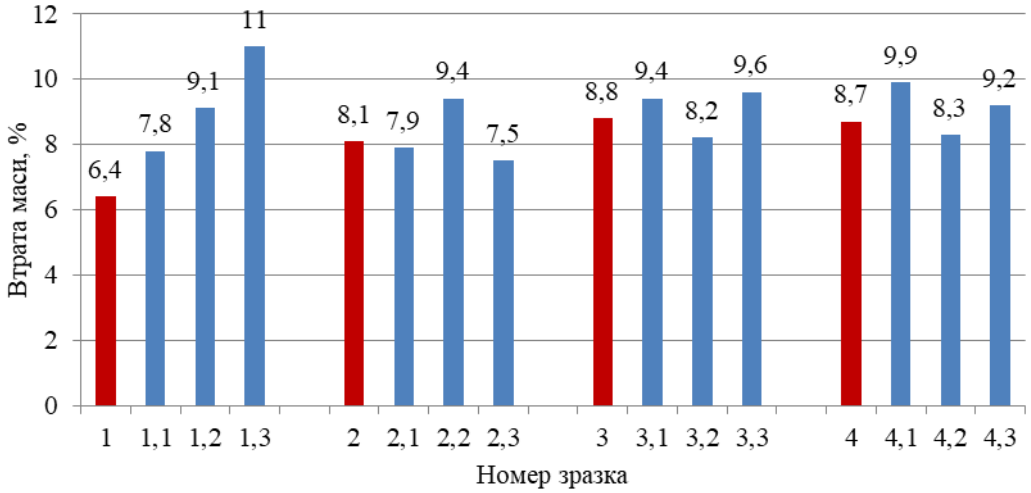


Рисунок 3.9 – Динаміка зміни показників втрати маси зразків.

3.5. Висновки за розділом

Розділ присвячений детальним експериментальним дослідженням впливу заміни вогнезахисних засобів на показники пожежної небезпеки дерев'яних будівельних конструкцій. Для цього було обрано та застосовано три ключові методи: прискорений метод визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту), метод контролювання за температурою займання та метод контролювання за ознакою самостійного горіння. Усі випробування проводилися в атестованій лабораторії, що забезпечує достовірність отриманих результатів.

З метою дослідження було підготовлено 48 зразків деревини сосни, які спочатку були просочені одним з чотирьох вогнезахисних засобів (ДСА-1, Біофлейм, Ecosept 450-1, Фаєр-off). Після прогнозованого терміну експлуатації (3 роки зберігання у контрольованих умовах) зразки були піддані повторному вогнезахисту, але вже в різних комбінаціях заміни вихідного засобу, що дозволило моделювати реальні ситуації при експлуатації будівельних конструкцій.

Результати досліджень, проведених за методом контролювання за ознакою самостійного горіння, виявили значне погіршення вогнезахисних властивостей для низки зразків, що пройшли повторну обробку іншим вогнезахисним засобом. Зокрема, зразки № 1.2, 1.3, 2.1, 2.2, 2.3, 3.1, 4.2 були визнані непридатними для подальшої експлуатації, оскільки відсоток зрізів, що підтримували самостійне полум'яне горіння або тління, коливався в діапазоні від 20% до 50%, що значно перевищує допустимі 10%. Це свідчить про негативну сумісність деяких вогнезахисних складів при їх послідовному застосуванні.

Дослідження впливу заміни вогнезахисних засобів методом контролювання за температурою займання показало, що хоча для всіх оброблених зразків спостерігалося підвищення температури займання порівняно з необробленою деревиною (на 5-85 ºС), при заміні вогнезахисних засобів ця температура знижувалася на 5-25ºС. Це вказує на часткове погіршення вогнезахисних властивостей у випадку заміни, навіть якщо загальна температура займання залишається вищою, ніж у необробленої деревини. Необхідно зазначити, що відсутність доступу до даних про температуру займання від виробників вогнезахисних засобів ускладнює повний та об'єктивний аналіз.

Найбільш показовими виявилися результати дослідження методом визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту) за критерієм втрати маси. Було зафіксовано збільшення втрати маси для більшості зразків, де відбулася заміна вогнезахисного засобу (наприклад, для зразків № 1.2, 1.3, 2.2, 3.1, 3.3, 4.1, 4.3), що призвело до зниження їх групи вогнезахисної ефективності з I до II. Навіть у випадку зразка № 1.1, де втрата маси збільшилася, але залишилася в межах I групи, це все одно свідчить про негативний вплив заміни. Ці дані є прямим доказом того, що несумісність вогнезахисних засобів при повторній обробці може призвести до істотного зниження їх ефективності.

Таким чином, проведені експериментальні дослідження дозволяють однозначно стверджувати, що заміна вогнезахисного засобу суттєво впливає на основні показники вогнезахисної ефективності, такі як втрати маси, ознаки самостійного горіння та температури займання. Загальна динаміка змін цих показників

демонструє їх погіршення, що дає підстави припускати несумісність вогнезахисних засобів при проведенні повторного вогнезахисного обробляння, що призводить до зниження вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій.

РОЗДІЛ 4
ЕКСПЕРИМЕНТАЛЬНІ ДОСЛІДЖЕННЯ ТА РОЗРОБКА СКЛАДУ ПРОСОЧУВАЛЬНОЇ ВОГНЕБІОЗАХИСНОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ ДЕРЕВ'ЯНИХ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙ

4.1. Аналіз складу вогнебіозахисних речовин

Вогнебіозахисні склади зазвичай формуються на основі сполук фосфору, азоту, бору, діоксиду кремнію або їх поєднань, які діють як синергічні компоненти.

Усі наявні методики, ефективні для зниження займистості матеріалів, можна класифікувати за кількома ключовими критеріями [102–106]:

за рахунок ініціювання теплопоглинаючих (ендотермічних) процесів, що зменшують енергетичний потенціал первинного теплового впливу або полум'я;

за створенням на поверхні матеріалу теплоізоляційного бар'єру (у вигляді спіненого чи щільного шару), який зменшує надходження тепла;

за здатністю знижувати швидкість газифікації матеріалу;

за зміщенням співвідношення між горючими й негорючими продуктами термічного розкладу на користь останніх.

На рисунку 4.1 представлено різноманіття неорганічних, органічних та елементоорганічних сполук, що здатні зменшити горючість деревини та знизити температуру її займання.

Рисунок 4.1. Багатоманітність неорганічних, органічних та елементоорганічних сполук, що здатні послабити горючі властивості та знизити температуру спалахування деревини

У таблиці 4.1. показано механізм захисту деревини антипіренами (вогнесповільнювачами), а також вказано переваги й недоліки їх [80].

Таблиця 4.1. – Механізм захисту деревини вогнесповільнювачами.

Механізм захисної дії	**Суміші та речовини**	**Примітки**
1	**2**	**3**
Утворення захисних газових шарів та незаймистих газів за підвищених температур.	Амонієві суміші, галогенові суміші (Br, Cl, F), сульфати, органічні галогенові похідні (наприклад, похідні 4 – бромофталевої кислоти, HET – кислоти).	*Переваги:* ефективний захист від проникнення вогню, легкість застосування. *Недоліки:* легко вилужнюються, переважно низька стабільність, емісія великої кількості токсичних газів під час горіння.

Продовження таблиці 4.1

Сповільнення горіння шляхом введення вільних радикалів; циклічна реакція у займистих газах завдяки утворенню вільних радикалів. Можливість формування полімера у структурі, що перетворюється у вогнесповільнену (малоспалиму) форму.	Комбінації галогенових окисів металу.	
Сповільнення температури спалимого матеріалу: наприклад, лігноцелюлозних частинок завдяки високій температурі плавлення, розчепленню та здатності перетворення при температурі горіння в негорючу рідку форму, що відсікає доступ кисню. Каталізатори реакції горіння для створення захисного вуглецевого шару та ізольованих пін.	Борні композиції або суміші (бура, борна кислота, хлорид цинку), поліфосфат, вольфрамова кислота, фосфатні похідні (мінеральні в'яжучі) алюмінієві фосфати, молібденові окисли.	*Переваги:* дуже ефективні, завдяки підвищенню температури загоряння матеріалу. Зниження випромінювальної теплової енергії. *Недоліки:* у випадку використання фосфатів, які мають великий вплив на властивості матеріалу та спричиняють каталіз реакції горіння і утворення токсичного вуглекислого газу CO.
Дія, що узгоджує властивості двох згаданих вище груп.	Аміакофосфат, аміакополіфосфат, аміачний борат, меламін.	*Переваги:* надзвичайні переваги та багаторазова дія. *Недоліки:* легке вилужування, утворення великої кількості токсичних газів, особливо у випадку використання фосфатних систем.

Продовження таблиці 4.1

Зниження коефіцієнта теплопровідності, підвищення вогнестійкості.	Мінеральні волокна (азбест, скловолокна, мінеральна вата), гранульоване скло, каолін, доломіт, слюда та її похідні (вермикуліт), а також шляхом покриття поверхонь сріблом, вуглецевими волокнами, синтетичними волокнами з окису титану, синтетичними волокнами, що базуються на полімерах (<драбинові>).	*Переваги:* Істотне покращення ізолювальної здатності. Зниження утворення токсичних газів. *Недоліки:* неефективні для захисту масивної деревини. Вони не розсіюють тепло, що генерується під час горіння.
Ізоляція деревних матеріалів від проникнення теплової енергії. Екранування та відбивання теплового випромінювання (радіації).	Відбивні поверхні з Al та Ag плівок, силікатні плити, пінисті покриття, включаючи останні розробки: гнучкі пінисті прошарки – блокувальники вогню (для спеціального застосування – інтер'єрів літаків, старовинних будинків).	*Переваги:* готові до використання, відносно невисока вартість захисту, повне гальмування поширення вогню через поверхню та ізоляція горючого матеріалу від зони вогню. *Недоліки:* захист тільки поверхні; у випадку пошкодження поверхні існує небезпека поширення вогню. У випадку захисту деревини вони ховають природну (натуральну) структуру та волокна деревини.

Аналіз процесів піролізу та горіння деревини і матеріалів на її основі дозволяє сформулювати ідеальну модель термічного розкладу целюлози дерев’яних конструкцій, за якої виключається можливість полум’яного горіння. У загальному вигляді повна дегідратація макромолекул целюлози може бути представлена реакцією:

$$(C_6H_{10}O_5) \rightarrow CO_2 + H_2O + C$$

Цей напрям реакції активується під дією кислотних каталізаторів або сполук, які при нагріванні утворюють кислоти.

Ключові положення теорії каталітичної дегідратації целюлози включають наступне:

реакція дегідратації каталізується через утворення іонів карбонію;

каталізатор повинен бути кислотою Льюїса або утворюватися з вогнезахисного складу за температури, нижчої за температуру займання целюлози;

він не повинен випаровуватись у температурному діапазоні 300–500 °С;

сам вогнезахисний склад не має бути займистим.

Для досягнення надійного захисту целюлозовмісних матеріалів необхідно усунути не лише ймовірність полум’яного горіння, а й здатність до тління. Зокрема, фосфорна кислота впливає на співвідношення CO/CO_2, зменшуючи швидкість повного окислення вуглецю та, відповідно, тепловий ефект реакції.

Неорганічні фосфати та борати ефективно пригнічують процеси тління целюлози. Наприклад, фосфорна кислота втрачає воду вже при 213 °С з утворенням пірофосфатної кислоти $H_4P_2O_7$, яка при подальшому нагріванні до 800 °С перетворюється на метафосфорну кислоту HP_2O_6.

Борна кислота (H_3BO_3) за температури близько 70 °С дегідратується до метаборної кислоти (HBO_2), а кінцевим продуктом дегідратації є борний ангідрид, що має температуру плавлення приблизно 600 °С і кипіння – близько 1860 °С. Таким чином, зазначені речовини не випаровуються при температурі активного тління деревини (500–700 °С).

Слід зазначити, що борна кислота самостійно не проявляє антипіренових властивостей щодо деревини, але в комбінації з бурами (у співвідношенні 1:1) демонструє ефективну вогнезахисну дію.

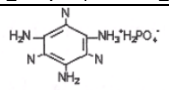
Уведення сполук фосфору в структуру целюлозовмісних матеріалів змінює механізм термодеструкції, зумовлюючи її початок за нижчих температур, збільшуючи вихід вуглецевого залишку та води при одночасному зменшенні утворення летких горючих сполук, таких як оксид вуглецю та левоглюкозан.

Фосфорна кислота каталізує дегідратацію целюлози, що веде до зниження енергії активації процесу, зменшення температури його початку, підвищення швидкості й кількості утворення води.

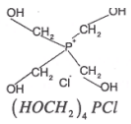
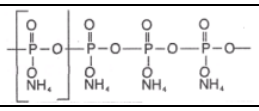
У разі взаємодії з лігніном на низькотемпературній стадії відбувається як внутрішньоланкова дегідратація (за участю γ-гідроксильної групи), так і міжмолекулярна взаємодія з утворенням алкілалкільних ефірних зв'язків (за участю α-гідроксильної групи), що супроводжується активацією реакцій диметоксилювання структур лігніну [87], [97–100].

Найбільш поширеним для вогнебіозахисних речовин є застосування складових для затримки займання, зниження виділення тепла та обмеження поширення вогню, що наведені в таблиці 4.2 [88] .

Таблиця 4.2 – Основні антипірени, що входять до складу вогнебіозахисних засобів.

Формула	**Назва**
$(NH_4)_2HPO_4$	Фосфорнокислий амоній двозаміщений. Діамоній фосфат (di-ammonium phosphate)
$(NH_4)H_2PO_4$	Фосфорнокислий амоній однозаміщений. Фосфат амонію (mono-ammonium phosphate)
$Na_2B_4O_710H_2O$	Бура (borax) тетраборнокислий натрій
 Melamine Phosphate	Фосфат меламіну (melamine phosphate)
H_3PO_4	Ортофосфорна кислота (orthophosphoric acid)
$(NH_4)_2SO_4$	Сірчанокислий амоній. Сульфат амонію (ammonium sulphate)
B_2O_3	Ангідрид борної кислоти (boric)

Продовження таблиці 4.2

$Na_2B_8O_{13}$	Двонатрієвий октоборат (disodium octoborate)
H_3BO_4	Борна кислота (acid/boric)
$Al(OH)_3$	Гідроксид алюмінію
$CO(NH_2)_2$	Карбамід
$SC(NH_2)_2$	Тіосечовина
	Тетра (гідроксометилен) фосфор хлорид (tetrakis(hydroxylmethyl) phosphonium cloride)
	Амоній поліфосфат (ammonium polyphosphate)
$(C_6CL_5ONaH_2O)$	Пентахлорфенолят натрію
NaF	Фтористий натрій
	Сульфанол-порошок
$ZnCL_2$	Цинк хлористий технічний
$Na_2Cr_2O_72H_2O$	Біхромат натрію технічний
$K_2Cr_2O_7$	Біхромат калію технічний
Na_2CO_3	Сода кальцинована
$CuSO_45H_2O$	Купорос мідний
NH_4CL	Хлористий амоній
$(NH_4)_2PON_4$	Діамонійфосфат
$CONH_4PO_4$	Подвійна водонерозчинна сіль ортофосфорної кислоти
$Na_5P_3O_{10}$	Триполіфосфат натрію
$C_6H_{12}O_4CL_3P$	Трихлоретилфосфат

4.2. Дослідження складових вогнебіозахисних речовин для просочування дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів

Складові компоненти вогнебіозахисних засобів ДСА-1 та Ecosept 450-1 опубліковані та є у вільному доступі. Склад речовин Фаєр-off та Біофейм не відомий, що зумовило проведення додаткових досліджень. Компоненти, що входять до складу досліджуваних вогнебіозахисних речовин наведені в таблиці 4.3.

Таблиця 4.3. Компоненти, що входять до складу досліджуваних вогнебіозахисних речовин.

№ з\п	Назва вогнезахисного засобу	Склад засобу
1	ДСА-1	Діаммонійфосфат 20%; Сульфат амонію 10%; Змочувач – 1%.
2	Біофлейм	-
3	Ecosept 450-1	Солі неорганічних кислот (ортофосфорна кислота); Фунгіцид (біозахист); Інсектицид (від шкідників); Змочувач.
4	Фаєр-off	-

Для встановлення складу засобів Біофлейм та Фаєр-off були застосовані методи рентгенофлуоресцентного аналізу та хімічного аналізу.

Дослідження проводилося для визначення елементного складу деревини, обробленої вогнезахисними засобами.

Першим методом аналізу був рентгенофлуоресцентний спектральний аналіз, проведений за допомогою програмного спектрометра ElvaX. Зразки деревини були проаналізовані шляхом отримання спектрів рентгенофлуоресцентного випромінювання.

За результатами аналізів побудовані спектрограми лише для речовини Фаєр-off (рисунок 4.2).

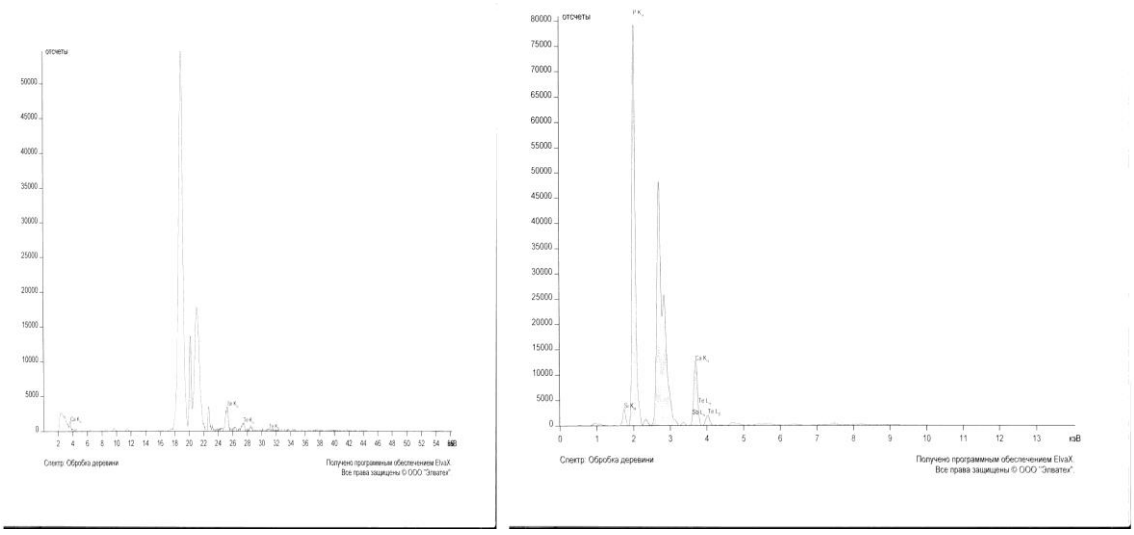


Рисунок 4.2 – Спектрограми розчину Фаєр-off побудовані метод рентгенофлуоресцентного аналізу на спектрометрі ElvaX.

Визначені піки відповідають хімічним елементам, присутнім у досліджуваних зразках. Виходячи з аналізу спектрограм і таблиці хімічних речовин, зразки деревини були оброблені фосфоровмісними антипіренами (діаммонійфосфат) поєднанні з іншими добавками. Наявність телуру, олова і стибію вказує на використання менш поширених або спеціалізованих фунгіцидів і інсектицидів. Кремній і кальцій - домішками або входити до складу складових компонентів розчину.

Вогнебіозахсину речовину Біофлейм, як і Фаєр-off було випробувано за допомогою методу рентгенофлуоресцентного аналізу, проте в результаті аналізу не було виявлено наявності жодних елементів чи сполук. Це свідчить про відсутність домішок чи інших елементів, які підлягають виявленню за допомогою РФА аналізу.

Другий метод досліджень, що був застосований - це хімічний аналіз відповідно до ДСТУ 4479:2005 «Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробування» [34]. Цей Стандарт передбачає використання хімічних методів аналізу для виявлення вогнезахисних речовин. Застосування методів хімічного аналізу за [34] дозволило виявити в зразках Біофлейм та Фаєр-off карбамід.

На підставі проведених експериментальних досліджень виявлено, що до складу вогнебіозахисних речовин, які досліджувались, входять компоненти наведені в таблиці 4.4.

Таблиця 4.4. – Компоненти, що входять до складу досліджуваних вогнебіозахисних речовин

№ з\п	Назва вогнезахисного засобу	Склад засобу
1	ДСА-1	Діаммонійфосфат 20%; Сульфат амонію 10%; Змочувач – 1%.
2	Біофлейм	Карбамід, Змочувач.
3	Ecosept 450-1	Солі неорганічних кислот (ортофосфорна кислота); Фунгіцид (біозахист); Інсектицид (від шкідників); Змочувач.
4	Фаєр-off	Карбамід, діамонійфосфат, змочувач.

4.3. Розробка рецептури вогнезахисної речовини для просочування дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів методом математичного планування експерименту

В результаті проведення експериментальних досліджень показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу було виявлено, що втрата маси збільшується в діапазоні від 0,5% - 4,6%, температура займання знижується від 5ºС до 25ºС, а кількість зразків, що підтримують самостійне горіння зростає від 20% до 50%. Дослідження проводились з різними комбінаціями заміни вогнезахисних засобів ДСА-1, Біофлейм, Ecosept 450-1, Фаєр-of, які згідно статистичних даних, застосовувались в найбільшій кількості випадків в продовж останніх 5 років. Варіанти комбінації заміни вогнезахисних засобів наведені в таблиці 4.5.

Таблиця 4.5 – Зразки, що були виготовлені для експериментального дослідженні показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу

№з/п	Номер присвоєний зразку	Назва вогнезахисного засобу яким проведено перше вогнезахисне просочування	Назва вогнезахисного засобу яким проведено повторне вогнезахисне просочування
1.	1	ДСА-1	ДСА-1
2.	1.1	ДСА-1	Біофлейм
3.	1.2	ДСА-1	Ecosept 450-1
4.	1.3	ДСА-1	Фаєр-off
5.	2	Біофлейм	Біофлейм
6.	2.1	Біофлейм	ДСА-1
7.	2.2	Біофлейм	Ecosept 450-1
8.	2.3	Біофлейм	Фаєр-off
9.	3	Ecosept 450-1	Ecosept 450-1
10.	3.1	Ecosept 450-1	ДСА-1
11.	3.2	Ecosept 450-1	Біофлейм
12.	3.3	Ecosept 450-1	Фаєр-off
13.	4	Фаєр-off	Фаєр-off

Продовження таблиці 4.5

14.	4.1	Фаєр-off	ДСА-1
15.	4.2	Фаєр-off	Біофлейм
16.	4.3	Фаєр-off	Ecosept 450-1

Детальним аналізом результатів експериментальних досліджень виявлено, що при заміні вогнезахисних засобів при повторному вогнезахисті, показники пожежної небезпеки змінюються в залежності від вогнебіозахисних речовин, які застосовані. Результати досліджень було порівняно з результатами випробувань зразків, де повторне просочування виконувалось тою самою речовиною, що і первинне просочування, тобто без заміни вогнезахисного засобу. Найменше зниження відсотку втрати маси на рівні 0,6% зафіксовано в комбінаціях заміни з вогнезахисним засобом Біофлейм (рисунок 4.3).

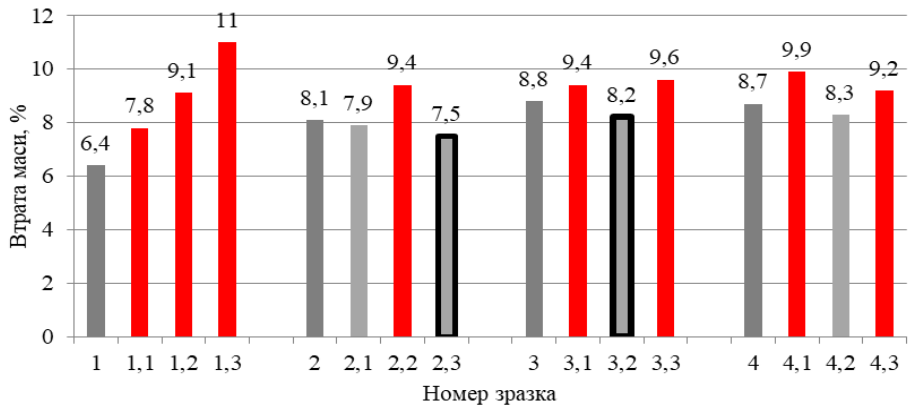


Рисунок 4.3 – Найменша втрата маси в комбінації з вогнезахисним засобом Біофлейм.

За ознакою самостійного горіння в 3-х з 5-ти випадків стабільно якісні показники (не більше 10% підтримували самостійне горіння/тління) в комбінації з вогнезахисним засобом Ecosept 450-1 (рисунок 4.4).

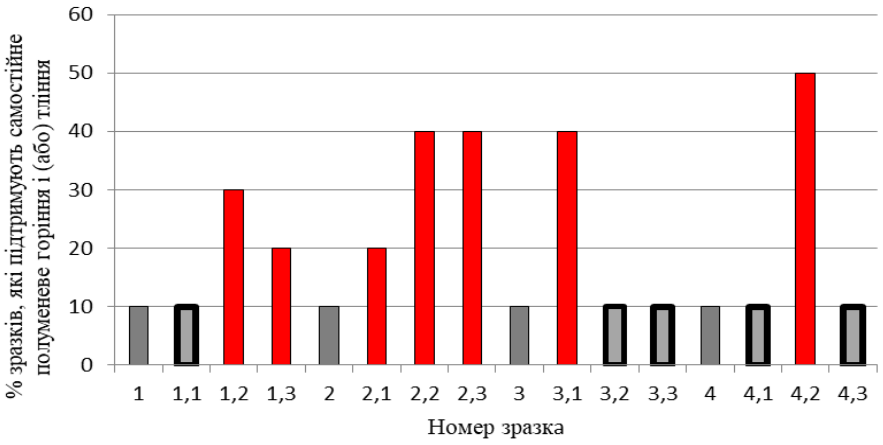


Рисунок 4.4 - За ознакою самостійного горіння в 3-х з 5-ти випадків стабільно хороші показники в комбінації з вогнезахисним засобом Ecosept 450-1.

Досягнення найвищої температури займання 345ºС та 315ºС було зафіксовано у комбінації з вогнезахисним засобом ДСА-1. Результати досліджень наведені в рисунку 4.5.

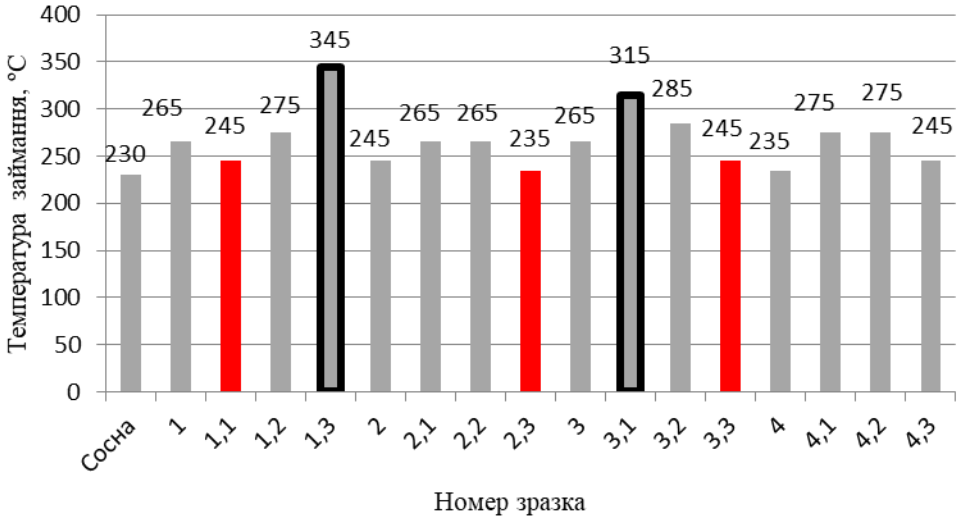


Рисунок 4.5 – Найбільша температура займання в комбінації з вогнезахисним засобом ДСА-1.

На основі отриманих результатів аналізу для подальшого дослідження основних складових компонентів обрані критерії втрати маси і температури займання та вогнезахисні засоби Біофлейм, Ecosept 450-1 та ДСА-1.

В результаті аналітичних досліджень та застосування методів рентгенофлуоресцентного та хімічного аналізу вдалось визначити склад досліджуваних речовин.

Основними компонентами, що входять до складу вогнебіохахисних речовин, що досліджувались є діамонійфосфат, карбамід, ортофосфорна кислота, сульфат амонію, а також змочувач та фунгіциди і інсектициди. Діафонійфосфат, карбамід та ортофосфорна кислота мають найбільші масові концентрації, що стало підставою обрати дані компоненти, як фактори для проведення повнофакторного експерименту з розроблення оптимальної рецептури вогнезахисної речовини, що забезпечить вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

Варіювання факторів здійснено у 3 інтервалах – мінімальному, середньому та максимальному. Середній рівень обрано виключно для визначення інтервалів варіювання. Це дозволило вивчити взаємозв’язки між цими факторами і вплив кожного на кінцеві властивості розчину. Значення інтервалів параметрів обрані на сонові літературного аналізу відомих складів вогнезахисних засобів, а також з огляду на власні попередні дослідження та результати експериментів (таблиця 4.6).

Таблиця 4.6 – Інтервали параметрів в експерименті, що вибрані в якості факторів.

Ортофосфорна кислота, *f*%			Карбамід, *k*%			Діаммонійфосфат, *d*%		
Найменше значення, f_-	Середнє значення, f_0	Найбільше значення, f_+	Найменше значення, k_-	Середнє значення, k_0	Найбільше значення, k_+	Найменше значення, d_-	Середнє значення, d_0	Найбільше значення, d_+
2	16	30	2	11	20	2	6	10

Враховуючи, обрані фактори та рівні нелінійна залежність гіпотези, її математична модель виражається формою регресійного рівняння 2-го порядку:

$$T = \varphi_0 + \varphi_1 x_1 + \varphi_2 x_2 + \varphi_3 x_3 + \varphi_4 x_1 x_2 + \varphi_5 x_1 x_3 + \varphi_6 x_2 x_3 + \varphi_7 x_1 x_2 x_3 \quad (4.1)$$

де :

T – температура займання, ºС або втрата маси, %;

φ_0, φ_1, φ_2 , φ_3, φ_4, φ_5, φ_6, φ_7 – коефіцієнти регресії;

x_1, x_2, x_3 – параметри, що враховують вибрані фактори (ортофосфорної, карбаміду, діаммонійфосфату відповідно).

В подальшому була побудована матриця планування експерименту за стандартом кодування факторів: «+» – верхній рівень (максимальне значення); «–» – нижній рівень (мінімальне значення) (таблиця 4.7).

Таблиця 4.7 Матриця планування повного факторного експерименту для побудування математичної моделі.

Номер експерименту	x_1	x_2	x_3	x_1x_2	x_1x_3	x_2x_3	$x_1x_2x_3$
1	+	+	+	+	+	+	+
2	-	+	+	-	-	+	-
3	+	-	+	-	+	-	-
4	-	-	+	+	-	-	+
5	+	+	-	+	-	-	-
6	-	+	-	-	+	-	+
7	+	-	-	-	-	+	+
8	-	-	-	+	+	+	-

Варіюючи 3 факторами та враховуючи план-матриці повнофакторного експерименту проведені 8 експериментів для визначення втрати маси та 8 експериментів для визначення температури займання, в результаті чого, отримані числові значення температури і маси у досліджуваних взірцях (таблиця 4.8).

Таблиця 4.8 – Результати експериментів з визначення температури займання та втрати маси.

Назва показника	1	2	3	4	5	6	7	8
Температура самозаймання, ºС	273	322	224	333	264	319	255	339
Втрата маси, %	10,5	10,9	7,5	12,4	5,5	12,4	5,9	11,4

Для обчислення коефіцієнтів регресії для трьох факторів у 2 рівнях використано формули 4.2-4.9.

$$\varphi_0 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}\tau_i \quad (4.2)$$

$$\varphi_1 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_1\tau_i \quad (4.3)$$

$$\varphi_2 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_2\tau_i \quad (4.4)$$

$$\varphi_3 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_3\tau_i \quad (4.5)$$

$$\varphi_4 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_1x_2\tau_i \quad (4.6)$$

$$\varphi_5 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_1x_3\tau_i \quad (4.7)$$

$$\varphi_6 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_2x_3\tau_i \quad (4.8)$$

$$\varphi_7 = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N}x_1x_2x_3\tau_i \quad (4.9)$$

де $N = 8$ – кількість експериментальних ситуацій згідно із планом експерименту;

x_i – значення параметру згідно із матрицею плану (±1);

τ_i – значення (температури або втрата маси).

На основі даних отриманих в ході проведення експериментів та обчислень згідно формул 2-9 отримані коефіцієнти регресії для втрати маси (таблиця 4.9) та температури займання (таблиця 4.10).

Таблиця 4.9 – Коефіцієнти регресії для втрати маси.

Коефіцієнт	φ_0,	φ_1,	φ_2,	φ_3,	φ_4,	φ_5,	φ_6,	φ_7
%	499	-60	-312	83	47	-27	-40	22

Таблиця 4.10 – Коефіцієнти регресії для температури займання.

Коефіцієнт	φ_0,	φ_1,	φ_2,	φ_3,	φ_4,	φ_5,	φ_6,	φ_7
T	499	-60	-312	83	47	-27	-40	22

З врахуванням отриманих коефіцієнтів регресії, залежність впливу відсоткового масового значення (формула 1) фосфатної кислоти (*f*), карбаміду (*k*) та діаммонійфосфату (*d)* на температуру займання матиме вигляд:

$$T = 291{,}1 + 37{,}2x_1 - 3{,}4x_2 + 3{,}1x_3 + 11{,}2x_1x_2 - 2{,}4x_1x_3 + 6{,}1x_2x_3 - 3{,}9x_1x_2x_3 \quad (4.10)$$

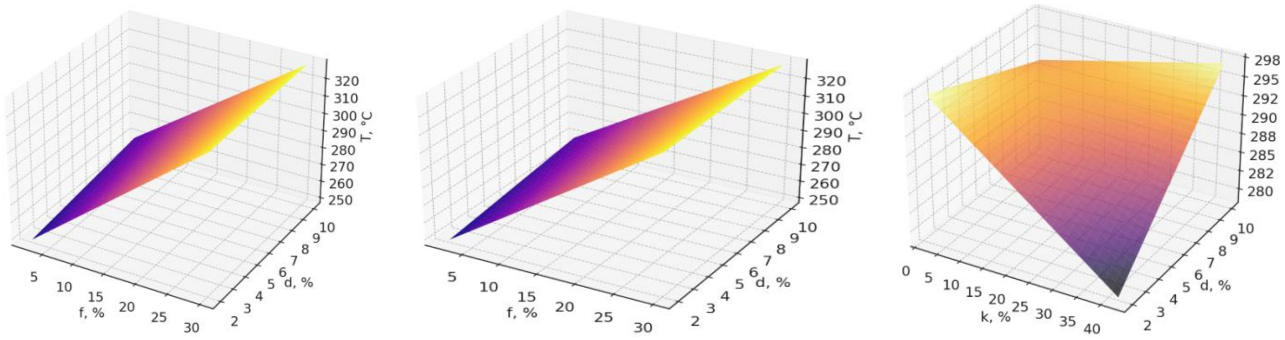
Залежність впливу відсоткового масового значення (формула 1) фосфатної кислоти (*f*), карбаміду (*k*) та діаммонійфосфату (*d)* на втрату маси матиме вигляд:

$$m = 9{,}56 + 2{,}21x_1 - 0{,}26x_2 - 0{,}76x_3 + 0{,}39x_1x_2 + 0{,}89x_1x_3 + 0{,}11x_2x_3 - 0{,}74x_1x_2x_3 \quad (4.11)$$

Коефіцієнт детермінації для отриманих регресійних залежностей становить 0,98, що добре відтворює варіацію, як по значенню температури займання так і по відсотковому втраті маси дослідних взірців.

Перевірку адекватності моделі, що відповідає рівнянню регресії виконано за допомогою критерію Фішера. Проведений аналіз відносних відхилень результатів експериментальних досліджень показав, що середня відносна похибка для показника втрати маси становить 1,81 %, а для температури займання - 0,49 %. Це свідчить про високу точність і повторюваність результатів. Дисперсійний аналіз, проведений з використанням критерію Фішера, показав, що розраховані значення F для втрати маси та температури займання у більшості експериментів не перевищують критичне значення (Fкр = 3,47 при $\alpha = 0{,}05$). Це свідчить про відсутність статистично значущих відмінностей між дисперсіями.

Використовуючи отримані регресійні залежності побудовані відповідні поверхні дисперсії температури займання при варіації складу трьох основних компонентів: ортофосфорної кислоти, карбаміду та діаммонійфосфату, які показані на рисунках 4.6.

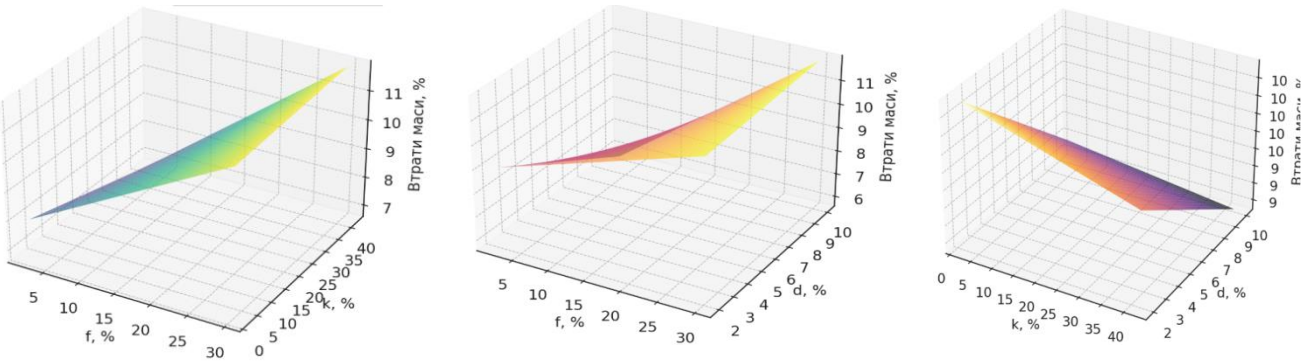


а) б) в)

Рисунок 4.6 – Дисперсія температури займання дослідного зразка при: а) середньому значені діаммонійфосфату (фактор d) та варіації інших факторів; б) середньому значені карбаміду (фактор k) та варіації та варіації інших факторів; в) середньому значені ортофосфорної (фактор f) кислоти та варіації інших факторів.

Результати вказують на те, що за певних співвідношень цих компонентів досягається підвищення температури займання, що свідчить про посилення вогнезахисного ефекту.

На рисунку 4.7 зображені відповідні поверхні дисперсії втрати маси при варіації складу трьох основних компонентів: ортофосфорної кислоти, карбаміду та діаммонійфосфату.



а) б) в)

Рисунок 4.7 – Дисперсія втрати маси дослідного зразка при: а) середньому значені діаммонійфосфату (фактор d) та варіації інших факторів; б) середньому значені карбаміду (фактор k) та варіації та варіації інших факторів; в)

середньому значені ортофосфорної (фактор f) кислоти та варіації інших факторів.

Проведеним аналізом сформованих поверхонь виявлено, що найменша втрата маси досягається при гармонійному поєднанні кислоти та діаммонійфосфату.

На підставі аналізу даних експериментальних досліджень, рівняння регресії і графічних залежностей визначено співвідношення масового складу вогнезахисної речовини, що здатна забезпечити вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів, а саме: діаммонійфосфат – 4%, карбамід – 6%, фосфатна кислота 12%.

В подальшому на основі розробленого складу розроблені технічні умови (додаток В), регламент робіт (додаток Г) та виготовлено вогнебізахисну речовину «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»). Вогнезахисний засіб пройшов сертифікаційні випробування (додаток Д) та сертифікацію відповідності (додаток Е).

4.4. Експериментальні дослідження розробленої вогнебіозахисної речовини «Fire Break» при заміні вогнезахисних засобів.

Вогнебіозахисна речовина «Fire Break» призначена для обробляння дерев’яних будівельних конструкцій з метою зниження їх горючості та займистості для забезпечення вимог [65] та для підвищення їх біостійкості.

Вогнебіозахисна речовина має широку галузь застосування і може використовуватись на об’єктах промисловості, сільського господарства, комунальної та приватної власності, у вагонобудуванні, на об’єктах оборонного призначення тощо.

Вогнебіозахисна речовина – однорідна в’язка рідина від безбарвного до коричневого (або іншого, за необхідності) кольору, з ледь відчутним запахом (таблиця 4.11).

Таблиця 4.11 – Фізико-хімічні властивості робочого розчину «FIRE BREAK»

Назва показника якості	Нормоване значення	Метод контролювання
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина без розшарування, допустима наявність осаду, товщина якого не перевищує 5% товщина шару рідини. Можливе забарвлення розчину у різні кольори (коричневий, червоний, зелений, ін.)	Згідно ДСТУ 4479
Густина розчину при 20°С, кг/м^3	не менше 1210	Згідно ДСТУ 7261
Показник концентрації водневих іонів (pH)	не менше 0,7	Згідно ДСТУ 2207.1 (Стандарт 22567.5)
Масова частка фосфатів у перерахунку на P_2O_5, %	не менше 6	Згідно ДСТУ 4479

Показники якості деревини, просоченої вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») з середнім значення поглинання його робочого розчину не менш, як 310,7 г/м^2 (в перерахунку на суху речовину 200 г/м^2) визначені в сертифікаті відповідності № UA.P.0005591-23 та відповідають наведеним у таблиці 4.12.

Таблиця 4.12.Показники якості деревини, просоченої вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK».

Назва показника якості	Значення
Вогнезахисна ефективність при поверхневому просоченні (втрата маси зразка під час випробування, %)	не більше 7,9
Температура займання деревини сосни з нанесення розчину	330 ºС
Група вогнезахисної ефективності	I група

Продовження таблиці 4.12

Строк збереження вогнебіозахисної ефективності	Не менше 3 років (за умов дотримання умов нанесення та подальшого утримання)
Значення витрати робочого розчину для забезпечення I групи вогнезахисної ефективності	310,7 г/м^2
Робоча температура нанесення розчину на деревину	Від -15 ºС до 45 ºС
Підтримання самостійного горіння/тління після впливу полум’я впродовж 15 с	Не підтримує

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») наноситься при температурі навколишнього середовища від – 15 ºС до 45 °С і відносній вологості не більше 85 %.

Для проведення експериментальних досліджень обрані методи досліджень, які застосовувались для досліджень вогнебіозахисних засобів Біофлейм, Ecosept 450-1, ДСА-1 та Фаєр-off і описані в розділі 3, зокрема: метод контролювання за ознакою самостійного горіння, метод контролювання за температурою займання та методом визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту).

Для проведення випробувань підготовані зразки деревини відповідно до [92] та їм присвоєнні відповідні номери.

В подальшому зразки піддані вогнезахисту з застосуванням вогнебіозахсиних речовин Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1 та «FIRE BREAK» .

Щоб забезпечити мови завершення прогнозованого строку придатності вогнезахисного просочування застосована «Методика № 181-2015 з визначення прогнозованого (очікуваного) строку придатності вогнезахисного покриву (просочення) для дерев’яних та металевих конструкцій, затвердженої листом ДСНС України № 26-9049/261 від 11.07.2014 року» [63].

Під час піддавання прискореному старінню зразків просочених вогнебіозахинсими засобами Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1 та «FIRE BREAK», зразки вогнезахищеної деревини згідно з методом II вищезазначеної

методики поміщені в кліматичну та морозильну камери і витримані послідовно за таких умов:

1) температурі (40 ± 2) °С і відносній вологості повітря (90 ± 3)% протягом 6 годин;

2) температурі (20 ± 2)°С і відносній вологості повітря (90 + 3)% протягом 2 годин;

3) температурі мінус (15 ± 3)°С і відносній вологості повітря не більше 80% протягом 3 годин;

4) температурі (60 ± 2)°С і відносній вологості повітря не більше 80% протягом 7 годин;

5) температурі мінус (20 ± 2°С і відносній вологості повітря не більше 80% протягом 6 годин.

Вісім циклів випробувань відповідають одному року експлуатації. Для відтворення проходження 3 календарних років випробування з восьми циклів повторено три рази.

В якості кліматичної камери застосована настільна тестова камера для прискорення кліматичних умов SunChex RH. Для забезпечення низьких температур використана традиційна лабораторна морозильна камера (рисунок 4.8).

а)

б)

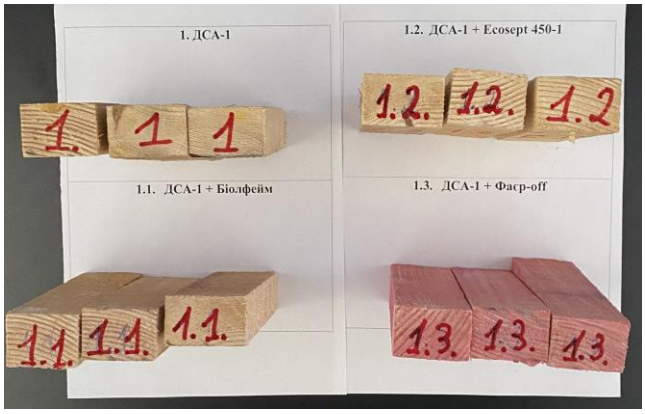
Рисунок 4.8 – Обладнання для прискореного старіння засобів: а) тестова камера для прискорення кліматичних умов SunChex RH; б) лабораторна морозильна камера.

Після закінчення випробувань по піддаванню прискореному старінню зразкам присвоєно номери та вони піддані повторному просочуванню в різних комбінаціях заміни вогнебіозахисних засобів Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1 та «FIRE BREAK». Варіанти комбінації заміни наведені в таблиці 4.13.

Таблиця 4.13 – Зразки, що були виготовлені для експериментального дослідженні показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу з урахуванням «FIRE BREAK».

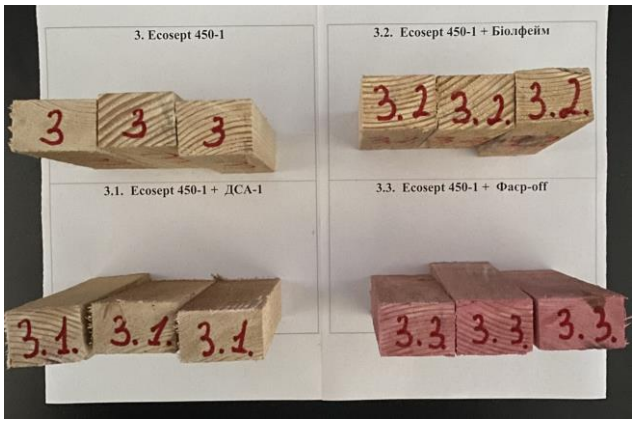
№з/п	**Номер присвоєний зразку**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено перше вогнезахисне обробляння**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено друге вогнезахисне обробляння**	**Кількість виготовлених зразків**
1.	1	ДСА-1	ДСА-1	3
2.	1.1	ДСА-1	Біофлейм	3
3.	1.2	ДСА-1	Ecosept 450-1	3
4.	1.3	ДСА-1	Фаєр-off	3
5.	2	Біофлейм	Біофлейм	3
6.	2.1	Біофлейм	ДСА-1	3
7.	2.2	Біофлейм	Ecosept 450-1	3
8.	2.3	Біофлейм	Фаєр-off	3
9.	3	Ecosept 450-1	Ecosept 450-1	3
10.	3.1	Ecosept 450-1	ДСА-1	3
11.	3.2	Ecosept 450-1	Біофлейм	3
12.	3.3	Ecosept 450-1	Фаєр-off	3
13.	4	Фаєр-off	Фаєр-off	3
14.	4.1	Фаєр-off	ДСА-1	3
15.	4.2	Фаєр-off	Біофлейм	3
16.	4.3	Фаєр-off	Ecosept 450-1	3
17.	5	ДСА-1	«FIRE BREAK»	3
18.	6	Біофлейм	«FIRE BREAK»	3
19.	7	Ecosept 450-1	«FIRE BREAK»	3
20.	8	Фаєр-off	«FIRE BREAK»	3

Загальний вигляд зразків підданих повторному вогнезахисту речовинами Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1 та «FIRE BREAK» в різних комбінаціях заміни на рисунку 4.9.

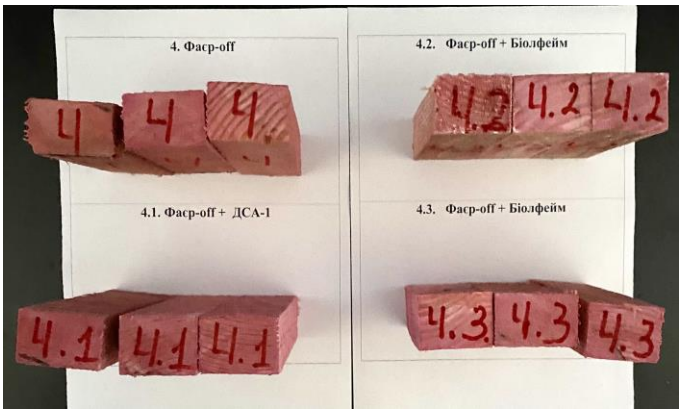


а)

б)



в)



г)

д)

Рисунок 4.9 – зразки піддані повторному вогнезахисту речовинами Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1 та «FIRE BREAK» в різних комбінаціях заміни: а) зразки деревини з нанесенням засобу ДСА-1 та в подальшому з різними комбінаціями просочування з заміною на Біофлейм, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1; б) зразки деревини з нанесенням засобу Біофлейм та в подальшому з різними

комбінаціями просочування з заміною на, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм; в) зразки деревини з нанесенням засобу Ecosept 450-1 та в подальшому з різними комбінаціями просочування з заміною на, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм; г) зразки деревини з нанесенням засобу Фаєр-off та в подальшому з різними комбінаціями просочування з заміною на, Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм; д) зразки деревини з нанесенням засобів Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм та в подальшому просочених засобом «FIRE BREAK».

В подальшому зразки підготовані до випробувань відповідно до п. 4.1 [92] та проведені повторні випробувань за методами: методом контролювання за ознакою самостійного горіння, методом контролювання за температурою займання та методом визначення вогнезахисних властивостей (групи вогнезахисту). Результати випробувань наведені в таблиці 4.14.

Таблиця 4.14 Результати експериментального дослідженні показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при зміні вогнезахисного засобу з урахуванням «FIRE BREAK».

№з/п	**Номер присвоєний зразку**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено перше вогнезахисне обробляння**	**Назва вогнезахисного засобу яким проведено друге вогнезахисне обробляння**	**Температура займання, °С**	**Втрата маси, %**	**Кількість зразків що підтримали самостійне горіння, %**
1.	1	ДСА-1	ДСА-1	265	6,7	10
2.	1.1	ДСА-1	Біофлейм	245	7,9	10
3.	1.2	ДСА-1	Ecosept 450-1	255	9,6	20
4.	1.3	ДСА-1	Фаєр-off	240	12	30
5.	2	Біофлейм	Біофлейм	240	8,5	10
6.	2.1	Біофлейм	ДСА-1	265	8,1	30
7.	2.2	Біофлейм	Ecosept 450-1	244	9,8	40
8.	2.3	Біофлейм	Фаєр-off	260	7,9	10
9.	3	Ecosept 450-1	Ecosept 450-1	265	7,6	10
10.	3.1	Ecosept 450-1	ДСА-1	265	8,4	20
11.	3.2	Ecosept 450-1	Біофлейм	280	9,4	10
12.	3.3	Ecosept 450-1	Фаєр-off	240	8,2	30

Продовження таблиці 4.14

13.	4	Фаєр-off	Фаєр-off	245	8,4	10
14.	4.1	Фаєр-off	ДСА-1	245	9,5	40
15.	4.2	Фаєр-off	Біофлейм	250	8,0	10
16.	4.3	Фаєр-off	Ecosept 450-1	240	9,4	40
17.	5	ДСА-1	«FIRE BREAK»	335	6,1	0
18.	6	Біофлейм	«FIRE BREAK»	335	8,2	10
19.	7	Ecosept 450-1	«FIRE BREAK»	320	8,1	0
20.	8	Фаєр-off	«FIRE BREAK»	325	8	0
21.	9	«FIRE BREAK»	«FIRE BREAK»	330	7,9	0

За результатами досліджень встановлено, що після нанесення вогнебіозахисної речовини «FIRE BREAK» на зразки деревини просоченої вогнезахисними засобами Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм температура займання становить 320-335 ^{o}C (рисунок 4.10).

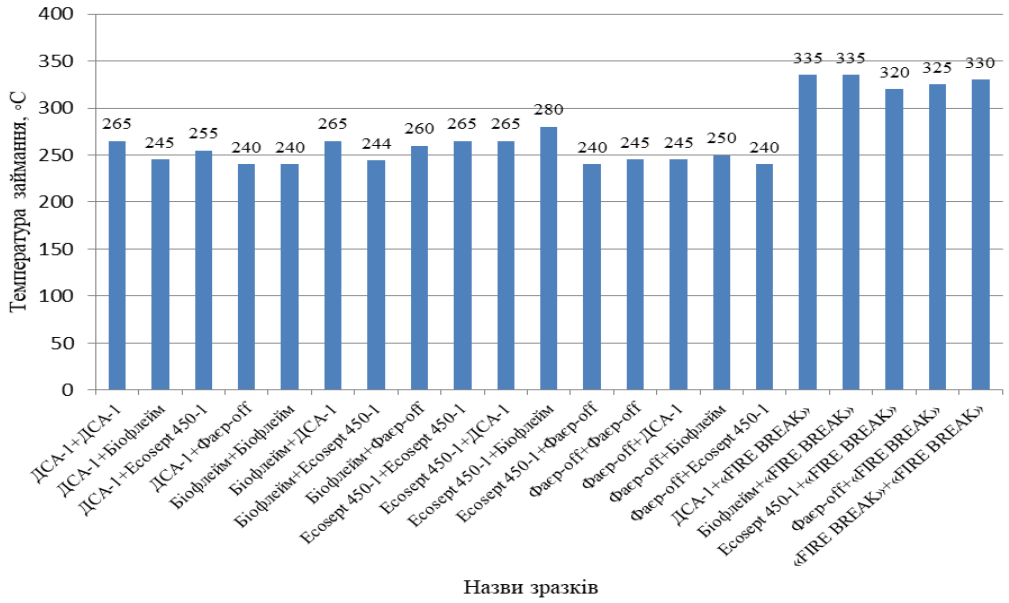


Рисунок 4.10 – Значення температури займання за результатами випробувань.

Після нанесення вогнебіозахисної речовини «FIRE BREAK» на зразки деревини просоченої вогнезахисними засобами Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм втрата маси зразків в діапазоні 6,9-8,2% (рисунок 4.11).

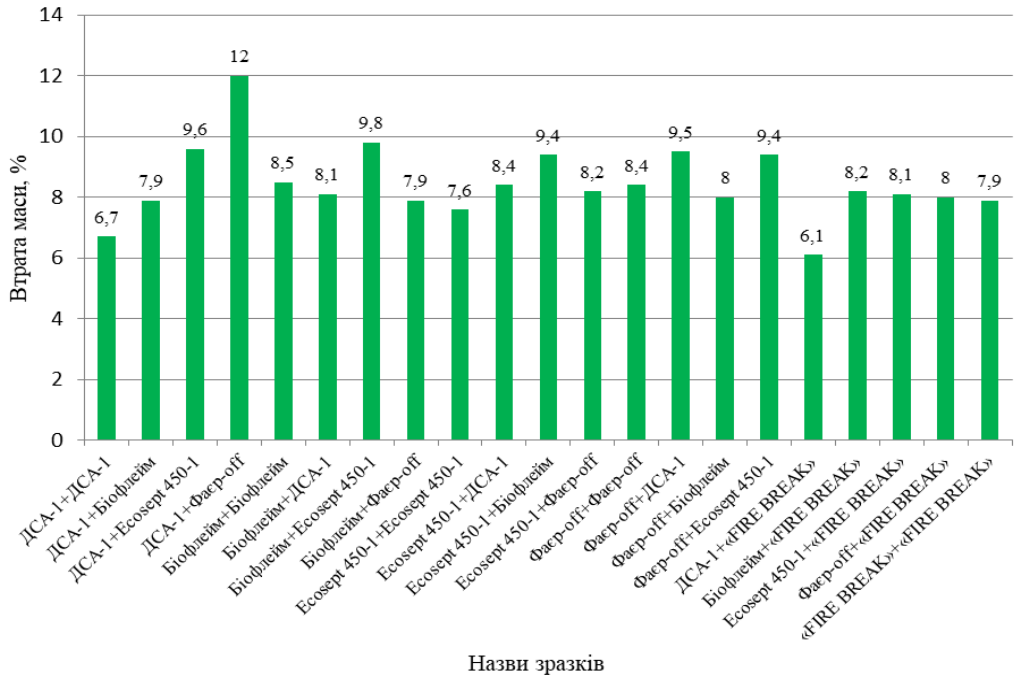


Рисунок 4.11 – Значення втрати маси за результатами випробувань.

Після нанесення вогнебіозахисної речовини «FIRE BREAK» на зразки деревини просоченої вогнезахисними засобами Фаєр-off, ДСА-1, Ecosept 450-1, Біофлейм зразків, що підтримали самостійне горіння та/або тління в діапазоні 0-10% (рисунок 4.12).

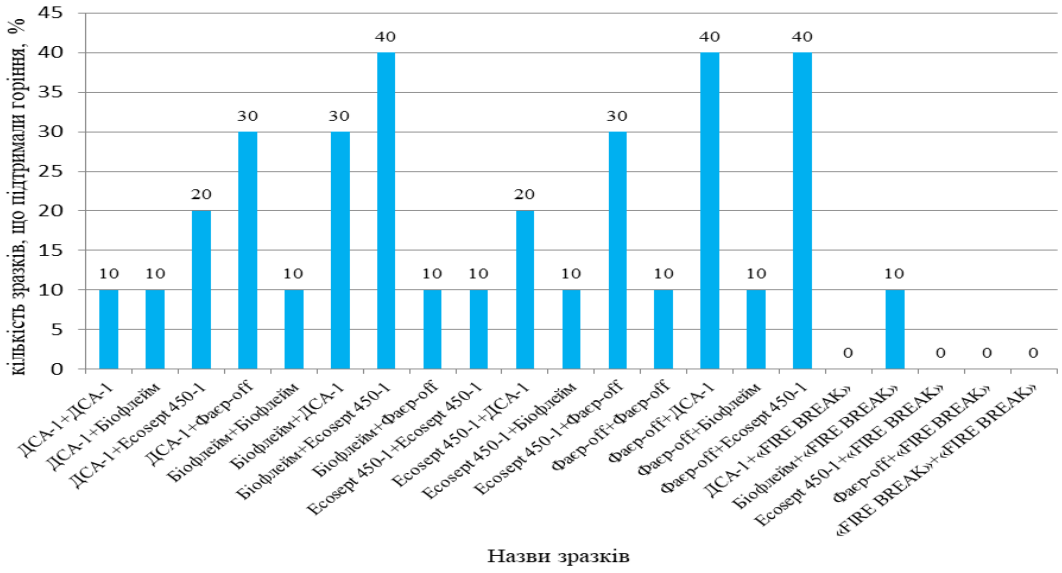


Рисунок 4.12 – Значення втрати маси за результатами випробувань.

4.5. Висновки за розділом

З використанням рентгенофлуоресцентного аналізу та методів хімічного аналізу досліджено, що найчастіше до складу вогнебіозахисних речовин входить компоненти: діаммонійфосфат, ортофосфорна кислота та карбамід.

На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту розроблене оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечує вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів а саме: діаммонійфосфат – 4%, карбамід – 6%, фосфатна кислота 12%.

Встановлена закономірність впливу відсоткового масового значення фосфатної кислоти, карбаміду та діамонійфосфату на вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, а саме для температури займання та втрати маси:

$$T = 291{,}1 + 37{,}2x_1 – 3{,}4x_2 + 3{,}1x_3 + 11{,}2x_1x_2 – 2{,}4x_1x_3 + 6{,}1x_2x_3 – 3{,}9x_1x_2x_3$$

$$m = 9{,}56 + 2{,}21x_1 – 0{,}26x_2 – 0{,}76x_3 + 0{,}39x_1x_2 + 0{,}89x_1x_3 + 0{,}11x_2x_3 – 0{,}74x_1x_2x_3$$

З використанням сучасних статистичних методів забезпечено відтворюваність результатів експериментів, а також підтверджено загальну збіжність кожного окремого експерименту. При цьому абсолютні відхилення між усередненими результатами досліджень не перевищують для показника втрати маси – 1,81 %, а для температури займання – 0,49 %.

Розроблений та сертифікований вогнезахисний засіб – просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK».

З використанням розробленого вогнезахисного засобу обґрунтовано, що даний засіб не призводить до зниження показників пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та самостійного горіння) дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу.

РОЗДІЛ 5
ЕКОНОМІЧНА ЕФЕКТИВНІСТЬ ТА ЕКОЛОГІЧНИЙ ВПЛИВ ВОГНЕБІОЗАХСИНОЇ РЕЧОВИНИ

5.1 Екологічний вплив вогнебіозахисного засобу «FIRE BREAK»

Вогнебіозахисний засіб «FIRE BREAK», розроблений у межах даного дослідження, включає до свого складу наступні основні компоненти: діаммонійфосфат (4%), карбамід (6%), ортофосфорну кислоту (12%) та воду як розчинник. Кожен з компонентів відіграє важливу роль у забезпеченні як вогнезахисних, так і біозахисних властивостей препарату. Разом з тим, при створенні засобу особлива увага приділялась його екологічній безпеці.

Діаммонійфосфат є добре відомим антипіреном, який широко використовується в сільському господарстві як фосфорне добриво. У низьких концентраціях він є нетоксичним для людини та тварин, має біологічно розкладну структуру. При проникненні у ґрунт або водні системи діаммонійфосфат зазвичай трансформується у фосфатні іони, що можуть бути використані рослинами. Проте при надмірному накопиченні можливе евтрофування водних об’єктів, тому контроль застосування в промислових масштабах є обов’язковим [81, 58].

Карбамід (сечовина) також є безпечною речовиною, що використовується у сільському господарстві. У складі вогнезахисного засобу він виконує функцію стабілізатора та біоцидного компонента, пригнічуючи ріст грибкових мікроорганізмів. У навколишньому середовищі карбамід швидко гідролізується, перетворюючись на аміак та вуглекислий газ. У малих концентраціях екологічного ризику не становить [61, 62].

Фосфатна кислота є найактивнішим компонентом у складі засобу, що забезпечує високу кислотність розчину та сприяє зниженню займистості матеріалу за рахунок дегідратації органічних сполук. Незважаючи на високу корозійну здатність у концентрованому вигляді, у складі препарату концентрація кислоти є помірною та не становить серйозної загрози при дотриманні технологічних норм. В

умовах навколишнього середовища фосфатна кислота швидко нейтралізується, утворюючи фосфати, що мають низьку токсичність [84, 85].

Враховуючи хімічний склад засобу «FIRE BREAK», можна зробити висновок, що вміст активних речовин не перевищує безпечні для екосистем порогові значення. Випробування засобу на деревині та інших органічних матеріалах показали, що після висихання розчину активні речовини залишаються у зв'язаному стані й не вивільняються у довкілля у значних кількостях.

Потенційне потрапляння засобу у ґрунт або водні об'єкти під час виробництва або використання потребує дотримання загальних санітарно-гігієнічних вимог та регламентів утилізації відходів. Згідно з попередніми оцінками, рівень біоакумуляції компонентів засобу є низьким, а токсичність незначна. Це дозволяє розглядати «FIRE BREAK», як екологічно безпечний продукт, за умови правильного застосування [85].

Згідно з чинним законодавством України [84,85], встановлено наступні гранично допустимі концентрації (ГДК) для компонентів засобу «FIRE BREAK»: для фосфатної кислоти – 1 мг/м³ у повітрі робочої зони; для фосфатів у водному середовищі – 0,02 мг/л. Для карбаміду окремі ГДК не встановлені, однак він вважається малотоксичною та екологічно безпечною речовиною. Проведений аналіз складу засобу показує, що його використання у рекомендованих концентраціях не перевищує встановлених нормативів та не створює значного навантаження на довкілля.

5.2 Економічна ефективність застосування вогнебіозахисного засобу «FIRE BREAK».

Оцінювання економічного ефекту від застосування вогнебіозахсиного засобу «FIRE BREAK» при повторному вогнезахисному оброблянні проведено на прикладі Хмельницької області.

Відповідно до статистичних даних наведених в розділі 1.5 в період з 2020 по 2024 рік включно в Хмельницькій області 8 разів виявлено, що при повторному

вогнезахисному просочуванні з заміною вогнезахисного засобу з ДСА-1 на Фаєр-off Біофлейм, Ecosept 450-1 відбулось зниження показників пожежної небезпеки вогнезахищеної деревини. Загальна площа дерев'яних будівельних конструкцій, що піддані повторному вогнезахисту становила 18920 м^2.

Проведемо розрахунок кількості вогнезахисного засобу Біофлейм, що потрібно для просочування 18920 м^2 дерев'яних будівельних конструкцій за допомогою виразу (5.1).

Витрати вогнебіозахисного засобу розраховуються за формулою:

$$m_{роб.ап.} = m_{ап} \times S \times k_д \quad (5.1)$$

де: $m_{ап}$ - витрата робочого розчину антипірену, яка складає 0,300 кг/м^2;
S - площа оброблюваної поверхні, яка складає 18920 м^2;
$k_д$ - коефіцієнт просочення деревини (стандарт 30219). Дерев'яні конструкції виготовлені із сосни, $k_д$ = 1,0.

$$m_{роб.ап.} = 0,3 \times 18920 \times 1,0 = 5676 \text{ кг.}$$

При застосуванні пульверизатора витрати збільшуються на 30 %, відповідно:

$$m_{роб} = 5676 \times 1,3 = 7378,8 \text{ кг.}$$

Загальна кількість необхідного розчину становить 7378,8 кг. Вартість 1 кг вогнезахисного засобу Біофлейм становить 108 грн. Таким чином для проведення вогнезахисного просочування 18920 м^2 дерев'яних будівельних конструкцій потрібно вогнезахисного засобу Біофлейм на суму 796910,4 грн ($k_{вз}$).

Також варто врахувати витрати на виконання робіт, що становлять 5 грн/м^2 ($k_р$) та витрати на паливо мастильні матеріали для транспортування 5676 кг та працівників на розрахункову відстань до 8 об'єктів розташованих в межах Хмельницької області, що становить 600 км – 3600 грн ($k_{пмм}$).

Проведемо розрахунки повної вартості вогнезахисного обробляння згідно виразу (5.2)

$$\sum E = k_{вз} + k_{р} + k_{пмм} \quad (5.2)$$

де: $k_{вз}$ – вартість вогнезахисного засобу, яка складає 796910,4 грн;
$k_{р}$ – вартість робіт з вогнезахисного просочування, яка складає 94600 грн;
$k_{пмм}$ – вартість паливо-мастильних матеріалів, яка складає 3600 грн.

Тобто повна вартість вогнезахисного обробляння становить 895110,4 грн.

Із врахуванням того факту, що вогнезахисне просочування не забезпечило належний вогнезахист через зниження показників пожежної небезпеки у зв'язку з заміною вогнезахисного засобу розрахована сума є збитком, що понесли суб'єкти господарювання.

Таким чином, у випадку застосування вогнебіозахисної речовини «FIRE BREAK», що здатна забезпечити якісний вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу, економічний ефект становить 100% від повної вартості вогнезахисного обробляння.

5.3. Рекомендації щодо коригування Правил з вогнезахисту

Важливою складовою для впровадження результатів наукових досліджень в практику, є складання рекомендацій до зміни нормативних документів, таких як правила, накази, стандарти щодо вогнезахисту.

Основним документом, що регламентує вогнезахист в Україні, є наказ МВС від 26.12.2018 року №1064 «Про затвердження Правил з вогнезахисту» (Правила з Вогнезахисту). Ці Правила з вогнезахисту установлюють основні вимоги щодо виконання робіт з вогнезахисту матеріалів, виробів, будівельних конструкцій та перевірки відповідності вогнезахисту, а також вимоги щодо забезпечення експлуатаційної придатності вогнезахисних покривів (просочування, облицювання) та виробів.

Рекомендації стосуються регламенту робіт, виконання робіт та перевірки якості вогнезахисту, що описані у Правилах з вогнезахисту, а саме:

2 абзац пункту 1 розділу «IV Регламент робіт з вогнезахисту» викласти у такій редакції: «Регламент установлює процедуру та порядок застосування вогнезахисних засобів (далі ВЗ), строк придатності вогнезахисного покриву (просочування), вимоги до утримання і заміни ВЗ (повторного вогнезахисного обробляння), сумісності ВЗ з тими ВЗ, що були використаними раніше, а також безпечні умови праці під час виконання робіт з вогнезахисту»;

підпункт 7 пункту 2 розділу «IV Регламент робіт з вогнезахисту викласти» у такій редакції: «Процедура заміни вогнезахисного покриву (просочування, облицювання) або повторного застосування ВЗ:

технічні критерії, згідно з якими визначається необхідність проведення заміни або повторного застосування ВЗ;

вимоги до проведення зазначених робіт;

вимоги щодо сумісності ВЗ з іншими ВЗ, що були застосовані раніше;

розділ «V. Виконання робіт з вогнезахисту» доповнити пунктом 5: «Забороняється виконувати роботи з вогнезахисту ВЗ щодо яких не визначено відомостей щодо сумісності з іншими ВЗ, або які можуть призводити до зниження показників якості вогнезахисту при повторному оброблянні»;

пункту 3 розділу «IX Перевірка відповідності вогнезахисту» викласти у такій редакції: «Під час проведення перевірки відповідності вогнезахисту перевіряються відповідність вогнезахисту вимогам проектної документації, Регламенту, нормативно-технічним документам та якість виконаних робіт.

Якість виконаних робіт перевіряється шляхом:

проведення зовнішнього огляду вогнезахисного покриву (просочування, облицювання) на відсутність пропусків, рівномірність покриву (просочування, облицювання), систем кріплення або клейових з’єднань на їх надійність;

проведення вимірювання товщини вогнезахисного покриву (облицювання) через кожні 15-20 метрів довжини об’єкта вогнезахисту, але не менше ніж у 10 рівновіддалених точках;

застосування методів контролювання під час експлуатування об’єктів вогнезахисту.

За рішенням одного або декількох членів комісії проводяться лабораторні випробування з визначення якості вогнезахисту.»

пункт 4 Акту перевірки відповідності вогнезахисту Додатку 3 викласти у такій редакції: «Результати перевірки відповідності вогнезахисту (заповнюється залежно від застосованого вогнезахисного засобу):

для дерев'яних конструкцій (виробів)»

№ з/п	Назва та розташування конструкції (виробу)	Температура займання, °С		Підтримання самостійного полуменевого горіння і (або) тління більше 15 с	Висновки (відповідає / не відповідає)
		Згідно регламенту	Фактично визначена		
1	2	3	4	5	6

5.4. Висновки за розділом

В розділі здійснено комплекснийаналіз нового вогнебіозахисного засобу "FIRE BREAK", зосереджуючись на його екологічному впливі та економічній ефективності, а також пропонує рекомендації щодо коригування чинних "Правил з вогнезахисту" в Україні.

Щодо екологічного впливу, проведений аналіз хімічного складу "FIRE BREAK" (діаммонійфосфат, карбамід, ортофосфорна кислота, вода) свідчить про його безпечність для екосистем за умови дотримання технологічних норм. Кожен компонент у рекомендованих концентраціях є малотоксичним та біологічно розкладним, а їх вміст не перевищує встановлених гранично допустимих концентрацій (ГДК). Важливо, що після висихання розчину активні речовини

залишаються у зв'язаному стані, мінімізуючи вивільнення у довкілля. Це дозволяє розглядати "FIRE BREAK" як екологічно безпечний продукт.

Аналіз економічної ефективності застосування "FIRE BREAK" при повторному вогнезахисному обробляннні демонструє значні фінансові переваги. На прикладі Хмельницької області, де було зафіксовано 8 випадків зниження показників пожежної небезпеки дерев'яних конструкцій через несумісність вогнезахисних засобів при їх заміні на площі 18920 м², показано, що повна вартість неякісного вогнезахисного обробляння становить 895 110,4 грн. Використання "FIRE BREAK", що здатен забезпечити якісний вогнезахист навіть при заміні попередніх засобів, дозволяє досягти 100% економічного ефекту від цієї суми, запобігаючи необґрунтованим збиткам.

На основі проведених досліджень та виявлених проблем з несумісністю вогнезахисних засобів, розділ пропонує обґрунтовані зміни до "Правил з вогнезахисту". Ключові рекомендації включають:

– доповнення регламенту робіт положеннями про сумісність вогнезахисних засобів та вимоги до їх заміни/повторного застосування;

– заборону виконання робіт з вогнезахисту засобами, щодо яких відсутні відомості про сумісність або які можуть призводити до погіршення показників якості;

– удосконалення процедури перевірки якості вогнезахисту, включаючи обов'язкове застосування методів контролювання під час експлуатації та можливість проведення лабораторних випробувань;

– коригування форми Акту перевірки для включення показників температури займання та самостійного горіння/тління, що відображає більш об'єктивну оцінку ефективності;

Таким чином, розроблений вогнебіозахисний засіб "FIRE BREAK" є не тільки екологічно відповідальним, але й економічно вигідним рішенням для забезпечення належного рівня вогнезахисту дерев'яних конструкцій, особливо в умовах необхідності повторної обробки та заміни засобів. Запропоновані зміни до

нормативної бази сприятимуть впровадженню кращих практик та підвищенню загальної ефективності системи вогнезахисту в Україні.

ЗАГАЛЬНІ ВИСНОВКИ

В дисертаційній роботі, яка є завершеною науковою працею, представлено розв’язання актуального наукового-технічного завдання розкриття закономірностей впливу чинників пожежної небезпеки при заміні просочувальних вогнебіозахисних речовин на їх вогнезахисну ефективність, як наукового підґрунтя підвищення вогнезахисту дерев’яних будівельних конструкцій. При цьому отримано наукові та практичні результати, які наведено нижче.

1. В результаті теоретичних досліджень та проведеного аналізу нормативно-правових вимог, а також методів перевірки якості вогнезахисту виявлено, що в період з 2020 по 2024 рік, при проведені перевірок, працівниками ДСНС у 23% зроблені висновки, що вогнезахисне просочування не якісне.

2. На підставі експериментальних досліджень виявлені явища зниження показників пожежної небезпеки дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів. Зокрема втрата маси збільшується в діапазоні від 0,5% - 4,6 %, температура займання знижується від 5ºС до 25ºС, а кількість зразків, що підтримують самостійне горіння зростає від 20% до 50%, що критично впливає на якість вогнезахисту.

3. Доведено необхідність проведення комплексного підходу щодо визначення якості вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

4. З використанням рентгенофлуоресцентного аналізу та методів хімічного аналізу досліджено, що найчастіше до складу вогнебіозахисних речовин входить компоненти: діаммонійфосфат, ортофосфорна кислота та карбамід.

5. На основі визначених компонентів методом повнофакторного експерименту розроблене оптимальне співвідношення складу вогнезахисної речовини, що забезпечує вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів.

6. Встановлена закономірність впливу відсоткового масового значення фосфатної кислоти, карбаміду та діамонійфосфату на вогнезахист дерев'яних будівельних конструкцій, а саме для температури займання та втрати маси:

$$T = 291{,}1 + 37{,}2x_1 - 3{,}4x_2 + 3{,}1x_3 + 11{,}2x_1x_2 - 2{,}4x_1x_3 + 6{,}1x_2x_3 - 3{,}9x_1x_2x_3$$

$$m = 9{,}56 + 2{,}21x_1 - 0{,}26x_2 - 0{,}76x_3 + 0{,}39x_1x_2 + 0{,}89x_1x_3 + 0{,}11x_2x_3 - 0{,}74x_1x_2x_3$$

7. З використанням сучасних статистичних методів забезпечено відтворюваність результатів експериментів, а також підтверджено загальну збіжність кожного окремого експерименту. При цьому абсолютні відхилення між усередненими результатами досліджень не перевищують для показника втрати маси – 1,81 %, а для температури займання – 0,49 %.

8. Розроблений та сертифікований вогнезахисний засіб – просочувальна вогнезахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK».

9. З використанням розробленого вогнезахисного засобу обґрунтовано, що даний засіб не призводить до зниження показників пожежної небезпеки (втрати маси, температури займання та самостійного горіння) дерев’яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу.

10. Запропоновані обґрунтовані зміни до Правил з вогнезахисту в частині регламенту робіт, виконання робіт та перевірки якості вогнезахисту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Абрамов Ю. О., Кірєєв О. О., Щербина О. М. Дослідження впливу товщини шару гелю на його вогнегасні властивості. *Пожежна безпека*. 2006. Вип. 8. С. 159-162.

2. Абрамов Ю. О., Кірєєв О. О., Щербина О. М., Бедзай А. О. Дослідження вогнегасної дії гелеутворюючих систем на основі силікатів. *Пожежна безпека*. 2007. Вип. 11. С. 100-104.

3. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2020 року. ІДУ НД ЦЗ, 2021. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali (дата звернення: 24.02.2025).

4. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2021. ІДУ НД ЦЗ, 2022. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali (дата звернення: 24.02.2025).

5. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2022. ІДУ НД ЦЗ, 2023. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali (дата звернення: 24.02.2025).

6. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2023. ІДУ НД ЦЗ, 2024. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali (дата звернення: 24.02.2025).

7. Аналітична довідка про пожежі та їх наслідки в Україні за 12 місяців 2024. ІДУ НД ЦЗ, 2025. URL: https://idundcz.dsns.gov.ua/statistika-pozhezh/analitichni-materiali (дата звернення: 24.02.2025).

8. Андрієнко В. М., Бут В. П., Жартовський В. М., Жартовський С. В., Маладика І. Г., Цапко Ю. В. *Вогнезахист деревини та виробів з неї*: Навчальний посібник. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля МНС України, 2009. 254 с.

9. Барило О. Г. *Вогнебіозахист тканин і паперу просочувальною композицією* [Автореф. дис. канд. техн. наук]. Київ, 2005. 22 с.

10. Боднарчук Т. Б., Башинський О. І., Пелешко М. З. Несуча здатність та вогнестійкість дерев'яних балок армованих зовнішньою стрічковою арматурою. *Вісник ЛДУБЖД*. 2014. Вип. 9. С. 184-189.

11. Боднарчук Т. Б., Нікіфоряк С., Івчук М. Дослідження несучої здатності дерев'яних балок, армованих зовнішньою стрічковою арматурою. *Вісник ЛНАУ. Архітектура і сільськогосподарське будівництво*. 2014. Вип. 15. С. 68-74.

12. Бондаренко М. І. *План-конспект лекцій курсу «Будівельні матеріали та вироби»*. Глухів: Глухівський національний педагогічний університет імені Олександра Довженка, 2015. 127 с.

13. Брує́в М. О. *Розробка нового методу глибокого просочування деревини надпотужним імпульсом тиску, який утворюються електричним розрядом у рідині* [Автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.02 «Пожежна безпека»]. Київ, 2000. 18 с.

14. Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Миргород О. В., Стельмах О. А. *Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій*. Харків: ХНАДУ, 2015. 488 с.

15. Квітковський Ю. В., Удянський М. М., Миргород О. В., Луценко Ю. В., Морозов А. І. *Будівельні конструкції та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій*: практикум для студентів, курсантів та слухачів заочної форми навчання. Харків: НУЦЗУ, 2011. 221 с.

16. Бут В. П., Жартовський В. М., Білошицький М. В., Цапко Ю. В., Барило О. Г. Особливості дослідження тривалості вогнезахисту деревини просочувальними засобами. *Науковий вісник УкрНДІПБ: Наук. журнал*. 2004. № 1(9). С. 21-25.

17. Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Луценко Ю. В., Миргород О. В. *Безпека експлуатації будівель і споруд та їх поведінка в умовах надзвичайних ситуацій*: навч. посібник. Харків: НУЦЗУ, 2010. 372 с.

18. Веселівський Р. Б., Яковчук Р. С., Василенко О.О., Семенюк П. В. Експериментальне дослідження вогнестійкості огороджувальних конструкцій з гіпсокартонними плитами. Пожежна безпека. 2015. № 27. С. 26–32.

19. Вплив захисного покриття на міцнісні характеристики алюмінієвих сплавів при нагріванні / Гивлюд М. М., Ємченко І.В., Башинський О.І., Вовк С.Я. // Збірник наукових праць «Пожежна безпека», №21, Львів – 2012. – С. 59-64.

20. 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. DOI: 10.32447/20786662.39.2021.02.

21. Гаврилюк А. Ф., Гайдук М. О. Експериментальне дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу. *Пожежна безпека*. 2024. № 45. С. 18-28. DOI: 10.32447/20786662.45.2024.03.

22. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Дослідження складу речовин для вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2025. №31. С. 147-156. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.15.

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

24. Горбаченко Я. В. Існуючі методи випробувань для дерев'яних будівельних конструкціях. У: *Актуальні проблеми технічних та соціально-гуманітарних наук у забезпеченні діяльності служби цивільного захисту*: Міжнар. наук.-практ. конф., Черкаси: тези доп. Черкаси: АПБ імені Героїв Чорнобиля, 2013. С. 109-112.

25. Горбаченко Я. В. Метод математичного моделювання геометрії обвугленої зони при пожежі дерев'яних балок з вогнезахисним просоченням. *Пожежна безпека: теорія і практика: збірник наукових праць ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України*. 2014. № 18. С. 47-54.

26. Горбаченко Я. В., Некора О. В., Тищенко О. М. Залежність швидкості обвуглювання від властивостей вогнезахисту дерев'яних балок. У: *Надзвичайні*

ситуації: безпека та захист: Всеукр. наук.-практ. конф. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2015. С. 97-100.

27. Горбаченко Я. В., Поздєєв С. В., Некора О. В., Кропива М. О. Дослідження обвуглювання вогнезахисних дерев'яних балок при вогневій дії під час пожежі. У: *16 Всеукр. наук.-практ. конф. рятувальників, 24-25 вересня 2014 р., Київ: тези доп.* Київ: ІДУЦЗ, 2014. С. 232-233.

28. Горгола О. М. *Дерев'яні конструкції, що згинаються, з пошаровим армуванням високомодульним матеріалом* [Дис. канд. техн. наук: 05.23.01]. Одеса, 2006. 276 с.

29. Гудович О. Д. Проблеми визначення ефективності вогнезахисту деревини. *Живучість корабля і безпека на морі*. 2001. Вип. 2. С. 26-30. Севастополь.

30. ДБН В.1.1.-7-2016. Пожежна безпека об'єктів будівництва. Введено в дію 2017-01-01. Київ, 2016.

31. ДБН В.2.6-161:2017. Дерев`яні конструкції. Основні положення. Введено в дію 2017-12-01. Київ, 2017.

32. Демчина Б. Г., Сурмай М. І., Пелех А. Б. Підходи до визначення критеріїв меж вогнестійкості вертикальних конструкцій. *Вісник НУЛП: Теорія і практика будівництва*. 2010. Вип. 662. С. 155-160.

33. Дмітрієва Н. В. *Вогнебіостійкі епоксидні композиційні матеріали для дерев'яних конструкцій* [Автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.02 «Пожежна безпека»]. Харків, 2005. 20 с.

34. ДСТУ 4479:2005. Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробування. Введено в дію 2005-10-01. Київ, 2005.

35. ДСТУ 8829:2019. Пожежовибухонебезпечність речовин та матеріалів. Номенклатура показників та методи їхнього визначення. Класифікація. Введено в дію 2019-07-01. Київ, 2019.

36. ДСТУ 9291:2024 Захист від пожежі. Вогнезахист будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання під час експлуатування об'єктів вогнезахисту. Введено в дію 2024-07-01. Київ, 2024.

37. ДСТУ EN 1783:2019 Сірники. Вимоги до характеристик, безпека та класифікація (EN 1783:1997, IDT). Зі Зміною № 1. Введено в дію 2019-07-01. Київ, 2019.

38. ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. Захист від пожежі. Вогнезахисне обробляння будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання. Введено в дію 2010-07-01. Київ, 2010.

39. Жартовський В. М., Жартовський С. В. Про деякі невідповідності стандартизованих методів і методик визначення вогнезахисту виробів з деревини умовам їх експлуатації. *Науковий вісник УкрНДІ ПБ: Науковий журнал*. 2010. № 1(21). С. 94-102.

40. Жартовський В. М., Жартовський С. В., Добростан О. В., Коваленко В. В., Шеверєв Є. Ю. Вибір методу оцінювання якості вогнезахисного оброблення дерев'яних конструкцій. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2012. № 1(25). С. 137-144.

41. Жартовський В. М., Жартовський С. В., Корнієнко О. В. Визначення строку збереження ефективного вогнезахисту виробів з деревини, які оброблені просочувальними засобами ДСА-1 та ДСА-2 за результатами натурних випробувань. *Науковий вісник УкрНДІПБ: Наук. журнал*. 2009. № 2(20). С. 26-33.

42. Жартовський В. М., Жартовський С. В., Шеверєв Є. Ю. Експериментальні дослідження поглинання водних розчинів антипіренів при просоченні торцевих та бокових граней стандартизованих зразків деревини. *Науковий вісник УкрНДІ ПБ: Науковий журнал*. 2011. № 1(23). С. 143-149.

43. Жартовський В. М., Цапко Ю. В. *Профілактика горіння целюлозовмісних матеріалів. Теорія та практика*. Київ, 2006. 248 с.

44. Жартовський С. В. Дослідження пожежовибухонебезпечності вогнезахищених матеріалів з деревини вогнебіозахисними засобами ДСА-1 та ДСА-2. *Науковий вісник УкрНДІ ПБ: Науковий журнал*. 2010. № 1(21). С. 84-94.

45. Жартовський С. В. Екологічні аспекти вогнезахисту деревини і тканин комплексним засобом ФСГ-1. *Збірник наукових праць: Вісник ЛДУБЖД*. Львів, 2010. № 4(1). С. 106-111.

46. Жартовський С. В. *Розвиток наукових основ протипожежного захисту об'єктів з пожежним навантаженням із целюлозовмісних матеріалів водними вогнебіозахисними речовинами* [Дис. … д-ра техн. наук: 21.06.02]. Черкаси, 2020. 340 с.

47. Жартовський С. В. Шляхи створення та використання просочувальних вогнебіозахисних засобів ДСА-1, ДСА-2 для деревини і фанери. *Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць*. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2010. № 5. С. 36-55.

48. Жартовський С. В. Феноменологічна модель вогнезахисту деревини із застосуванням водної вогнебіозахисної речовини ДСА-2. *Пожежна безпека: теорія і практика: зб. наук. праць*. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. № 13. С. 20-28.

49. Жартовський С. В., Коваль О. Д., Маладика І. Г., Кришталь В. М. Дослідження реологічних властивостей водної вогнегасної речовини ФСГ-2. *Пожежна безпека: теорія і практика: Збірник наукових праць*. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2011. № 9. С. 53-60.

50. Жартовський С. В., Нетреба А. В., Ніжник В. В., Добростан О. В. Модель процесу висолювання антипіренів з деревини при застосуванні комплексних водних вогнебіозахисних речовин. *Пожежна безпека: теорія і практика: зб. наук. праць*. Черкаси: АПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2013. № 14. С. 15-20.

51. Жартовский С. В., Жартовський В. М. Вогнебіозахист целюлозовмісних матеріалів в системі безпеки життєдіяльності людини. У: *Збірник тез доповідей IX міжнародної науково-практичної конференції «Пожежна безпека - 2009»*. Львів: ЛДУБЖД, 2009. С. 170-172.

52. Захарченко П. В., Гавриш О. М., Карпенко О. О., Петухова О. М. *Технологія та товарознавство систем сухого будівництва: вогнезахист будівельних конструкцій*: навч. посіб. Київ: СПД Павленко, 2012. 392 с.

53. Звіт про основні результати діяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій у 2021 році. Київ, 2022. URL:

https://dsns.gov.ua/upload/2/6/8/1/6/9/1VSPPfkqdkExu8pkT9nQ6J8VV4MIcND2gG9vEIBb.pdf (дата звернення: 13.02.2025).

54. Карнаухов О. І., Мельничук Д. О., Чеботько К. О., Копалевич В. А. *Загальна та біонеорганічна хімія*: Підручник для студентів сільськогосподарських спеціальностей вищих аграрних навчальних закладів. Вінниця: Нова книга, 2003. 544 с.

55. Кирилов О. М. Дослідження деяких фізико-механічних властивостей вогнезахищенної декоративної фанери. *Лісове господарство, лісова, паперова і деревообробна промисловість*. 1991. Вип. 4. С. 36-38.

56. Кліменко В. З. Конструкції з клеєної деревини Світовий досвід. *Промислове будівництво та інженерні споруди*. 2009. № 1. С. 39-43.

57. Кліменко В. З. Еволюційний характер сучасної концепції проектування конструкцій з клеєної деревини. *Збірник наукових праць Українського науково-дослідного та проектного інституту сталевих конструкцій імені В.М. Шимановського*. 2011. Вип. 8. С. 5-14.

58. Коваленко І. М. *Хімічні основи вогнезахисту деревини*. Харків: ХНАМГ, 2019. 205 с.

59. Кулєшов М. М., Уваров Ю. В., Олійник О. Л., Пустомельник В. П., Єгурнов О. І. *Пожежна безпека будівель та споруд*: підручник. Харків: АЦЗУ, 2007. 271 с.

60. Леонова Д. І., Жартовський С. В. Взаємозв’язок між вогнезахисними і токсичними властивостями просочених антипіренами целюлозовмісних матеріалів. *Актуальні проблеми транспортної медицини. Науковий журнал*. 2007. № 2(8). С. 79-84.

61. Літвінова Т. В. Вплив антипіренів на стан ґрунтових вод. *Екологія та охорона природи*. 2021. № 2. С. 45-51.

62. Маладика І. Г. *Розроблення вогнезахисних та вогнегасних засобів для деревини на основі багатокомпонентних сумішей речовин* [Автореф. дис. канд. техн. наук: 21.06.02 «Пожежна безпека»]. Харків, 2006. 18 с.

63. Методика № 181-2015 з визначення прогнозованого (очікуваного) строку придатності вогнезахисного покриву (просочення) для дерев'яних та металевих конструкцій, затвердженої листом ДСНС України № 26-9049/261 від 11.07.2014 року. 2014.

64. Михайловський Д. В., Коваленко М. С., Матющенко Д. М. Аналіз техніко-технологічних властивостей клеєної деревини як перспективного матеріалу для будівельних конструкцій. *Чернігівський науковий часопис. Серія 2, Техніка і природа*. 2011. № 2. С. 122-127.

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

66. Нижник В. В., Нижник Т. Ю. *Фізична хімія полімерів*. Київ: Фітосоціоцентр, 2009. 424 с.

67. Ніжник В. В., Жартовський В. М., Жартовський С. В., Гутник О. П. Вогнебіозахист деревини та дерев’яних конструкцій куполів культових споруд. *Науковий вісник УкрНДІ ПБ: Науковий журнал*. 2011. № 2(24). С. 1-8.

68. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Алексєєва О. С., Заїка П. І., Луценко Ю. В. Дослідження температурних режимів нагріву фрагментів дерев’яних балок з вогнезахисним облицюванням OSB-плити. *Надзвичайні ситуації: попередження та ліквідація: зб. наук. праць*. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. № 3. С. 100-107.

69. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Змага Я. В., Луценко Ю. В. Методика дослідження зразків-фрагментів дерев’яних балок з вогнезахисним облицюванням. У: *IX Міжнародна науково-практична конференція «Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій»*. Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ, 2018. С. 194-195.

70. Новгородченко А. Ю., Поздєєв С. В., Змага Я. В., Некора В. С. Температурні режими зразків-фрагментів дерев’яних балок з вогнезахисним облицюванням при вогневих випробуваннях у портативній печі. У: *VIII Всеукраїнська науково-практична конференція з міжнародною участю*

«Надзвичайні ситуації: безпека та захист». Черкаси: ЧІПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2018. С. 50-53.

71. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) ДСНС в областях і місті Києві за 6 місяців 2023 року. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2022. 41 с.

72. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) ДСНС в областях і місті Києві за 6 місяців 2023 року. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2024. 44 с.

73. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) ДСНС в областях і місті Києві за 6 місяців 2024 року. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2025. 39 с.

74. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) ДСНС в областях і місті Києві у 2020 році. Київ: УкрНДІЦЗ, 2021. 49 с.

75. Огляд діяльності дослідно-випробувальних лабораторій ГУ (У) ДСНС в областях і місті Києві у 2022 році. Київ: ІДУ НД ЦЗ, 2023. 55 с.

76. Патент № 23802 Україна, МПК (2006) ДО6М11/00 В27К 9/00. Композиція для поверхневого вогнебіозахисту і гідрофобізації очерету та соломи. Жартовський В. М., Жартовський С. В. (Україна). Заявл. 11.06.2007; опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8. 3 с.

77. Патент № 23803 Україна, МПК (2006) ДО6М11/00. Просочувальний розчин для поверхневого вогнебіозахисту тканин та паперу. Жартовський В. М., Жартовський С. В. (Україна). Заявл. 11.06.2007; опубл. 11.06.2007, Бюл. № 8. 3 с.

78. Патент № 3025 України, МПК (2006), Д06М11/68. Композиція просочувальна для поверхневого вогне- та біозахисту тканин і паперу. Жартовський В. М., Каптур О. Р., Сташевська С. М. (Україна). Заявл. 15.09.2004; опубл. 15.09.2004, Бюл. № 9. 4 с.

79. Пат. 64361 А Україна, МКН В27К3/00, В27К3/52. Склад для просочення деревини. Орловський І. Ю., Шналь Т. М., Демчина Б. Г., Пархоменко Р. В. (Україна). №2003054550; заявл. 20.05.2003; опубл. 16.02.2004, Бюл. №2. 2 с.

80. Перетятко Б.М. Нові антипірени на основі карбаміду та сполук кремнію і фосфору. *Пожежна безпека*. 2019. № 11. С. 56-62. URL: https://journal.ldubgd.edu.ua/index.php/PB/article/view/1363.

81. Пінчевська О. О., Буйських Н. В., Зражва С. Г. *Анотації лекцій з деревинознавства для студентів 2-го курсу напряму дерево оброблювальні технології. Змістовний модуль № 2. Хімічні та фізичні властивості деревини*. Київ: НУБіП України, ННІ ЛіСПГ, лісогосподарський факультет, кафедра технології деревообробки, 2013.

82. Поздєєв С. В., Демешок В. В., Залевська А. Ю., Рога М. П. Чисельне дослідження несучої здатності дерев'яного перекриття в умовах пожежі. У: *Тези доповідей 6-ї Міжнародної науково-технічної конференції «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд та будівель на залізничному транспорті»*. Харків, 2017. С. 148-149.

83. Попельнух В. М. *Проектування дерев'яних конструкцій*. Харків: ХНАМГ, 2008. 207 с.

84. Про затвердження гігієнічних регламентів допустимого вмісту хімічних і біологічних речовин у повітрі робочої зони: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 14 лип. 2020 р. № 1596. Київ, 2020. 879 с. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0741-20.

85. Про затвердження Гігієнічних нормативів якості води водних об'єктів для задоволення питних, господарсько-побутових та інших потреб населення: наказ Міністерства охорони здоров'я України від 02 трав. 2022 р. № 721. Київ, 2022. URL: https://zakon.rada.gov.ua/go/z0524-22.

86. Про затвердження Технічного регламенту будівельних виробів, будинків і споруд: Постанова Кабінету Міністрів України від 20 груд. 2006 р. № 1764. *Офіційний вісник України*. 2006. № 51. Ст. 3415.

87. Пушкаренко А. С., Васильченко О. В. *Будівельні матеріали та їх поведінка в умовах високих температур*: навч. посібник. Харків: АПБУ, 2001. 166 с.

88. Пушкаренко А. С., Васильченко О. В., Квітковський Ю. В., Луценко Ю. В., Миргород О. В. *Вогнезахисне обробляння будівельних матеріалів і конструкцій*: навч. посіб. Харків: НУЦЗУ, 2011. 176 с.

89. Рожков А. П. *Пожежна безпека*: навч. посіб. для студентів вищих закладів освіти України. Київ: Пожінформтехніка, 1999. 256 с.

90. Смірнов О. В. Карбамід як екологічно безпечне добриво. *Агроекологія*. 2020. № 3. С. 22-27.

91. Соколенко К. І. *Підвищення ефективності протипожежного захисту об'єктів із застосуванням вогнезахищеної деревини* [Автореф. дис. канд. техн. наук]. Київ, 2006. 23 с.

92. Стандарт 16363-98. Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей. Введено в дію 2000-01-01. Київ, 2000.

93. Стандарт 30219-95. Деревина вогнезахисна. Загальні вимоги. Методи випробувань. Транспортування та зберігання. Введено в дію 2000-01-01. Київ, 2000.

94. Сурмай М. І. *Міцність та деформативність дощатоклеєних балок, армованих склопластиковою та базальтовою арматурою* [Автореф. дис. ... канд. техн. наук: 05.23.01]. Львів: Нац. ун-т «Львів. політехніка», 2016. 20 с.

95. Фурлет А. І. *Фосфорні добрива: властивості та вплив на екосистему*. Київ: Аграрна наука, 2017. 148 с.

96. Цапко Ю. В., Соколенко К. І. Аспекти моделювання процесу висолювання вогнезахисних композицій з деревини. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2005. № 1(11). С. 82-85.

97. Чернуха А. А., Безуглов О. Є., Вачков І. Ю. Ефективність вогнезахисного просочувального засобу Екосепт для деревини дубу. *Проблеми пожежної безпеки: зб. наук. пр.* 2017. № 42. С. 170-175. URL: http://repositsc.nuczu.edu.ua/handle/123456789/6204.

98. 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: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2016. № 26(8). С. 337-347.

99. Чумаченко С. М., Жартовський С. В., Тітенко О. М., Троцько В. В. Методика створення математичної моделі розподілу антипіренів всередині вогнезахищеної деревини. *Науковий вісник НЛТУ України: зб. наук.-техн. праць*. Львів: РВВ НЛТУ України, 2016. № 26(5). С. 378-385.

100. Шафран Л. М., Гудович О. Д., Харченко І. О., Бут В. П. Аналітичні дослідження методів визначення токсичності продуктів горіння речовин та матеріалів. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2004. № 1(9). С. 38-54.

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

102. Шналь Т. М. *Вогнестійкість та вогнезахист дерев'яних конструкцій*: Навч. посібник. Львів: Видавництво Національного університету "Львівська політехніка", 2006. 220 с.

103. Шабанова Г. М. В’яжучі матеріали. Практикум з дисципліни «ОТТНСМ» / Г. М. Шабанова, А. М. Корогодська, О. В. Христич. – Харків: Підручник НТУ «ХПІ», 2014. – 220 с.

104. Яковлєва Р. А., Попов Ю. В., Корнієнко Р. В., Григоренко О. М. Визначення димоутворюючої здатності будівельних матеріалів. *Проблемы пожарной безопасности: Сб. науч. трудов АГЗ Украины*. Харків: Фолио, 2005. № 19. С. 193-197.

105. Яковлева Р. А., Дмітрієва Н. В. Надання вогнестійкості деревині покриттями на основі епоксиполімерів. *Науковий вісник УкрНДІПБ*. 2005. № 1. С. 63-65.

106. BASF - Wolman, Karta techniczna Wolmanit Antiflamm white Plus. URL: https://www.wolman.biz (дата доступу: 15.02.2019).

107. Chumachenko S. N., Zhartovskyi S. V., Titenko A. N. Methods of creating a mathematical model of an energy component of chemical and physical processes that occur in wood when it is heated prior to the flaming phase. *BiTP*. 2016. Vol. 44, no. 4. P. 131-136. DOI: 10.12845/bitp.44.4.2016.10.

108. Dunn V. Truss Collapse: Final Report. *Firehouse*. September 1986.

109. Facts on the Fire Performance of Wood Trusses. Carbeck Structural Components Institute. Madison, 2003.

110. Fire Resistance Rated Truss Assemblies. Structural Building Components Association Madison, 2017.

111. Harman K. A. *A Study of Metal Truss Plate Connectors When Exposed to Fire*. National Institute of Standards and Technology, USA, 2007.

112. Islam M. N., Ando K., Hattori N., Yamauchi H., Kobayashi Y. Comparative study between full cell and passive impregnation method of wood preservation for laser incised Douglas fir lumber. *Wood Sci. Technol.* 2008. Vol. 42, no. 4. P. 343-350.

113. MFPA Leipzig Expertise Nr. GS 3.2/13-072-072 Gesellschaft für Materialforschung und Prüfungsanstalt für das Bauwesen. Leipzig, 2013.

114. Mittendorf J. W. The Timber Truss: Two Points of View. *Fire Engineering*. May 1991.

115. Sikora W. *Wpływ zabezpieczenia przeciwogniowego lekkich drewnianych dźwigarów kratownicowych na ich pożarową utratę nośności* [Rozprawa doktorska]. Akademia Górniczo Hutnicza im Stanisława Staszica, Kraków, 2020. 153 s.

116. SINTEF Certyfikation nr 20079: 2011. 2011.

117. Węgrzyński W., Krajewski G., Sulik P. Narzędzia numeryczne w kreowaniu bezpieczeństwa pożarowego obiektów. *Przegląd Budowlany*. Listopad 2015.

118. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskyi, R., Bielikova, K., Berdnyk, O.,Gavryliuk, A., Borysova, A., Dotsenko, O., Haiduk, M., Nesterenko, V. (2025). Establishing regularities of fire protection of wood by a composite coating with a biopolymer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.3324433.

ДОДАТКИ

ДОДАТОК А.

СПИСОК ПУБЛІКАЦІЙ ЗДОБУВАЧА ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ ТА ВІДОМОСТІ ПРО АПРОБАЦІЮ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЇ

Статті у науковому журналі, що входить до бази даних Scopus:

1. Tsapko, Y., Tsapko, A., Likhnyovskyi, R., Bielikova, K., Berdnyk, O.,Gavryliuk, A., Borysova, A., Dotsenko, **O., Haiduk,** M., Nesterenko, V. (2025). Establishing regularities of fire protection of wood by a composite coating with a biopolymer. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 3 (10 (135)), 16–25. DOI: 10.15587/1729-4061.2025.332443.

Статті у наукових фахових виданнях України

2. 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. DOI:10.32447/20786662.39.2021.02.

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

4. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О**. Експериментальне дослідження показників вогнезахисної ефективності дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисного засобу. *Пожежна безпека*. 2024. №45. С. 18-28. DOI: 10.32447/20786662.45.2024.03.

5. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Дослідження складу речовин для вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій при заміні вогнезахисних засобів. *Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності*. 2025. №31. С. 147-156. DOI: 10.32447/20784643.31.2025.15

Патенти

ДО «Уранський національний офіс інтелектуальної власності та інновацій». Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корсину модель) № u 2024 05148 від 31.20.2024. Зявник Гайдук Максим Олександровичи, Гаврилюк Андрій Федерович. Назва корисної моделі «Просочувальна вогнебіозахсина Речовина для деревини та целюлозовмісних мтареіалів «Fire Break»».

Список публікацій, які засвідчують апробацію дисертації

6. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Стан сучасної перевірки відповідності вогнезахисту деревини, що експлуатується. Всеукраїнська науково-практичної конференції *«Актуальні питання забезпечення безпекового середовища в Україні»* (Київ, 19 квітня 2024 р.). Київ: ДНДІУ МВС України, 2024. С. 19-22.

7. **Гайдук М. О.** Організація проведення пожежно-технічних експертиз в ДСНС. XIX Міжнародна науково-практична конференція *«Актуальні проблеми пожежної безпеки та запобігання надзвичайним ситуаціям в умовах сьогодення»*. (Львів, 13 грудня 2024 р.). Львів: ЛДУБЖД, 2024. С. 53.

8. **Гайдук М. О.**, Гаврилюк А. Ф., Пулатов В. С. Розвиток судово-експертної діяльності в системі ДСНС України. IV Всеукраїнський форум судових експертів. *«Судово-експертна діяльність: збереження наукового та кадрового потенціалу в умовах воєнного стану»* (м. Львів, 7 червня 2024 р.). Одеса : Видавництво «Юридика», 2024. С. 65–68.

9. Гаврилюк А. Ф., **Гайдук М. О.** Дослідження антагонізму вогнезахисного просочування дерев’яних будівельних конструкцій, як спосіб покращення пожежної безпеки в умовах війни. І Міжнародна науково-практична конференція *«Цивільний захист в умовах війни»*, м. Львів, 17-18 квітня 2025 року. Львів: ЛДУ БЖД, 2025. 121 с.

ДОДАТОК Б.
ПОВІДОМЛЕННЯ ПРО ВСТАНОВЛЕННЯ ДАТИ ПОДАННЯ ЗАЯВКИ НА ВИНАХІД (КОРИСНУ МОДЕЛЬ)

Форма В4

МІНЕКОНОМІКИ

НАЦІОНАЛЬНИЙ ОРГАН ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ

ДЕРЖАВНА ОРГАНІЗАЦІЯ
«УКРАЇНСЬКИЙ НАЦІОНАЛЬНИЙ ОФІС ІНТЕЛЕКТУАЛЬНОЇ ВЛАСНОСТІ ТА ІННОВАЦІЙ»

(УКРНОІВІ)

вул. Дмитра Годзенка, 1, м. Київ, 01601, тел.: +380 44 209-27-06, +380 67 501-05-95
e-mail: office@nipo.gov.ua, http://www.nipo.gov.ua, код згідно з ЄДРПОУ 44673629

2201000002024051480088190304112 4

04.11.2024 № 13613/ЗУ/24

Стосується заявки № u 2024 05148
/ при листуванні просимо посилатися на цей № /

Адреса для листування
Гайдук Максим Олександрович, вул. Січових стрільців, 5, кв. 4, м. Хмельницький, 29027

Повідомлення про встановлення дати подання заявки на винахід (корисну модель)

(21) Реєстраційний номер заявки **u 2024 05148**

(71) Заявник(и)
ГАЙДУК МАКСИМ ОЛЕКСАНДРОВИЧ, ГАВРИЛЮК АНДРІЙ ФЕДОРОВИЧ

(54) Назва корисної моделі
ПРОСОЧУВАЛЬНА ВОГНЕБІОЗАХИСНА РЕЧОВИНА ДЛЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ "FIRE BREAK"

Матеріали заявки відповідають вимогам статті 13 Закону України «Про охорону прав на винаходи і корисні моделі» (далі – Закон) щодо встановлення дати подання заявки на дату одержання Державною організацією «Український національний офіс інтелектуальної власності та інновацій»:

- матеріалів заявки

Дата подання заявки 31.10.2024

Начальник сектору встановлення дати подання заявок Любов ЛУЦЕНКО

Телефон 494-05-98

Провідний експерт Тетяна ІГНАТЬЄВА

Телефон 494-05-98

ДОДАТОК В.

ТЕХНІЧНІ УМОВИ ТУ У 20.5-44207907-001:2021 ПРОСОЧУВАЛЬНА ВОГНЕБІОЗАХИСНА РЕЧОВИНА ДЛЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»)

ЗАТВЕРДЖУЮ

Директор

ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ»

_____ М.С. Заболотний

«24» вересня 2023 року

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»)

ТЕХНІЧНІ УМОВИ

ТУ У 20.5-44207907-001:2021

(Введено вперше)

Дата надання чинності з «24» вересня 2023 р.

Без обмеження терміну чинності

РОЗРОБЛЕНО

Директор

ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ»

_____ М.С. Заболотний

«24» вересня 2023 року

Хмельницький 2023

ЗМІСТ

1. Сфера застосування
2. Нормативні посилання
3. Технічні вимоги
4. Вимоги безпеки та охорони довкілля, утилізування
5. Правила приймання
6. Методи контролювання
7. Транспортування та зберігання
8. Вказівки щодо використання
9. Гарантії виробника
10. Додаток А Бібліографія

1. СФЕРА ЗАСТОСУВАННЯ

Ці технічні умови поширюються на просочувальну вогнебіозахисну речовину для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») (далі – засіб), що є водним розчином суміші антипіренів.

Засіб при нанесені його на деревину з витратою 310,7 г/м^2 або 250 г/м^2 забезпечує відповідно I та II групу вогнезахисної ефективності згідно з ГОСТ 16363 та призначений для просочення виробів із деревини (умов служби I-VIII класу за ГОСТ 20022.2 [112]) з метою їх вогнебіозахисту.

Засіб випускається в рідкому вигляді.

Споживачам засобу є підприємства, організації та установи незалежно від форми власності та/або відомчого підпорядкування і видів діяльності, приватні підприємці, а також фізичні особи.

Приклад позначення засобу під час замовлення та в іншій документації: «Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») ТУ У 20.5-44207907-001:2021.

Технічні умови треба перевіряти регулярно, але не рідше одного разу на п'ять років після надання їм чинності чи останнього перевіряння, якщо не виникає, потреби перевіряти їх раніше у разі прийняття нормативно-правових актів, відповідних національних (міждержавних) стандартів та інших нормативних документів, якими регламентовано інші вимоги, ніж ті, що встановлені і технічних умовах.

Вимоги безпеки до продукції та охорони довкілля, утилізування наведено в розділі 4.

Ці технічні умов придатні для підтвердження оцінки відповідності продукції.

Ці технічні умови є власністю ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» і можуть використовуватись у будь-який спосіб, тиражуватись або передаватися підприємствам, організаціям, установам та приватним особам незалежно від виду діяльності і форми власності виключно з письмового дозволу або на договірних засадах з їх власником.

2. НОРМАТИВНІ ПОСИЛАННЯ

У цих технічних умовах наведено посилання на такі нормативні документи:

1. ДСТУ 2207.1-93 (ГОСТ 22567.5-93) Засоби миючі синтетичні і речовини поверхнево-активні. Методи визначення концентрації водневих іонів.
2. ДСТУ 3105-95 (ГОСТ 26952-97) Порошки вогнегасні. Загальні технічні вимоги і методи випробувань.
3. ДСТУ 3273-95 Безпечність промислових підприємств. Загальні положення та вимоги.
4. ДСТУ 3675-98 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
5. ДСТУ 3734-98 (ГОСТ 30612-99) Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги.
6. ДСТУ 3789:2015 Пожежна безпека. Піноутворювачі загального призначення для гасіння пожеж. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
7. ДСТУ 3692-2000 (ГОСТ 12.4.137.2001) Взуття спеціальне з верхом із шкіри для захисту від нафти, нафтопродуктів, кислот, лугів, нетоксичного та вибухонебезпечного пилу. Технічні вимови.
8. ДСТУ 4297:2004 Пожежна техніка. Вогнегасники переносні. Загальні технічні вимоги.
9. ДСТУ 4479:2005 Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
10. ДСТУ 7237:2011 ССПБ. Електробезпека. Загальні вимоги та номенклатура видів захисту.
11. ДСТУ 7238:2011 ССПБ. Засоби колективного захисту працюючих. Загальні вимоги та класифікація.
12. ДСТУ 7261:2012 Продукти хімічні технічні. Методи визначення густини рідин.
13. ДСТУ 7525:2014 Води питна. Вимоги та методи контролювання якості.
14. ДСТУ 8604:2015 Дизайн і ергономіка. Робоче місце для виконання робіт у положенні сидячи. Загальні ергономічні вимоги.

15. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація (з 01.01.2020 р.).

16. ДСТУ Б А.3.2-12:2019 ССПБ. Системи вентиляції. Загальні вимоги.

17. ДСТУ Б В.1.1-36:2016 Визначення категорій приміщень, будинків та зовнішніх установок за вибухопожежною та пожежною небезпекою.

18. ДСТУ ISO 6309:2007 Протипожежний захист. Знаки безпеки. Форма та колір (ISO 6309:1987, IDT).

19. ДСТУ EN ISO 4589-1:2018 (EN ISO 4589-1:2017, IDT; ISO 4589-1:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 1. Загальні вимоги.

20. ДСТУ EN ISO 4589-2:2018 (EN ISO 4589-2:2017, IDT; ISO 4589-2:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 2. Випробування за температури навколишнього середовища.

21. ДСТУ EN ISO 4589-3:2018 (EN ISO 4589-3:2017, IDT; ISO 4589-3:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 3. Випробування підвищеної температури.

22. ДСТУ EN ISO 7010:2019 (EN ISO 7010:2012; A1:2014; A2:2014; A3:2014; A4:2014; A5:2015; A6:2016; A7:2017, IDT; ISO7010:2011; Amd 1:2012; Amd 2:2012; Amd 3:2012; Amd 4:2013; Amd 5:2014; Amd 6:2014; Amd 7:2016, IDT) Графічні символи. Кольори та знаки безпеки. Зареєстровані знаки безпеки (з 01.07.2020 р.)

23. ДСТУ EN ISO 13385-1:2018 (EN ISO 13385-1:2011; IDT; ISO 13385-1:2011, IDT) Технічні вимоги до геометричних параметрів продукції (GPS). Прилади для лінійних та кутових вимірювань. Частина 1. Штангенциркулі. Проектні та метрологічні характеристики.

24. ДСТУ EN ISO 13388:2016 (EN ISO 13388-1:2013; IDT; ISO 13388:2013, IDT) Одяг захисний. Загальні вимоги.

25. ДСТУ ГОСТ 12.41041:2006 ССПБ. Засоби індивідуального захисту органів дихання фільтрувальні. Загальні технічні вимоги.

26. ГОСТ 8.134-98 ГСИ. Шкала pH водных растворов. (ДСВ. Шкала pH водних розчинів) .

27. ДСТУ 8828:2019 Пожежна безпека. Загальні положення.

28. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення.

29. ГОСТ 12.1.005-88 ССБТ. Общие санитарно-гигиенические требования к воздуху рабочей зоны. (ССБП. Загальні санітарно-гігієнічні вимоги до повітря робочої зони).

30. ГОСТ 12.1.018-93 ССБТ. Пожаровзрывобезопасность статического электричества. Общие требования. (ССБП. Пожежовибухонебезпека статичної електрики. Загальні вимоги.)

31. ГОСТ 15.309-98 СРПП. Испытания и приемка выпускаемой продукции. Основные положения. (СРПВ. Випробовування та приймання продукції, яка випускається. Загальні положення).

32. ГОСТ 13079-81 Силикат натрия растворимый. Технические условия. (Силікат натрію розчинний. Технічні умови).

33. ГОСТ 14192-96 Маркировка грузов. (Маркування вантажів).

34. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. (Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей).

35. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки. (Захист деревини. Способи просочування).

36. ГОСТ 30219-95 Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. (Деревина вогнезахисна. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. Транспортування і зберігання.).

37. Наказ Міністерства охорони здоров'я України №246 від 21.05.2007 «Про затвердження порядку проведення оглядів працівників певних категорій», зареєстрований в Міністерстві юстиції України 23.07.2007 за №846/14133.

38. Наказ Міністерства внутрішніх справ України №25 від 15.01.2018 «Про затвердження правил експлуатації та типових норм належності вогнегасників».

39. ДСанПіН №145 від 17.03.2011 р. Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць.

40. ГН від 03.03.2015 р. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць від 03.03.2015 р.

41. ДСН 3.3.6.037-99 Державні санітарні норми виробничого шуму, ультразвуку та інфразвуку.

42. ДСН 3.3.6.039-99 Державні санітарні норми виробничої загальної та локальної вібрації.

43. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.

44. НПАОП 0.00-1.04-07 Правила вибору та застосування засобів індивідуального захисту органів дихання.

45. НПАОП 0.00-7.17-18 Мінімальні вимоги безпеки і охорони здоров'я при виконання працівниками засобів індивідуального захисту на робочому місці.

46. НПАОП 0.00-4.12-05 Типове положення про порядок проведення навчання і перевірки знань з питань охорони праці.

47. НПАОП 0.00-4.14-98 Положення про розробку інструкцій з охорони праці.

48. НПАОП 40.1-1.32-01 Правила будови електроустановок. Електрообладнання спеціальних установок.

49. НАПБ А.01.001:2014 Правила пожежної безпеки в Україні.

50. ПУЕ Правила улаштування електроустановок (перше переглянути, перероблене, доповнене та адаптоване до умов України видання, станом на 21.08.2017)

51. ДБН В.2.2-28:2010 Будинки і споруди. Будинки адміністративного та побутового призначення.

52. ДБН В.2.5-28:2010 Природне і штучне освітлення.

53. ДБН В.2.5-56:2014 Інженерне обладнання будинків і споруд. Системи протипожежного захисту.

54. ДБН В.2.5-64:2012 Внутрішній водопровід та каналізація.

55. ДБН В.2.5-67:2013 Опалення, вентиляція та кондиціонування.

56. СНиП 2.11.01-85 Складские здания (Складські споруди).

3. ТЕХНІЧНІ ВИМОГИ

3.1 Засіб повинен відповідати вимогам цих технічних умов і виготовлятися згідно з рецептурами і технологічним регламентом, розробленим і затвердженим у встановленому порядку.

3.2 Уся сировина, яка використовується у виробництві засобу, повинна відповідати вимогам чинної нормативної документації, мати висновки санітарно-епідеміологічної експертизи центрального органу державної виконавчої влади у сфері охорони здоров'я, а також супроводжується сертифікатами якості.

3.3 Показники якості засобу повинні відповідати нормам і визначитись за методами, вказаними в таблиці 1, а показники якості деревини, обробленої водним розчином засобу з витратою 310,7 г/м^2, відповідати нормам і визначатися за методами, вказаними в таблиці 1.

ТАБЛИЦЯ 1 – Показники якості засобу, їх нормовані значення та методи контролювання.

Назва показника якості	Нормоване значення	Метод контролювання
1. Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина без розшарування, допустима наявність осаду, товщина якого не перевищує 5% товщини шару рідини. Можливе забарвлення розчину у різні кольори (червоний, зелений, ін.)	Згідно з ДСТУ 4479
2. Густина розчину при 20°С, кг/м^3	не менше 1210	Згідно з ДСТУ 7261
3. Показник концентрації водневих іонів (pH), не менше	0,7	Згідно з ДСТУ 2207.1 (ГОСТ 22567.1)
4. Масова частка фосфатів у перерахунку на P_2O_5, %, не менше	6	Згідно з ДСТУ 4479

ТАБЛИЦЯ 2 – Показники якості деревини, обробленої водним розчином засобу з витратою 310,7 г/м^2 .

Назва показника якості	Нормоване значення	Метод контролювання
1. Корозійна активність, г/(м^{2*}*год), не більше ніж	0,1	Згідно з ГОСТ 30219
2. Вогнезахисна ефективність (втрата маси зразка під час випробування, %)	Не більше 9	Згідно з ГОСТ 16363

3.4 ПАКУВАННЯ І МАРКУВАННЯ

3.4.1 Пакування здійснюється у полімерну тару вітчизняного виробництва згідно з чинною нормативною документацією або у тару зарубіжного виробництва місткістю 0,5; 1; 3; 5; 10; 15; 18; 20; 25; 30; 50; 40; 100; 150; 200; 250; 300; 350 літрів. Тара повинна забезпечувати збереження продукції при транспортуванні та зберігання. Маркування здійснюється безпосередньо на тарі методом споживчої тари паперовою етикеткою, виготовленою друкарським способом.

3.4.2 Маркування повинне виконуватись державною мовою.

3.4.3 Маркування споживчої тари повинне мати:

- ✓ назву продукції;
- ✓ назву країни-виробника;
- ✓ найменування підприємства-виробника, його знак для товарів та послуг (за наявності) та адресу;
- ✓ позначення цих технічних умов;
- ✓ призначення продукції, спосіб використання та заходи безпеки;
- ✓ умови зберігання, транспортування і гарантійний термін зберігання (термін придатності);
- ✓ масу нетто або об'єм, номер партії і дату виготовлення (місяць, рік);
- ✓ засоби автоматичного розпізнавання (за необхідності);
- ✓ безпеки (за необхідності).

3.4.4 Транспортне маркування повинне проводитись згідно з ГОСТ 14192 з нанесенням маніпуляційних знаків «Оберігати від нагрівання», «Герметичне пакування», «Обмеження температури, не нижче 5 ºС» та «ВЕРХ».

4. ВИМОГИ БЕЗПЕКИ ТА ОХОРОНИ ДОВКІЛЛЯ, УТИЛІЗУВАННЯ

4.1 Виконання вимог безпеки і охорони праці, пожежної безпеки і охорони здоров'я, а також охорони довкілля під час виробництва засобів досягається дотриманням положень «Основ законодавства України про охорону здоров'я», Кодексу цивільного захисту України, Законів України «Про охорону праці», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи», «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та

небезпечної продукції», а також НАПБ А.01.001, стандартів систем стандартів безпеки праці та інших нормативних документів.

4.2 Сировина і матеріали, які використовуються у виробництві, а також тара для відвантаження продукції повинні відповідати нормативній документації, яку погоджено в установленому порядку. Використання сировини матеріалів, показники токсичності і пожежовибухонебезпеки яких невідомі, а також сировини і матеріалів без супровідної документації не допускається.

4.3 Виробничі приміщення, у яких виготовляється засіб, повинні бути забезпечені загальнообмінною паприпливно-витяжною вентиляцією згідно з ДСТУ Б А.3.2-12 і ДБН В.2.5-67, опаленням згідно з ДБН В.2.5-67, освітленням згідно з ДБН В.2.5-28, водопроводом і каналізацією згідно із ДБН В 2.5-64, а також питною водою згідно з ДСТУ 7525. Працівники повинні бути забезпечені санітарно-побутовими приміщеннями згідно з ДБН В.2.2-28.

4.4 Параметри мікроклімату виробничих приміщень повинні відповідати вимогам ДСН 3.3.6.042. Санітарно-гігієнічні параметри повітря робочої зони і вміст шкідливих речовин повинні відповідати вимогам і визначатись згідно з ГОСТ 12.1.005 за методиками, затвердженими центральним органом державної виконавчої влади у сфері охорони здоров'я.

4.5 Показники токсичності і пожежної небезпеки засобу визначаються властивостями компонентів, які входять до їх складу, та не перевищують відповідних показників індивідуальних хімічних речовин, які використовуються у виробництві засобів. Методи визначення показників пожежовибухонебезпеки засобів та їх компонентів згідно з ДСТУ 8829:2019, ДСТУ EN ISO 4589-1, ДСТУ EN ISO 4589-2, ДСТУ EN ISO 4589-3.

4.6 Загальні вимоги безпеки під час виробництва та контролювання якості засобу, а також роботи з ним та сировиною, яка використовуються у виробництві, згідно з ГОСТ 12.1.007 [23]. Вміст шкідливих речовин у повітрі робочої зони не повинен перевищувати гранично допустимих концентрацій (ГДК), наведених у таблиці 3.

ТАБЛИЦЯ 3 – ГДК основних сировинних компонентів, які застосовуються під час виробництва

Назва	**ГДК у повітрі робочої зони. мг/м^3**	**Клас небезпеки**
Карбамід	10,0	3
Ангідрид фосфорний	1,0	2

4.7 Рівень шуму на робочих місцях не повинні перевищувати граничних значень, встановлених ДСН 3.3.6.037, рівень вібрації – значень, регламентованих ДСН 3.3.6.039.

4.8 Електрообладнання, яке застосовується у виробництві, повинне відповідати вимогам ПУЕ, ДСТУ 7237 і НПАОП 40.1-1.32.

4.9 Безпека виробничих процесів забезпечується дотриманням вимог технологічної документації, затвердженої, в установленому порядку, а також положень ДСТУ 3273 та інших нормативних документів.

4.10 Робочі місця повинні відповідати ДСТУ 8604.

4.11 Особи, зайняті у виробництві, повинні бути забезпечені засобами індивідуального захисту відповідно до вимог НПАОП 0.00-1.04-07, НПАОП 0.00-7.17-18. Засоби індивідуального захисту, які використовуються, повинні відповідати вимогам ДСТУ 7238 (захисні костюми), ДСТУ 3962 (шкіряні черевики), ДСТУ EN ISO 13688 (окуляри захисні), ДСТУ ГОСТ 12.4.041 (респіратори) та інших нормативних документів, які погоджено в установленому порядку. Усі засоби індивідуального захисту повинні відповідати вимогам, нормативних документів, погодженим у встановленому порядку, і супроводжуватись інструкціями з експлуатації та документами, які засвідчують їх якість. Вибір засобів індивідуального захисту визначається характером робіт, виконуваних конкретною особою.

4.12 Організація інструктажів з безпеки охорони праці, а також порядок перевірки знань з цих питань повинні відповідати вимогам НПАОП 0.00-4.12-05. До самостійної роботи допускаються особи, які досягли 18 років, пройшли медичний

огляд та інструктаж з безпеки праці, навчання і стажування на робочому місці, а також склали іспит на допуск до самостійної роботи.

4.13 Розроблення інструкції з охорони праці та ліквідації наслідків аварійних ситуацій і аварій повинне проводитись уповноваженою особою або служби охорони праці підприємства згідно з вимогами НПАОП 0.00-4.15-98.

4.14 Особи, які працюють зі шкідливими речовинами і виробничими чинниками, проходити щорічний медичний огляд у порядку, встановленому наказом МОЗ України від 21.05.2007 №246.

4.15 Загальні вказівки щодо дотримання протипожежного режиму та оснащення виробничих і складських приміщень з певними засобами пожежогасіння відповідно до Кодексу цивільного захисту України, НАПБ А.01.001, наказу МВС України від 15.01.2018 №25 та ГОСТ 12.1.004.

4.16 Порядок сумісного зберігання речовин і матеріалів повинен відповідати вимогам, викладеним у додатку 3 до НАПБ А.01.001. Загальні вимоги до складських приміщень згідно із СНиП 2.11.01.

4.17 У виробничих і складських приміщеннях за нормального перебігу технологічних процесів не допускається паління, застосування відкритого вогню і проведення зварювальних робіт, користування електронагрівальними та електричними опалювальними приладами, а також інструментом, який утворює іскри під час ударів. Підвищення рівня пожежовибухонебезпеки виробничих і складських приміщень досягається більш ефективною герметизацію технологічного обладнання і посудин для зберігання сировини та готової продукції, обладнанням приміщень датчиками вибухонебезпечних концентрацій горючих речовин, недопущенням накопичення електростатичних зарядів, оснащенням приміщень аварійної вентиляції, яка забезпечує швидке видалення повітря, забрудненого вибухонебезпечними речовинами, а також негайним усуненням аварійних розливів.

4.18 Оснащення виробничих і складських приміщень системами пожежної сигналізації і стаціонарними системами повинне виконуватися згідно вимог ДБН В.2.5-56.

4.19 Виробничі і складські приміщення за показниками пожежовибухонебезпеки належать до категорії В і Д згідно з ДСТУ Б В.1.1-36, пожежонебезпечні зони належать до класу П-ІІ згідно з НПАОП 40.1-1.32-01. Перед входом у виробничі та складські приміщення повинні бути вивішені попереджувальні знаки безпеки згідно з ДСТУ EN ISO 6309.

4.20 Особи, які виконують роботи в пожежонебезпечних зонах, повинні проходити спеціальне навчання за програмою пожежно-технічного мінімуму.

4.21 Для гасіння пожеж на початкових стадіях як первинні засоби пожежогасіння потрібно використовувати пожежну кошму, пожежні покривала або пісок, а також водопінні, водоаерозольні, порошкові або газові вогнегасники, які відповідають вимогам ДСТУ 3657 або ДСТУ 3734. Експлуатація вогнегасники повинні здійснюватися із дотриманням вимог НАПБ А.01.001, а їх технічне обслуговування вимог ДСТУ 4297.

4.22 Гасіння пожеж із застосуванням переносної протипожежної техніки потрібно здійснювати шляхом подавання компактних або розпилених струменів води, за необхідності повітряно-механічної піни низької, середньої або високої кратності, Генерованої з робочих розчинів піноутворювачів загального або спеціального призначення, які відповідають вимогам ДСТУ 3789, а також порошків, які відповідають вимогам ДСТУ 3105.

4.23 Захист від статичної електрики повинен здійснюватися згідно з вимогами ГОСТ 12.1.018.

4.24 Охорона довкілля під час виробництва, а також транспортування і зберігання вихідних речовин і матеріалів та готових засобів забезпечується дотриманням вимог Закону України «Про охорону навколишнього природного середовища та інших нормативних документів.

4.25 Під час виробництва засобу вторинні небезпечні сполуки не утворюються. Приймання виробничих і побутових стічних систем каналізації повинне здійснюватися згідно з чинними нормативними документами.

4.26 Тару, звільнену від вихідних речовин і матеріалів, потрібно повертати їх виробникам або постачальника або використовувати для власних потреб з дотримання встановлених вимог охорони праці, здоров'я довкілля.

4.27 Контроль дотримання гранично допустимих викидів шкідливих речовин в атмосферу до ГН «Гранично допустимі норми вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» від 03.03.2015.

4.28 Охорону ґрунту від забруднення побутовими і промисловими відходами потрібно здійснювати згідно з «Державними санітарними нормами та правилами утримання територій населених місць», затвердженим наказом МОЗ України №145 від 17.03.2011.

4.29 Під час поводження з горючим відходами обов’язкове дотримання вимог НАПБ А.01.001.

4.30 Накопичування, транспортування, а також утилізування і знешкодження відходів, які не можуть бути використані у виробництві, потрібно виконувати згідно вимог Законів України «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про відходи».

5. ПРАВИЛА ПРИЙМАННЯ

5.1 Засіб приймають партіями відповідно до ГОСТ 15.039. Партією вважається кількість засобу, виготовленого в одному технологічному циклі, однорідного за показниками якості, що супроводжується одним документом, який засвідчує його якість.

5.2 Відбирання проб для випробувань.

5.2.1 Проби для випробувань відбирають не менше ніж з шести пакованих одиниць споживчої тари у разі, якщо об'єм партії менший за 1000 шт., і не менше ніж з п'яти пакованих одиниць споживчої тари на кожну тисячу цих одиниць, якщо об'єм партії більший за 1000 шт. Перед відбиранням необхідно забезпечити ретельне перемішування вмісту пакованої одиниці споживчої тари шляхом струшування, збовтування або перекачування, а також чистоту її горловини.

5.2.2 Об'єднану пробу, яку піддають випробуванням, готують шляхом змішування однакових об'ємів проб, відібраних з усіх одиниць споживчої тари, та

заливають у чисту і суху скляну посудину. Об'єм об’єднаної проби повинен бути не меншим за 1 $дм^3$, а об'єм посудини для її зберігання має бути таким, щоб ступінь заповнення не перевищував 95 %.

5.2.3 Посудину з об'єднаною пробою споряджають етикеткою із зазначенням:

- назви засобу;
- назви підприємства-виробника;
- номера партії та маси засобу;
- дати виготовлення засобу;
- кількості проб у вибірці;
- дати та місяця відбирання проби;
- прізвища особи яка відбирала пробу;
- позначення цих технічних умов.

5.3 Приймання сировини здійснюють під час вхідного контролю згідно вимогам встановлених на підприємстві-виробнику порядку.

5.4 Засоби підлягають приймально-здавальним, періодичним, типовим і сертифікаційним випробуванням. Результати випробувань оформлюють відповідно до ГОСТ 15.309.

5.5 Приймально-здавальним випробуванням піддають кожну партію засобів. Під час їх проведення контролюють зовнішній вигляд, густину, масову частку фосфатів у перерахунку на P_2O_5 і показник концентрації (pH) з метою визначення їх відповідності вимогам, викладеним у таблиці 1. Під час їх проведення визначають також відповідність пакування та маркування вимогам 3.4 цих технічних умов, а також відповідність маси нетто одиниці пакувальної тари даним, зазначеним в маркуванні.

5.6 Періодичність випробування засобу проводять один раз на рік. Під час їх проведення контролюють вогнезахисну ефективність, індекс поширювання полум'я, корозійну активність з метою визначення їх вимогам, викладеним у таблиці 2.

5.7 Типові випробування проводять з метою визначення можливості і доцільності внесення запропонованих змін у рецептуру або технологію виробництва засобу. Під час їх проведення визначають відповідність усіх показників якості

засобу, виготовленого за зміненою рецептурою або технологією, вимогам, встановленим цими технічними умовами.

5.8 Оцінку відповідності продукції проводять акредитовані і уповноважені органи сертифікації продукції.

6. МЕТОДИ КОНТРОЛЮВАННЯ

6.1 Контролювання зовнішнього вигляду.

6.1.1 Засоби контролю і допоміжні пристрої:

- циліндр 2-50 згідно з чинними нормативними документами;

- термометр з діапазоном вимірювання від 0 °С до 50 °С і ціною поділки не ближче ніж 1 °С і похибкою вимірювання температури не більше ± 1 °С згідно з чинними нормативними документами.

6.1.2 Підготовка до проведення контролювання.

Пробу забору кількості 50 $см^3$ заливають в циліндр, закорковують і витримують у ньому за температури (20 ± 2) °С протягом 2 годин, за необхідності використовуючи термостат будь-якого типу.

6.1.3 Проведення контролювання.

Візуально на розсіяному світлі оцінюють зовнішній вигляд проби засобу, яка знаходиться у циліндрі. Рівень освітленості і положення циліндра під час спостереження за пробою засоби повинні забезпечувати можливість правильного оцінювання його зовнішнього вигляду. У разі наявності осаду визначають товщину його шару.

6.1.4 Оброблення результатів контролювання.

Засіб вважається таким, який витримав контролювання зовнішнього вигляду якщо підтверджено його відповідність встановленим вимогам таблиці1.

6.2 Контролювання водневого показника водного розчину (pH).

6.2.1 Контролювання водневого показника (pH) засобу проводять за допомогою pH-метра заздалегідь повіреного та відкаліброваного за зразковими буферними розчинами, які виготовлено згідно ГОСТ 8.134.

6.3 Контролювання густини водного розчину захисного засобу.

6.3.1 Контролювання густиною водного розчину захисного засобу проводять згідно з ДСТУ 7261.

6.4 Контролювання корозійної активності вогнезахищеної деревини до металів.

6.4.1 Засоби контролю і допоміжні пристрої:

– ексикатори з внутрішнім діаметром не менше ніж 150 мм, які герметично закриваються, згідно з чинними нормативними документами;

– пластини металеві пластинки повні зі сталі вуглецевої марки Ст3 довжиною (75 ± 1) мм, шириною (35 ± 1) мм, товщиною (1 ± 0,2) мм, з порядковими номерами;

– два соснових зразки довжиною (150 ± 1) мм, шириною (60 ± 1) мм товщиною (30 ± 1) мм, які просочують захисним засобом за вибраною технологією і висушують за кімнатної температури до постійної маси;

– колба мірна місткістю 100 $см^3$ згідно з чинним нормативними документами;

– колба мірна місткістю 500 $см^3$ згідно з чинним нормативними документами;

– ваги лабораторні (точність зважування – 0,05 г), з межею зважування не менше ніж 200 г;

– ваги аналітичні (точність зважування – 0,0001 г);

– термометр згідно з чинними нормативними документами, ціна поділки не більше ніж 1 °С, діапазон вимірювань від 0 °С до 100 °С;

– барометр будь-якого типу, що відповідає нормативній документації, яку погоджено в установленому порядку, ціна поділки не більше ніж 1 мм рт.ст. (133,32 Па), діапазон вимірювання атмосферного тиску від 600 мм рт.ст. (80кПа) до 800 мм рт.ст. (106,6 кПа);

– психосометр будь-якого типу, відповідає нормативній документації, яку погоджено в установленому порядку, похибка вимірювання не більше ± 4 %, діапазон вимірювання відносної вологості повітря від 10 % до 100 %;

– штангенциркуль згідно з ДСТУ EN ISO 13385-1 з ціною поділки 0,05 мм та діапазоном вимірювання від 0 мм до 250 мм;

– шкурка шліфувальна паперова водостійка № 0 згідно з чинним нормативними документами;

– папір фільтрувальний лабораторний згідно з чинними нормативними документами;

– тартрат натрію або амонію, що відповідає нормативні документації, яку погоджено в установленому порядку;

– гідроксид натрію згідно з чинними нормативними документами;

– ортофосфат натрію згідно з чинними нормативними документами;

– карбонат натрію згідно з чинними нормативними документами;

– метасилікат натрію згідно з ГОСТ 13097;

– кислота сірчана згідно з чинними нормативними документами;

– вода питна згідно з чинними нормативними документами;

– вода дистильована згідно ще ним нормативними документами;

– ацетон згідно з чинними нормативними документами.

6.4.2 Умови проведення контролювання.

Контролювання проводять за температури повітря і дистильованої води в ексикаторі від 18 °С до 22 °С, атмосферного тиску 84 кПа до 106 кПа і відносної вологості повітря в лабораторії від 40 % до 80 %.

6.4.3 Підготовка до проведення контролювання

Готують ексикатори та 4 металеві пластини з розрахунку по 2 пластини на кожний сосновий зразок. В ексикатори заливають приблизно по 200 $см^3$ дистильованої води.

Металеві пластини очищують від окалини та іржі, шліфують шкуркою, знижують за необхідності травлять у 10 % водному розчині сірчаної кислоти, промивають проточною питною водою, гарячою (70…80 °С) дистильованою водою, ацетоном, після чого охолоджують у герметично закритому ексикаторі над концентрованою сірчаною кислотою. Нумерують пластини, зважують, записують їх

номери та значення мас. Одну сторону пластини покривають захисним шаром літолу чи іншого засобу, який захищає поверхні від контактів з вологим повітрям.

Для знежирення пластини витримують протягом (600 ± 30) ºС за температури від 60 °С до 80 °С у розчині такого складу, % (мас):

- гідроксид натрію – 0,5…1,0;
- ортофосфат натрію – 0,5…1,0;
- карбонат натрію – 1,5…2,0;
- метасилікат натрію – 0,3…0,5;
- вода питна – решта.

На просоченні вогнебіозахисним засобом і висушені соснові зразки щільно з допомогою гумових резинок прикріпляють підготовлені металеві пластини (по одній на бокову поверхню довжиною 150 мм х 60 мм) чистою поверхнею (не захищеною літолом) до деревини.

6.4.4 Проведення контролювання

Соснові зразки з прикріпленими металевими пластинами поміщають на решітку ексикатора над дистильованою водою (відносна вологість повітря від 80 % до 100 %), щільно закривають кришкою і витримують за кімнатної температури протягом 30 діб.

Після витримки протягом 30 діб визначають втрату маси пластин. Для цього виймають соснові зразки з ексикаторів, від'єднують від них металеві пластини, механічно видаляють з поверхні літол, промивають органічним розчинником від літолу (бензин, гептан), промивають ацетоном, промивають водою і проводять травлення, повністю занурюючи пластини в 10 % розчин тартрату натрію або амонію до повного видалення продуктів корозії з їх поверхні. Пластини знову промивають водою, ацетоном, за необхідності витирають насухо фільтрувальним папером і зважують. Визначають величини втрати маси пластин як різницю результатів їх зважування перед експозицією в досліджуваному розчині та після неї.

Площу поверхні контакту пластин з сосновим зразком визначають шляхом вимірювання лінійних розмірів бічних поверхонь частин пластин, які були у контакті з сосновим зразком, за допомогою штангенциркуля.

6.4.5 Оброблення результатів контролювання

Корозійну дію вогнезахищеної деревини на метал оцінюють за величиною швидкості корозії пластин (b), яку обчислюють за формулою:

$$b = \frac{m_1 - m_2}{s \times 720}, \quad (1)$$

де: m_1 – маса сталевої пластини до випробувань, г;

m_2 – маса сталевої пластини після випробувань, г;

s – площа поверхні сталевої пластини, м$^{2;}$

720 – тривалість випробувань, год.

Засіб вважають таким, який відповідає вимогам цих технічних умов за показником корозійної активності, якщо величина швидкості корозії пластин розрахована за формулою (1), не перевищує значення, вказаного в таблиці 2.

6.5 Контролювання масової частки фосфатів у перерахунку на P_2O_5 у водному розчині захисного засобу.

6.5.1 Контролювання масової частки фосфатів у перерахунку на P_2O_5 у водному розчині захисного засобу проводять згідно п. 9.8 ДСТУ 4479.

6.6 Контролювання вогнезахисної ефективності (втрати маси зразка під час випробування) вогнебіозахисного засобу.

6.6.1 Контролювання вогнезахисної ефективності (втрати маси зразка під час випробування) вогнебіозахисного засобу проводять згідно з ГОСТ 16363.

6.7 Контролювання індексу поширювання полум'я по поверхні деревини, яка просочена захисним засобом для деревини.

6.7.1 Контролювання індексу поширювання полум'я по поверхні деревини, яка просочена захисним засобом для деревини проводять згідно з ГОСТ 12.1.044, ДСТУ 8829, ДСТУ EN ISO 4589-1, ДСТУ EN ISO 4589-2, ДСТУ EN ISO 4589-3.

6.8 Контролювання токсичності продуктів горіння вогнезахищеної деревини

6.8.1 Контролювання токсичності продуктів горіння вогнезахищеної деревини проводять згідно з ГОСТ 12.1.044, ДСТУ 8829, ДСТУ EN ISO 4589-1, ДСТУ EN ISO 4589-2, ДСТУ EN ISO 4589-3.

7. ТРАНСПОРТУВАНН ТА ЗБЕРІГАННЯ

7.1 Транспортування засобу здійснюють автомобільним, залізничним, водним або повітряним транспортом із дотриманням правил перевезення вантажів, які діють на відповідному виді транспорту. Пакування засобів під час транспортування повинне відповідати вимогам 3.4 цих технічних умов.

7.2 Засоби зберігають у закритих складських приміщеннях у споживчій тарі за температури від 5 °С до 40 °С. Порядок сумісного зберігання з іншими речовинами і матеріалами згідно з додатком 3 до НАПБ А.01.001.

7.3 Заморожування-розморожування засобів не погіршує їх якості. У разі заморожування, засіб необхідно розморозити, помістивши посудину з ним в опалювальне приміщення, і ретельно перемішати.

8. ВКАЗІВКИ ЩОДО ВИКОРИСТАННЯ

8.1 Засоби являють собою вироби, готові до використання.

8.2 У разі наявності осаду у тарі з засобом, засіб з осадом виливають у металеву емальовану посудину, нагрівають до температури від 40 °С до 70 °С і переміщують до розчинення.

8.3 Засіб необхідно наносити безпосередньо на дерев'яні вироби, вологість яких не перевищує 14 %. Засіб наносять валиком, щіткою, пульверизатором або іншими способами просочення згідно ГОСТ 20022.6.

9. ГАРАНТІЇ ВИРОБНИКА

9.1 Виробник гарантує відповідність якості засобу вимогам цих технічних умов у разі дотримання встановлених ними умов транспортування і зберігання.

9.2 Гарантійний термін зберігання засобів 18 місяців з дня виготовлення.

9.3 Після закінчення гарантійного терміну зберігання засоби підлягають перевірці на відповідність вимогам, вказаним у таблиці 1. У разі встановлення відповідності засобу діючим вимогам хоча б за одним показником якості, його потрібно утилізувати відповідно до вимог Законів України «Про відходи», «Про охорону навколишнього природного середовища», «Про вилучення з обігу, переробку, утилізацію, знищення або подальше використання неякісної та небезпечної продукції» або повертати виробнику.

ДОДАТОК А

(Довідковий)

БІБЛІОГРАФІЯ

1. ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Классификация (Захист деревини. Класифікація)

2. ГОСТ 12.1.007-76 ССБТ. Вредные вещества. Классификация и общие требования безопасности (ССБП. Шкідливі речовини. Класифікація та загальні вимоги безпеки).

АРКУШ РЕЄСТРАЦІЇ ЗМІН							
Номер зміни	Номери сторінок				Усього сторінок після внесення змін	Підпис особи, яка внесла зміну	Прізвище особи, що внесла зміни, дата

КАТАЛОЖНА КАРТА ПРОДУКЦІЇ

Код ДП за ЄДРПОУ	01		Код за ДК 004	12	71.100.50	
Обліковий номер ТУ	03		Зміна №			Код продукції за ДК 016	016.59.59-67.00

Позначення ТУ	14	ТУ У 20.5-44207907-001:2021
Назва ТУ	15	ПРОСОЧУВАЛЬНА ВОГНЕБІОЗАХИСНА РЕЧОВИНА ДЛЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ «FIRE BREAK».

Код підприємства-власника ТУ за ЄДРПОУ	16	44207907
Назва підприємства-власника ТУ	17	ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ»

Адреса підприємства-власника ТУ	18				
Юридична					
Місцезнаходження	29000, м. Хмельницький, вул. Купріна, 16				
Телефон	19		Факс	20	
Адреса електронної пошти	21				
Термін чинності ТУ	22	З 15.07.2021	По БЕЗ ОБМЕЖЕННЯ		

		Прізвище	Підпис	Дата	Телефо
Заповнив	04				
Перевірив	05				
Увів до каталогу	06				

ДОДАТОК Г.
РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ ПРОСОЧУВАЛЬНОЇ ВОГНЕБІОЗАХИСНОЇ РЕЧОВИНИ ДЛЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЦЕЛЮЛОЗОВМІСНИХ МАТЕРІАЛІВ «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»), ЩО ВИРОБЛЯЄТЬСЯ ЗГІДНО З ТУ У 20.5-44207907-001:2021

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор
ТОВ «ФАЄР БРЕЙКФЕТІ»
_____ М.С. Заболотний
«__» вересня 2023 року

РЕГЛАМЕНТ РОБІТ З ВОГНЕЗАХИСТУ*

просочувальної вогнебіозахисної речовини
для деревини та целюлозовмісних матеріалів
«FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»),
що виробляється згідно з ТУ У 20.5-44207907-001:2021

РОЗРОБЛЕНО
Директор
ТОВ «ФАЄР БРЕЙКФЕТІ»
_____ М.С. Заболотний
«__» вересня 2023 року

*Згідно з постановою КМУ №166-р від 10.03.2017 року не потребує погодження Департаментом запобігання надзвичайним ситуація ДСНС України.

Хмельницький-2023

ЗМІСТ

Нормативні посилання ……..….3

1. Назва, призначення та сфера застосування ……...5
2. Технічні та фізико-хімічні характеристики вогнезахисного засобу……5
3. Розрахунок витрат вогнезахисного засобу……7
4. Порядок застосування вогнезахисного засобу……..…7
5. Контроль якості виконання робіт з вогнезахисного обробляння деревини……..…....9
6. Порядок утримання вогнезахисного просочення ……..10
7. Заміна вогнезахисного засобу……...11
8. Зберігання та транспортування вогнезахисного засобу……..…11
9. Охорона праці та техніка безпеки……12
10. Охорона навколишнього середовища……13
11. Бібліографія ……...14

Нормативні посилання

1. НАПБ А.01.001:2014 Правила пожежної безпеки в Україні.
2. ДБН В 1.1-7:2016 Пожежна безпека об'єктів будівництва. Загальні вимоги.
3. ДСТУ 2207.1-93 (ГОСТ 22567.5-93) Засоби миючі синтетичні і речовини поверхнево-активні. Методи визначення концентрації водневих іонів.
4. ДСТУ 4479:2005 Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробувань.
5. ДСТУ 7261:2012 Продукти хімічні технічні. Методи визначення густини рідин.
6. ДСТУ 8829:2019 Пожежовибухонебезпечність речовин і матеріалів. Номенклатура показників і методи їхнього визначення. Класифікація (з 01.01.2020 р.).
7. ГОСТ 16363-98 Средства огнезащитные для древесины. Методы определения огнезащитных свойств. (Засоби вогнезахисні для деревини. Методи визначення вогнезахисних властивостей).
8. ГОСТ 20022.6-93 Защита древесины. Способы пропитки. (Захист деревини. Способи просочування).
9. ГОСТ 30219-95 Древесина огнезащищенная. Общие технические требования. Методы испытаний. Транспортирование и хранение. (Деревина вогнезахисна. Загальні технічні вимоги. Методи випробувань. Транспортування і зберігання.)
10. ДСН 3.3.6.042-99 Санітарні норми мікроклімату виробничих приміщень.
11. ДСТУ EN ISO 4589-1:2018 (EN ISO 4589-1:2017, IDT; ISO 4589-1:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 1. Загальні вимоги.
12. ДСТУ EN ISO 4589-2:2018 (EN ISO 4589-2:2017, IDT; ISO 4589-2:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 2. Випробування за температури навколишнього середовища.

13. ДСТУ EN ISO 4589-3:2018 (EN ISO 4589-3:2017, IDT; ISO 4589-3:2017, IDT) Пластмаси. Визначення характеристик горіння за кисневим індексом. Частина 3. Випробування підвищеної температури.

14. ДСТУ EN ISO 13388:2016 (EN ISO 13388-1:2013; IDT; ISO 13388:2013, IDT) Одяг захисний. Загальні вимоги.

15. ДСанПіН №145 від 17.03.2011 р. Державні санітарні норми та правила утримання територій населених місць.

16. ГН від 03.03.2015 р. Гранично допустимі концентрації хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць від 03.03.2021 р.

17. ТУ У 20.5-44207907-001:2021 Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»). ТЕХНІЧНІ УМОВИ.

1. Назва, призначення та галузь застосування вогнебіозахисного засобу

Регламент робіт з вогнезахисту (далі – Регламент) встановлює вимоги щодо поводження з просочувальною вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») (далі – Вогнебіозахисна речовина).

Вогнебіозахисна речовина для вогнебіозахисної обробки деревин виробляються ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» (м. Хмельницький) у відповідності до ТУ У 20.5-44207907-001:2021, пройшла необхідні сертифікаційні випробування (Протокол сертифікаційних випробувань №5/с-ЕВ-23 від 15.08.2023 року ТОВ «Науково-випробувальний центр «Євростандарт») та сертифікована в Україні – Сертифікат відповідності № UA.P.000591-23 від 28 серпня 2023 року до 27 серпня 2025 року, виданий органом з сертифікації ТОВ «ТЕСТМЕТРСТАНДАРТ» (м. Житомир).

Вогнебіозахисна речовина призначена для обробляння дерев'яних виробів та внутрішніх будівельних конструкцій (умови служби I-VIII класу за ГОСТ 20022.2) з метою зниження їх горючості та займистості для забезпечення вимог ДБН В.1.1.-7-2016 "Пожежна безпека об'єктів будівництва", НАПБ В.03.003-2009 "Норми пожежної безпеки для пасажирських вагонів" та для підвищення їх біостійкості.

Вогнебіозахисна речовина має широку галузь застосування і може використовуватись на об'єктах промисловості, сільського господарства, комунальної та приватної власності, у вагонобудуванні, на об'єктах оборонного призначення тощо.

2. Технічні та фізико-хімічні характеристики вогнезахисної речовини.

Вогнебіозахисна речовина – однорідна в'язка рідина від безбарвного до коричневого (або іншого, за необхідності) кольору, з ледь відчутним запахом, являє собою водний розчин кислоти, амонійних солей, аміду різних кислот та поверхнево-активних речовин.

Фізико-хімічні властивості робочого розчину наведені у таблиці 1.

Таблиця 1.

Назва показника якості	Нормоване значення	Метод контролювання
Зовнішній вигляд	Прозора однорідна рідина без розшарування, допустима наявність осаду, товщина якого не перевищує 5% товщина шару рідини. Можливе забарвлення розчину у різні кольори (коричневий, червоний, зелений, ін.)	Згідно ДСТУ 4479
Густина розчину при 20°С, кг/м^3	не менше 1210	Згідно ДСТУ 7261
Показник концентрації водневих іонів (pH)	не менше 0,7	Згідно ДСТУ 2207.1 (ГОСТ 22567.5)
Масова частка фосфатів у перерахунку на P_2O_5, %	не менше 6	Згідно ДСТУ 4479

Показники якості деревини, просоченої вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») з середнім значення поглинання його робочого розчину не менш як 310,7 г/м^2 (в перерахунку на суху речовину 205 г/м^2) визначені в сертифікаті відповідності № UA.P.000591-23 та відповідають наведеним у таблиці 2. При отриманні нового сертифікату відповідності для розрахунку застосовують відповідні дані нового сертифікату.

Таблиця 2.

Назва показника якості	Значення
Вогнезахисна ефективність при поверхневому просоченні (втрата маси зразка під час випробування, %)	не більше 9
Група вогнезахисної ефективності	**I група**
Строк збереження вогнебіозахисної ефективності	**Не менше 3 років** (за умов дотримання умов нанесення та подальшого утримання)
Значення витрати робочого розчину для забезпечення I групи вогнезахисної ефективності	**310,7 г/м^2**
Робоча температура нанесення розчину на деревину	**Від -15^{0}С до 45 ^{0}С**

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») наноситься при температурі навколишнього середовища від – 15°С до 45°С і відносній вологості не більше 85%.

3. Розрахунок витрат вогнезахисного засобу.

Згідно ТУ У 20.5-44207907-001:2021 просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») забезпечує І групу вогнезахисної ефективності за умови обробляння деревини способом «поверхневого просочення» з середнім значенням поглинання робочого розчину не менше ніж 310,7 г/м^2.

Для визначення загальної витрати вогнезахисного засобу необхідно враховувати технологічні втрати, які залежать від складності конструкції виробу з деревини та способом його нанесення. При застосуванні малярських пензлів втрати складають – 3-5%, при безповітряному нанесені – 5-10%, при використанні пневморозпилювачів – 10-20%. Якщо роботи виконуються із застосуванням пульверизаторів на відкритому просторі, то з'являються додаткові витрати, пов'язані з діями вітру або протягу.

4. Порядок застосування вогнезахисного засобу.

Деревина що підлягає вогнезахисні обробці повинна відповідати вимогам п. 3.1 ГОСТ 30219.

Поверхня дерев'яних конструкцій перед вогнезахисним оброблянням повинна бути очищення від забруднень, пилу, жирних плям та старої фарби. Деревна повинна бути сухою, без пошкоджень гниллю вологість деревини не повинна перевищувати 30% відповідно до ГОСТ 20022.6. Вимірювання вологості деревини здійснюють за допомогою вологоміра згідно з ГОСТ 20022.14 [2].

Для видалення бруду та пилу доцільно використовувати дрантя, щітки, пензлі. В наявності стійких забруднень їх видалення проводять водним

розчином миючого засобу після чого поверхні промивають водою. Просочення деревини просочувальною вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») дозволяється проводити тільки після очищення і висихання деревини.

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») постачається вже в готовому вигляді.

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») наноситься на деревину пензлем, валиком або розпилювачем. При механізованому способі засіб наноситься за 1-2 рази при ручному 2-3 рази (до досягнення необхідного поглинання його робочого розчину) з 2-4 годинною просушкою деревини в інтервал між нанесенням. Засіб необхідно наносити рівномірно, без пропусків та напливів, детально обробляючи місця з'єднань окремих деталей. Можливо оброблення деревини шляхом її занурення та витримки в готовому розчині просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК»). Час витримки в робочому розчині визначається якістю поверхні деревини, її поглинаючою здатністю, температурою робочого розчину антипірену та ін. Витримку деревини в робочому розчині необхідно проводити до досягнення необхідного поглинання розчину (згідно п. 3 даного регламенту). Для струганої деревини орієнтовний час обробки даним способом в залежності від температури робочого розчину складає:

- температура робочого розчину +20°С – близько 50 хв. (I група вогнезахисної ефективності);

- температура робочого розчину +45°С – близько 25-35 хв. (I група вогнезахисної ефективності).

Обробляти деревну можна іншими способами просочення згідно ГОСТ 20022.6 при умові досягнення необхідного поглинання деревиною засобу.

Оброблену деревину просушують на повітрі або в сушарках при температурі не більше 50°С. Під час сушіння деревини не допускається попадання на неї води та атмосферних опадів.

Час повного висихання поверхні деревини складає не менше 48 годин при температурі 16-20°С та відносної вологості повітря 60%. При підвищеній вологості, низькій температурі та слабкої вентиляції час сушіння обробленої деревини необхідно збільшити.

5. Контроль якості виконання робіт свого залізного оброблення деревини.

Визначення якості виконання робіт вогнезахисту здійснюється шляхом:

а) зовнішнім виглядом;

б) визначення поглинання робочого розчину (або сухих речовин);

в) експрес-методом.

Контроль якості виконаних робіт починають з візуального огляду обробленої поверхні виробів з деревини, коли вони досягли повітряно-сухого стану (зберігання постійної маси в часі) оцінюючи при цьому рівномірність нанесення й інтенсивність її фарбування.

Контроль якості поглинання робочого розчину просочування вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») проводиться шляхом перевірки відповідності фактичного поглинання до розрахункового (проектного). Розбіжність не повинна перевищувати 10%.

Оцінка якості вогнезахисної обробки деревини може бути здійснена експрес-методом відповідно до ГОСТ 30219.

Для цього зі зразків вогнезахисної деревини, яка висушена до повітряно-сухого стану, зрізують стружку (пробу) товщиною до 1 мм. Кількість зразків для випробувань повинна бути не менше 10. Проби повинні зрізатися, як правило, з різних міст поверхонь об’єкту вогнезахисту.

Кожну пробу розміщують в полум'я сірника і витримують протягом 15 секунд. Після цього сірник відсторонюють визначають час самостійного горіння і тління.

За наявності неузгоджених результатів можуть проводитись випробування згідно з ГОСТ 16363.

6. Порядок утримання вогнезахисного просочення.

Спеціальний додаткових умов, заходів щодо утримання у відповідному технічному стані вогнезахисного просочення упродовж всього строку його придатності не вимагається. Під час експлуатації вогнезахищеної деревини не допускається вплив на неї атмосферних опадів, води, підвищеної вологості, що сприяє вимиванню вогнезахисного засобу. Перевірка відповідності стану умов експлуатації даного об'єкту визначеним вимогам здійснюється щорічно. Для цього відбирають 10 проб стружок товщиною до 1 мм і проводять випробування з експрес-методом згідно з ГОСТ 30219 (п. 5 Регламенту). Умови експлуатації вогнезахисної деревини відповідають вимогам, якщо не менше 90% проб, після видалення сірника не будуть підтримувати самостійно горіння і тління. При позитивному результаті можна зробити висновок, що даний об'єкт експлуатується за належних умов. При негативному результаті необхідно визначити причини порушення (недотримання) умов експлуатації.

Найбільш характерною причини недотримання умов експлуатації підвищена вологість повітря на об'єкті (понад 85%) та попадання води на вогнезахищену поверхню деревини.

Під час контролю стану вогнезахисного просочення необхідно проводити періодичний огляд оброблених поверхонь та здійснювати повторне обробляння при виявленні сколів, тріщин та інших пошкоджень прострочення.

Відновлення пошкодженого просочення проводять шляхом повторного нанесення просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів ««FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») пензлем, валиком або розпилювачем.

7. Заміна залізного просочена або повторний вогнезахисна обробляння.

Повторне просочення деревини просочувальною вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») проводиться через 3 роки або у наступних випадках:

1) при негативному висновку згідно з експрес-методом;

2) при порушенні належних умов експлуатації об'єкта (п.6 Регламенту).

Оброблення деревини здійснюється способом «поверхневого просочення» пензлем, валиком або розпилювачем.

8. Зберігання та транспортування вони захисного засобу.

Транспортувати просочувальну вогнебіозахисну речовину для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») можливо будь-яким видом транспорту відповідно до правил перевезення вантажу, що діють для даного виду транспорту, в умовах, які забезпечують температурний режим від +5 °С до +55 °С та виключають можливість пошкодження тари.

Зберігати просочувальну вогнебіозахисну речовину для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») слід у закритій заводський тарі в сухому прохолодному місці в опалювальних приміщеннях за температури не менше 5°С. Транспортувати вогнезахисний засіб можливо всіма видами транспорту за умови не пошкодження тари. Гарантійний термін зберігання просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») – не більше 24 місяців з моменту виготовлення.

9. Охорона праці та техніки безпеки.

Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») є пожежо - і вибухонебезпечною.

Речовини, які входять до складу вогнезахисного засобу, за токсичністю належать до речовин 3-го 4-го класу небезпеки відповідно в умовах

інгаляційного впливу, потрапляння до шлунково-кишкового тракту, а також на шкіру та слизові оболонки. У разі потрапляння до шлунково-кишкового тракту компоненти вогнезахисного засобу виявляють загально токсичний вплив на організм людини, у разі дихання – переважно і фіброгенний вплив, у решті випадків – переважно подразнюючий вплив.

Загальні вимоги безпеки при використанні просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») повинні відповідати НАПБ А.01.001. Умови праці при виробництві і використані засобу повинні відповідати ДСН 3.3.6.042.

До роботи з просочувальною вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») допускаються особи, що пройшли попередній медогляд, навчання безпечним методам роботи, правилам поводження з засобами індивідуального захисту і інструктаж з безпеки праці.

Особи, що працюють з вогнезахисним засобом повинні забезпечуватись засобами індивідуального захисту: респіраторами, захисними окулярами, рукавицями за ДСТУ ISO 13688, спецодягом та спецвзуттям згідно «Типових галузевих норм видачі безкоштовного одягу, взуття та інших засобів індивідуального захисту працівників на виробництві».

При попаданні засобу на шкіру змити його великою кількістю води, потім промити милом і водою.

При попаданні засобу в очі негайно промити їх проточною водою протягом 10-15 хвилин.

Курити та приймати їжу на місці проведення робіт забороняється. Після проведення робіт (а так само перед їжею і курінням) необхідно ретельно вимити руки та обличчя з милом і прополоскати рот.

10. Охорона навколишнього природного середовища.

При роботі з просочувальною вогнебіозахисною речовиною для деревини та целюлозовмісних матеріалів ««FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») необхідно

керуватися вимогами нормативних документів про забруднення стічних вод і повітря. Вміст шкідливих речовин у випадках вентиляційних установок в атмосферне повітря не повинна перевищувати норм ГДК, які встановлені для підприємств вимогами ГН «Гранично допустимі норми вмісту хімічних і біологічних речовин в атмосферному повітрі населених місць» від 03.03.2015р., «Державними санітарними нормами за правилами утримання територій населених місць», затверджено наказом МОЗ України №145 від 17.03.2011р.

При дотриманні положень цього Регламенту застосування просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» («ФАЄР БРЕЙК») є безвідходним: стічні води та рідкі відходи – відсутні. Залишки засобу можливо використовувати в подальшій роботі.

ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» М.С. Заболотний

Бібілографія

1. ГОСТ 20022.2-80 Защита древесины. Классификация.
2. ГОСТ 20022.14.-84 Защита древесины. Методы определения предпропиточной влажности.

ДОДАТОК Ґ.
ПРОТОКОЛИ №5/С-ЕВ-23 ВИПРОБУВАНЬ З ВИЗНАЧЕННЯ ВОГНЕЗАХИСНОЇ ЕФЕКТИВНОСТІ

№ 201069
(ДСТУ ISO/IEC 17025)

«Затверджую»
Директор
ТзОВ «Науково-випробувального
центру «ЄВРОСТАНДАРТ»
_____ О.Є. Ільницький
15» серпня 2023 року

ПРОТОКОЛ № 5/С-ЕВ-23

випробувань з визначення вогнезахисної ефективності
згідно ГОСТ 16363-98
Просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» виробництва ТзОВ «Фаєр Сейфеті»
Показник: I (перша) група ефективності вогнезахисту деревини

☐ ПРИМІРНИК **1** ВЛ
☐ ПРИМІРНИК **2** ЗАМОВНИКА
☑ ПРИМІРНИК **3** ОС

2023

Замовник: ТзОВ «Фаєр Сейфеті», 29000, м. Хмельницький, вул. Купріна, 16; код ЄДРПОУ 44207907

Випробувальний центр:

ТзОВ «НАУКОВО-ВИПРОБУВАЛЬНИЙ ЦЕНТР «ЄВРОСТАНДАРТ»

Юридична та фактична адреса: Львівська обл., с. Черляни, вул. Польова, 99А;
e-mail: nvz-es@ukr.net, http://lab-eurostandart.com.

Ліцензія Державного департаменту пожежної безпеки МНС України № 518682 від 04.03.2010 р.,

Атестат акредитації **№ 201069** виданий Національним агентством з акредитації України від 19.12.2019, дійсне до 18.12.2024 р.

Випробування здійснювалось згідно:

1. Рішення № 349 від 15.05.2023р.ОС ТОВ «ТЕСТМЕТРСТАНДАРТ»
2. Акт відбору зразків №349 від 1.06.2023 р ОС ТОВ «ТЕСТМЕТРСТАНДАРТ».

Об'єкт випробувань: Просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK»

Методика випробувань:

Випробування проводились на зразках деревини, оброблених просочувальною вогнебіозахисною речовиною , на відповідність вимогам ДСТУ 4479:2005 «Речовини вогнезахисні водорозчинні для деревини. Загальні технічні вимоги та методи випробування». за такими методами та показниками:

- ГОСТ 16363-98 «*Средства защитные для древесины. Методи определения огнезащитних свойств*». Суть методу оцінювання вогнезахисної ефективності просочувального засобу полягає у впливі протягом 2 хвилин полум'я пальника з заданими параметрами (початкова температура летких продуктів згоряння на виході з керамічної труби становить 200 °С + 5 °С) на зразок вогнезахищеної деревини, який розташовано в керамічній трубі установки «ОТМ», та визначенні втрати маси зразка деревини після вогневих випробувань. Випробуванням піддають 10 зразків деревини.

Згідно з ГОСТ 16363-98 вогнезахищену деревину поділяють за ефективністю вогнезахисту на такі групи (табл. 1):

Таблиця 1

Втрата маси (ГОСТ 16363-98), %	група ефективності вогнезахисту деревини
Не більше 9	1
Не більше 25	2

Якщо втрата маси зразків після випробувань становить більше 25 %, засіб не забезпечує вогнезахист деревини.

Втрату маси зразка, який піддають вогневим випробуванням, розраховують за формулою:

$$\Delta m = (m_1 - m_2) \times 100 / m_1, \quad (1)$$

де:

Δm - втрата маси зразка, %;

m_1 - маса зразка до випробувань, г;

m_2 - маса зразка після випробувань, г.

Витрату вогнезахисного засобу в розрахунку на суху речовину визначають за формулою:

$$R = (m_1 - m_0)/F, \quad (2)$$

де:

R - витрата вогнезахисного засобу (вогнезахисне покриття) в розрахунку на суху речовину, г/м^2;

F - площа поверхні зразка, м^2;

m_1- маса зразка до проведення випробувань, г;

m_0 - маса зразка до нанесення покриття, г.

Зразки для випробувань: Підготовка зразків для випробувань проведена замовником, в приміщені лаболаторії. Обробляння зразків проводилось згідно з ГОСТ 20022.6-93 «Защита древесины. Способы пропитки» способом «поверхневого просочення» шляхом нанесення просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» для поверхневої вогнебіозахисної обробки деревини пензлем в 2 шари та просушуванням тривалістю 8-м годин перед наступним нанесенням.

Умови проведення випробування:

- дата: 8.08.2023 р;
- температура повітря: 20° С;
- відносна вологість повітря: 64 % ;
- атмосферний тиск: 101,8 кПа;

Засоби випробувань: Для випробування використовувалась установка згідно ГОСТ 16363-98 «ОТМ», та засоби вимірювальної техніки, які наведено в таблиці 2.

Засоби вимірювальної техніки

Таблиця 2

№ п/п	Найменування обладнання або приладу	Заводський номер	Діапазон вимірювання	Похибка вимірю-вань
1	2	3	4	5
1	Потенціометр РТ 0102 8-К	04.200	Від 0 до 1200 °С	U= ±2.2 °С
2	Перетворювач термоелектричний ТХА-0188МНС	б/н	від 0-600 °С	U= ±0.2 °С
3	Ваги WPT 03/06 С4	107867	Від 0 до 600 г	U = ±0.0452г
4	Секундомір CASIO HS-3	J912Q02	від 0 до 60 с. від 60 до 3600 с.	U= ±0,007с. U= ±0.010с.
5	Вологомір МГ4-Б	5519	від 1 до 16%	U= ±0.8%
6	Барометр-анероїд метеорологічний БАММ-1	353	Від 80 до 106 кПа	U =±0.18 кПа
7	Гігрометр психрометричний ВИТ-1	Г 3018	температури від 0 до 25° С,	U= ±0.16 °С
8	Штангенциркуль типу ШЦ І	00913574	від 0 до 125 мм	U= ±0.069мм.

Результати випробувань зразків:

Результати випробувань згідно ГОСТ 16363-98.

Таблиця 3.

№ зразка для випробування	Маса зразка, г			Поглинання вогнезахисного засобу, г/м^2	Поглинання вогнезахисного засобу в розрахунку на суху речовину (R_1), г/м^2	Втрата маси зразка г.	Втрата маси зразка (Р) після випробувань. %
	До просочення (m_0)	Перед випробуванням (m_1)	Після випробування (m_2)				
1	130,3	133,1	123,4	293,1	91,5	9,7	7,3
2	131,4	134,4	124,2	311,0	98,0	10,2	7,6
3	132,1	135,2	124,0	315,4	101,3	11,2	8,3
4	132,1	135,1	125,1	304,2	98,0	10,0	7,4
5	132,2	135,4	124,8	321,4	104,6	10,6	7,8
6	128,4	131,4	120,7	308,7	98,0	10,7	8,1
7	129,5	133,1	122,6	341,2	117,6	10,5	7,9
8	130,6	133,3	122,4	291,7	88,2	10,9	8,2
9	128,9	132,1	121,7	307,4	104,6	10,4	7,9
10	131,5	134,6	122,9	312,7	101,3	11,7	8,7
Середнє значення				310,7	100,3	10,6	7,9

Висновок:

За результатами випробувань згідно з ГОСТ 16363-98 середнє значення втрати маси зразків вогнезахищеної деревини, округлене до цілого числа, становить 8 %. Середнє значення поглинання зразками

просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» виробництва ТзОВ «Фаєр Сейфеті, становило 310,7 г/м^2 (в перерахунку на суху речовину 100,3 г/м^2). Згідно з п. 6.1.3 ГОСТ 16363-98, Просочувальної вогнебіозахисної речовини для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK» виробництва ТзОВ «Фаєр Сейфеті» забезпечує I (першу) групу вогнезахисної ефективності.

Примітка:

1. Протокол №5/С-ЕВ-23 стосується лише зразків, що були піддані випробуванням.
2. Протокол є цілісним документом і може бути передрукований тільки в повному обсязі на підставі письмової згоди ТзОВ «Науково-випробувальний центр «Євростандарт».
3. Копії протоколів чинні тільки після їх завірення в ТзОВ «Науково-випробувальний центр «Євростандарт».

Інженер-випробувач М.М. Карпяк.

ДОДАТОК Д.

СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ № UA.P.000591-23 ВІД 28.08.2023 РОКУ ДО 27.08.2025 РОКУ «ПРОСОЧУВАЛЬНА ВОГНЕБІОЗАХСИНА РЕЧОВИНА ДЛЯ ДЕРЕВИНИ ТА ЦЕЛЮЛОЗНИХ МТАРЕІАЛІВ «FIRE BREAK»

ОРГАН З СЕРТИФІКАЦІЇ ТОВ «ТЕСТМЕТРСТАНДАРТ»
Україна, 10003, м. Житомир, майдан Перемоги, будинок 10

СЕРТИФІКАТ ВІДПОВІДНОСТІ

Зареєстровано в Реєстрі ОС за № UA.P.000591-23

Термін дії з 28 серпня 2023 р. до 27 серпня 2025 р.

Продукція: Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK»
20.59.59-67.00 код ДКПП
3824 90 70 00 код УКТЗЕД

Відповідає вимогам: ТУ У 20.5-44207907-001:2021 "Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK». ТУ" п. 3.3 (табл. 2, поз. 2)

Виробник продукції: ТзОВ «Фаєр Сейфеті», 29000, м. Хмельницький, вул. Купріна, 16; код ЄДРПОУ 44207907

Сертифікат видано: ТзОВ «Фаєр Сейфеті», 29000, м. Хмельницький, вул. Купріна, 16; код ЄДРПОУ 44207907

Додаткова інформація: Просочувальна вогнебіозахисна речовина для деревини та целюлозовмісних матеріалів «FIRE BREAK», що забезпечує I (першу) групу вогнезахисної ефективності за умови нанесення на зразки деревини чи целюлозовмісних матеріалів з середнім значенням витрати робочого розчину 310,7 г/м^2, що виготовляється серійно з 28.08.2023 до 27.08.2025. Схема сертифікації – 4. Нагляд за сертифікованою продукцією здійснюється один раз на рік

Сертифікат видано органом з сертифікації: ТОВ «Тестметрстандарт», 10003, м. Житомир, майдан Перемоги, будинок 10

На підставі: Протоколу сертифікаційних випробувань продукції № 5/С-ЕВ-23 від 15.08.2023 (ТОВ "Науково-випробувальний центр "Євростандарт", Львівська обл., с. Черляни, вул. Польова, 99А; атестат про акредитацію зареєстрований в Реєстрі НААУ за № 201069); акту обстеження виробництва ОС ТОВ «Тестметрстандарт» від 30.06.2023

Заступник керівника органу з сертифікації — підпис — Леонід ЛАБУНЕЦЬ (ім'я, прізвище)

Товариство з обмеженою відповідальністю «ТЕСТМЕТРСТАНДАРТ» ідентифікаційний код 37712014 Україна м.Житомир

М.П.

Чинність сертифіката можна перевірити за тел.: (0412) 43-30-20; +38(067)-464-75-86

Серія ТМС № 009010

ДОДАТОК Е.
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВІД УПРАВЛІННЯ ЗАПОБІГАННЯ НАДЗВИЧАЙНИМ СИТУАЦІЯМ ГУ ДСНС УКРАЇНИ У ХМЕЛЬНИЦЬКІЙ ОБЛАСТІ.

ЗАТВЕРДЖУЮ
Начальник управління запобігання
надзвичайним ситуаціям ГУ ДСНС
України у Хмельницькій області
полковник служби цивільного захисту
Сергій ЯЦУХ

«06» 06 2025 року

АКТ
впровадження результатів дисертаційного дослідження
Гайдука Максима Олександровича
«Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів»

Комісія у складі:

голови комісії – заступника начальника управління – начальника відділу пожежної безпеки та державного ринкового нагляду управління запобігання надзвичайним ситуаціям (далі – УЗНС) Головного управління ДСНС України у Хмельницькій області (далі - ГУ ДСНС України у Хмельницькій області) підполковник служби цивільного захисту Вадима Коломійця;

членів комісії: начальника відділу техногенної безпеки УЗНС ГУ ДСНС України у Хмельницькій області підполковника служби цивільного захисту Євгена Кукури, заступника начальника відділу пожежної безпеки та державного ринкового нагляду УЗНС ГУ ДСНС України у Хмельницькій області майора служби цивільного захисту Дмитра Клімова.

Комісія склала цей Акт та стверджує, що результати дисертаційної роботи ГАЙДУКА Максима на тему: «Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів» використовуються у практичній діяльності особовим складом УЗНС ГУ ДСНС України у Хмельницькій при здійснені функцій державного нагляду та контролю за дотриманням законодавства у сфері пожежної та техногенної безпеки.

Заступник начальника управління – начальник
відділу пожежної безпеки та державного
ринкового нагляду УЗНС ГУ ДСНС
України у Хмельницькій області
підполковник служби цивільного захисту Вадим КОЛОМІЄЦЬ

Начальника відділу техногенної безпеки
УЗНС ГУ ДСНС України у Хмельницькій області
підполковник служби цивільного захисту Євген КУКУРА

Заступник начальника відділу пожежної
безпеки та державного ринкового нагляду
УЗНС ГУ ДСНС України у Хмельницькій області
майор служби цивільного захисту Дмитро КЛІМОВ

ДОДАТОК Є.
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВІД ТОВ «БЕСТ ТЕХНОЛОДЖІ КОМПАНІ»

ЗАТВЕРДЖУЮ
В.о. директора ТОВ «Бест Технолоджі Компані»
_____ О. М. Колесник
«__0__» _____2025 року

АКТ
впровадження результатів дисертаційного дослідження
Гайдука Максима Олександровича
«Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів»

Комісія у складі:

голови комісії – бухгалтера ТОВ «Бест Технолоджі Компані» Л. В. Колесникової;
членів комісії: монтажника ТОВ «Бест Технолоджі Компані» М. С. Заболотного склала цей Акт та стверджує, що результати дисертаційної роботи М.О. Гайдука на тему: «Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів» використовуються у ТОВ «Бест Технолоджі Компані» при здійсненні проектування та виконання вогнезахисного обробляння дерев'яних будівельних конструкцій.

Бухгалтера ТОВ «Бест Технолоджі Компані» Л. В. Колесникова

Монтажник ТОВ «Бест Технолоджі Компані» М. С. Заболотного

ДОДАТОК Ж.
АКТ ВПРОВАДЖЕННЯ РЕЗУЛЬТАТІВ ДИСЕРТАЦІЙНОЇ РОБОТИ ВІД ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ»

ЗАТВЕРДЖУЮ
Директор ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ»
А.В. Чорний
«_____» _____ 2025 року

АКТ
впровадження результатів дисертаційного дослідження
Гайдука Максима Олександровича
«Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів»

Комісія у складі:

голови комісії – засновниці ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» М.О. Савчук;
членів комісії: засновника ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» А.А. Бойка склала цей Акт та стверджує, що результати дисертаційної роботи М.О. Гайдука на тему: «Підвищення ефективності вогнезахисту дерев'яних будівельних конструкцій просочувальними вогнебіозахисними речовинами при заміні вогнезахисних засобів» використовуються у ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» при виготовлені вогнебіозахисних речовин для вогнезахисного обробляння дерев'яних будівельних конструкцій.

Засновниця ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» М.О. Савчук

Засновник ТОВ «ФАЄР СЕЙФЕТІ» А.А. Бойко