

УДК 624.012

## ОПТИМИЗАЦІЯ РІШЕНЬ ПРИ ВИБОРУ КОМПОНЕНТІВ ВОГНЕЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙ

БЄЛІКОВ А. С.<sup>1</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>2\*</sup>, *к.т.н., доц.*,  
КОРЖ Є. М.<sup>3\*</sup>, *аспірант*,  
БУЛГАКОВА Д. О.<sup>4\*</sup>, *студ.*

<sup>1</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCID ID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: pankorzh@i.ua ORCID ID: 0000-0002-2421-3137

<sup>4\*</sup> Кафедра безпеки життєдіяльності, Державний вищий навчальний заклад «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури», вул. Чернишевського, 24-а, м. Дніпро, Україна, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0002-9575-3413

**Ціль.** Розробка вогнезахисного складу і дослідження його технологічних властивостей: визначення коефіцієнту спучування та групи вогнезахисної ефективності запропонованого покриття. **Методи.** При виконанні досліджень проводився аналітичний огляд основних груп вогнезахисних засобів, які підвищують межу вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій, дана оцінка їх технічних характеристик, а також відповідно до ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги» визначено вогнезахисні властивості розробленого вогнезахисного покриття. **Результати.** На основі оптимізації рішень авторами була розроблена композиція вогнезахисного покриття, що спучується, яке утворює на поверхні, яка «захищається» тонкий непрозорий шар, що перешкоджає запаленню і поширенню полум'я по дерев'яній конструкції. Підбір складу вогнезахисної композиції проводився за схемою «сполучник – добавка, що спучується - наповнювач». За основу покриття взято рідке скло, через те що воно має такі позитивні характеристики як доступність, пов'язано з проявом рідким склом в'язучих властивостей - здатності до мимовільного твердіння з утворенням штучного силікатного каменю. Додавання в рідке скло таких компонентів як перліт, графіт і епоксидної смоли, беручи до уваги їх позитивні характеристики щодо дії високих температур, дозволили отримати новий вогнезахисний склад. Проведені вогневі випробування методом «керамічна труба» показали добру адгезію вогнезахисного покриття, високий коефіцієнт спучення покриття до 270% а також хорошу вогнезахисну здатність захисного покриття. **Наукова новизна.** З урахуванням теоретичних передумов проведено вибір вихідних компонентів для нового вогнезахисного складу. **Практична значимість.** Розроблено новий негорючий склад, що спучується, який дозволяє перевести горючі матеріали в групу важкогорючих і підвищити вогнестійкість будівельних конструкцій. На розроблену вогнезахисну композицію одержано патент України на корисну модель.

**Ключові слова:** вогнезахисні склади, що спучуються; вогнезахист деревини; пожежа; вогнестійкість дерев'яних конструкцій

## ОПТИМИЗАЦИЯ РЕШЕНИЙ ПРИ ВЫБОРЕ КОМПОНЕНТОВ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ

БЕЛИКОВ А. С.<sup>1\*</sup>, *д.т.н., проф.*,  
ШАЛОМОВ В. А.<sup>2\*</sup>, *к. т. н., доц.*,  
КОРЖ Е. Н.<sup>3\*</sup>, *аспирант*,  
БУЛГАКОВА Д. А.<sup>4\*</sup>; *студ.*

<sup>1\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-73, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua, ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: shalomov1709@gmail.com, ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: pankorzh@i.ua ORCID ID: 0000-0002-2421-3137

<sup>4\*</sup> Кафедра безопасности жизнедеятельности, Государственное высшее учебное заведение «Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры», ул. Чернышевского, 24а, г. Днепр, Украина, 49005, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: bgd@mail.pgasa.dp.ua., ORCID ID: 0000-0002-9575-3413

**Цель.** Разработка огнезащитного состава и исследования его технологических свойств: определение коэффициента вспучивания и группы огнезащитной эффективности предложенного покрытия. **Методы.** При выполнении исследований проводился аналитический обзор основных групп огнезащитных средств, которые повышают предел огнестойкости деревянных строительных конструкций, дана оценка их технических характеристик, а также в соответствии с ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Защита от пожара. Строительные конструкции. Методы испытаний на огнестойкость. Общие требования» определены огнезащитные свойства разработанного огнезащитного покрытия. **Результаты.** На основе оптимизации решений авторами была разработана композиция огнезащитного вспучивающегося покрытия, образующего на защищаемой поверхности, тонкий непрозрачный слой, препятствующий воспламенению и распространению пламени по деревянной конструкции. Подбор состава огнезащитной композиции проводился по схеме «вязжущее – вспучивающаяся добавка – наполнитель». За основу покрытия взято жидкое стекло, потому что оно имеет такие положительные характеристики как доступность, связано с проявлением жидким стеклом вяжущих свойств - способности к самопроизвольному твердению с образованием искусственного силикатного камня. Добавление в жидкое стекло таких компонентов как перлит, графит и эпоксидной смолы, учитывая их положительные характеристики по воздействию высоких температур, позволили получить новый огнезащитный состав. Проведенные огневые испытания методом «керамическая труба» показали хорошую адгезию огнезащитного покрытия, высокий коэффициент вспучивания покрытия до 270%, а также хорошую огнезащитную способность защитного покрытия. **Научная новизна.** С учетом теоретических предпосылок проведен выбор исходных компонентов для нового огнезащитного состава. **Практическая значимость.** Разработан новый вспучивающийся негорючий состав, позволяющий перевести горючие материалы в группу трудногорючих и повысить огнестойкость строительных конструкций. На разработанную огнезащитную композицию получен патент Украины на полезную модель.

**Ключевые слова:** вспучивающиеся огнезащитные составы; огнезащита древесины; пожар; огнестойкость деревянных конструкций

## OPTIMIZATION OF DECISIONS IN THE SELECTION OF COMPONENTS OF FIRE-PROTECTIVE COMPOSITIONS

BELIKOV A. S. <sup>1\*</sup>, *Dr. Sc(Tech), Prof.*,  
SHALOMOV V. A. <sup>2\*</sup>, *Cand. Sc.(Tech), Assoc. Prof.*,  
KORZH E. N. <sup>3\*</sup>, *Graduate Student*,  
BULGAKOVA D. A. <sup>4</sup>, *Stud.*

<sup>1\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-73, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0001-5822-9682

<sup>2</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: [shalomov1709@gmail.com](mailto:shalomov1709@gmail.com), ORCIDID: 0000-0002-6890-932X

<sup>3\*</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49600, Ukraine, phone +38 (056) 7563-4-73, тел. +38 (056) 756-34-57, e-mail: [pankorzh@i.ua](mailto:pankorzh@i.ua) ORCID ID: 0000-0002-2421-3137

<sup>4</sup> Department of Life Safety, State Higher Education Establishment «Pridneprovsk State Academy of Civil Engineering and Architecture», 24-A, Chernishevskogo st., Dnipro, 49005, Ukraine, phone +38 (056) 756-34-57, e-mail: [bgd@mail.pgasa.dp.ua](mailto:bgd@mail.pgasa.dp.ua), ORCID ID: 0000-0002-9575-3413

**Purpose.** Development of fire protection composition and investigation of its technological properties: determination of the flood rate and fire protection efficiency group of the proposed coating. **Methodology.** In the course of the research, an analytical review of the main groups of fire retardants, which increase the fire resistance of wooden building structures, gives an assessment of their technical characteristics, as well as in accordance with DSTU B V.1.1-4-98 "Fire protection. Building constructions. Test methods for fire resistance. General requirements" defines the fire-protective properties of the developed fire protection coating. **Findings.** Based on optimization of the solutions, the authors developed a composition of flame retardant coating, which forms on a surface, which "protects" a thin non-transparent layer that prevents the inflammation and spread of the flame on a wooden structure. The selection of composition of fire protection composition was carried out according to the scheme "compound - the additive that is flowing - the filler". The basis of the coating is liquid glass, because it has such positive characteristics as accessibility, due to the manifestation of liquid glass adhesive properties - the ability to spontaneous hardening with the formation of artificial silica. Adding to the liquid glass such components as perlite, graphite and epoxy resin, taking into account their positive characteristics regarding the effect of high temperatures, allowed obtaining a new flame retardant composition. The conducted fire tests using the "ceramic pipe" method showed good adhesion of the fire protection coating, a high coefficient of covering up to 270%, as well as a good fire protective ability of the protective coating. **Originality.** Taking into account the theoretical preconditions, the choice of output components for a new fire protection composition has been carried out. **Practical value.** A new non-flammable spillway structure is

developed, which allows the transfer of combustible materials into a group of heavier and increase fire resistance of building structures. On the developed fireproof composition, the Ukrainian patent for utility model was obtained.

**Keywords:** flame retardants that bubbled; flameproof; fire; fire resistance of wooden structures

### Постановка проблеми

На превеликий жаль кожного року в Україні фіксуються тисячі пожеж в будівлях різноманітного призначення. Упродовж 8 місяців 2017 року в Україні в середньому виникало щодня 261 пожежа, унаслідок яких гинуло 5 і отримували травми 4 людини, вогнем знищувалося або пошкоджувалося 73 будівлі та 12 одиниць техніки. Щоденні економічні втрати від пожеж становлять суму 21 млн 669 тис. грн [4].

Найжахливіша пожежа 2017 року відбулася в Одесі в ніч на 16 вересня – загорівся один із корпусів дитячого табору "Вікторія". Вогонь повністю знищив один з дерев'яних корпусів. У момент загоряння там перебувало 42 дитини. Більшість дітей евакуювали, однак трьох із них врятувати не вдалося. Одною з головних причин вважають не правильне нанесення та погана якість вогнезахисних композицій.

В зв'язку з цим цілком актуальним є прагнення уникнути цього лиха завдяки проведенню спеціальних заходів, вартість яких складає до 15 % повної вартості споруд та до 35 % вартості конструкцій, що підлягають вогнезахисту. Більш за все забезпечується пожежна безпека несучих, горищних, огорожувальних конструкцій з деревини.

Найголовніша задача, що виконує вогнезахист – це зниження ймовірності загоряння горючих матеріалів від різних джерел вогню, що обмежені за часом дії та потужності (малокалорійні джерела), а саме: палаючого сірника, короткого замикання, запаленого дрантя. В зв'язку з цим завдання забезпечення захисту деревини від запалення від малокалорійних джерел вогню завжди буде актуальною.

### Аналіз останніх досліджень та публікацій

На сьогодні все більше застосування знаходять комбіновані вогнебіозахисні склади [3, 7]. Найчастіше це просочення, які містять цілий перелік складових: антипірени, біоциди, антисептики, фарбувальні пігменти, плівкоутворювальні добавки для захисту від атмосферного впливу. Універсальний склад в будь-якому випадку буде програвати засобу спеціального призначення. У зв'язку з тим, що термін експлуатації будівель і споруд обчислюється десятиліттями, зростають вимоги до збереження вогнезахисної ефективності застосовуваних покриттів. Основний показник – вогнезахисна ефективність може бути втрачена з часом без видимих змін покриття.

В якості інноваційних інгредієнтів, що забезпечують поліпшення експлуатаційних характеристик вогнезахисних покриттів (і органорозчинних, і водорозчинних), застосовуються

порожністі скляні мікрокульки (склосфери) і вуглецеві нанотрубки [2]. Порожні склосфери відносять до дорогих наповнювачів, проте їх застосування економічно виправдано, оскільки вміст у полімері порожніх склосфер в кількості 5-20% за рахунок їх низької щільності істотно знижує вартість одиниці об'єму матеріалу.

Аналіз вогнезахисних засобів, їх використання в будівництві для підвищення вогнестійкості конструкцій з деревини показав, що багато хто з них має цілу низку недоліків, таких як дорожнеча і дефіцитність окремих компонентів, токсичність багатьох застосовуваних речовин [5, 6], особливо при збільшенні температури повітря. Ці та інші чинники сприяють подальшому пошуку і розробці нових вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій з деревини, що забезпечують необхідні параметри вогнезахисту, з урахуванням вимог споживчого ринку України.

### Мета роботи

Кафедрою безпеки життєдіяльності ДВНЗ «Придніпровської державної академії будівництва та архітектури» (ПДАБА) ведуться роботи по підвищенню вогнестійкості будівельних конструкцій. На сьогоднішній день розроблено ряд ефективних вогнезахисних складів, які застосовуються в даний час на народно-господарських об'єктах з метою зниження їх пожежної небезпеки.

### Виклад основного матеріалу досліджень

Згідно проведених раніше досліджень [4-5] «чисте» рідке скло (без наповнювачів) має значну величину спучування  $K = 15$ . В процесі спучування в рідкому склі протікають процеси переходу від початкової щільної структури покриття в пористу дисперсну комбіновану систему зі зміною фізичних і теплофізичних властивостей. При цьому виявлено, основний процес спучування покриття протікає в результаті випаровування вільної та кристалізаційної води. Дослідження показали, що початок спучування покриття відзначено при температурі 100-125<sup>0</sup>С, а при досягненні температури 170-210<sup>0</sup>С відбувається перехід рідкої фази в в'язко-піропластичний стан з інтенсифікацією спучування. Особливо інтенсивне спучування покриття відзначається в інтервалі температур 210-370<sup>0</sup>С (випаровування кристалізаційної води). Область деструкції спученого рідкоскляного покриття становить 580-600<sup>0</sup>С з переходом в рідко-пластичний стан і стікання з поверхні. Згідно досліджень [5] в рідке скло для збільшення межі температурного застосування вводяться різні наповнювачі, які дозволяють за рахунок армування каркаса знизити температурний вплив на покриття.

Авторами був розроблений склад вогнезахисного засобу, який спучується. Винахід відноситься до галузі будівельних матеріалів і може бути використаний при виготовленні вогнезахисного покриття для підвищення вогнестійкості будівельних конструкцій.

Дослідження і обробка даних покриття, що спучується, проводилися в науково-дослідній лабораторії кафедри безпеки життєдіяльності ДВНЗ «ПДАБА» відповідно до ГОСТ 12.1.04-89 (ISO 4589-84) – методом експериментального визначення групи важкогорючих і горючих твердих речовин і матеріалів.

*Визначення групи горючості методом «Керамічна труба»*

Лабораторні випробування проводили відповідно до ГОСТ 16363-76, які також мають назву «Метод керамічної труби» [1], що використовують одночасно для встановлення якості антипірену і рівня захищеності матеріалу (рис. 1).

Випробування проводили на дерев'яних зразках прямокутної форми з поперечним перетином 30х60 мм і завдовжки 150 мм. Відхилення в розмірах не перевищували  $\pm 1$  мм. Зразки деревини перед нанесенням захисного засобу повинні були мати вологість  $(8\pm 2)\%$ . Для чого їх кондиціонували в ексикаторі з насиченим розчином азотнокислого 6-ти водного цинку при температурі  $(23\pm 5)^\circ\text{C}$ . На підготовлені (кондиціоновані) зразки деревини з усіх боків наносили покриття досліджуванним захисним засобом згідно з нормативними документами, що є на нього, які затверджені у встановленому порядку. Після нанесення покриття зразки висушувалися. Витрата захисного засобу, умови і час сушки відповідали нормативному документу на досліджуваний засіб вогнезахисту. Випробування проводили не менше чим на трьох зразках, виготовлених з прямошарової повітряно-сухої деревини (сосни) щільністю від 400 до 550  $\text{кг}\cdot\text{м}^3$ .

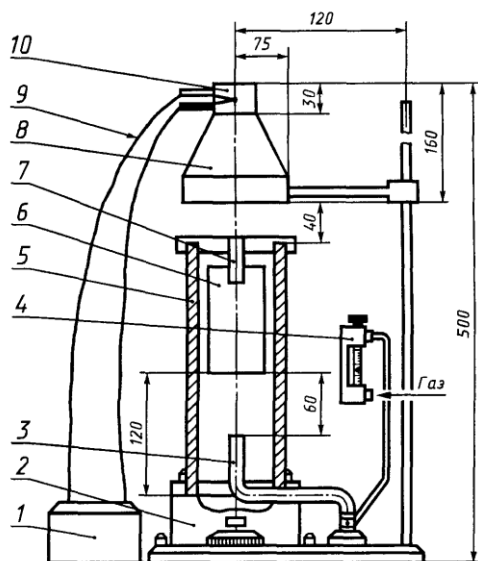


Рис. 1. Установка для термогравіметричних досліджень ефективності вогнезахисту засобів для вогнезахисту деревини: 1 — потенціометр КСП-4; 2 —

металева підставка; 3 — газова горілка; 4 — ротаметр; 5 — керамічний короб; 6 — зразок; 7 — тримач зразка; 8 — парасолька; 9 — термоелектричні перетворювачі; 10 — верхній напругок парасольки / Installation for thermogravimetric studies on the effectiveness of fire protection for fire protection of wood: 1 — potentiometer KSP-4; 2 — metal stand; 3 — gas injector; 4 — rotameter; 5 — ceramic box; 6 — sample; 7 — sample holder; 8 — umbrella; 9 — thermoelectric converters; 10 — upper umbrella

Випробування проводилися відразу по двох вогнезахисних складах. Зразки №1 – №3 (рис. 2) покриті таким складом: клей епоксидний універсальний в комплекті із затверджувачем – 15-17%; графіт – 17-20%; зола-уносу – 1-3%; рідке натрієве скло – залишок.



Рис. 2. Підготовлені до проведення випробувань зразки / Prepared for test samples

Покриття вогнестійке при нанесенні на зразки №1 – №3 не стікало, добре дозволяло собою «управляти» і твердуло протягом 24-х годин. На рис. 3 представлені зразки після проведення вогневих випробувань.



Рис. 3. Зразки після проведення випробувань / Samples after testing

Після візуального огляду зразків зі спученим захисним матеріалом, підраховувався коефіцієнт спучення матеріалу.

Захисний спучений шар покриття очищався по можливості, оскільки матеріал має високу адгезію. На рис. 4 чітко видно, на скільки спучився матеріал. Слід врахувати, що товщина захисного покриття становить всього 1 мм.



Рис. 4. Зразки після випробувань: а – спучений захисний шар; б – очищена і не пошкоджена деревина / Samples after testing: a – screwed protective layer; b – cleaned and not damaged wood

Захисний спучений шар покриття очищався за можливістю, оскільки матеріал має високу адгезію. З рис. 4 чітко видно, на скільки спучився матеріал. Слід врахувати, що товщина захисного покриття складала всього 1 мм. Як видно з рис. 4 вогнестійке покриття зразків №1 – №3 показало добрий результат, а саме, добру адгезію покриття, високий коефіцієнт спучення покриття до 270% а також хорошу вогнезахисну здатність покриття.

На зразки № 4 – №6 було нанесено покриття (рис.5) наступним складом: клей епоксидний універсальний в комплекті із затверджувачем – 15-17%; графіт – 7-10%; зола-уносу – 1-3%; перліт – 2-4%; рідке натрієве скло – залишок.



Рис. 5. Зразки з нанесеним і затверділим вогнезахисним складом перед випробуваннями / Samples with applied and hardened flame retardant before tests

Покриття вогнестійке при нанесенні на зразки №4 – №6 не стікало, добре дозволяло собою «управляти» і затвердівало на протязі 24-х год. Після вогневих випробувань зразків №4-№6 були отримані наступні результати (рис. 6):



Рис. 6. Зразки після проведення випробувань / Samples after testing

Дослідження показали, що після вогневого впливу присутні не істотні пошкодження покриття, що свідчить про високу вогнезахисну здатність випробуваного покриття.

Після проведення дослідів на зразках №4 – №6, було визначено коефіцієнт спучення покриття рис. 7.

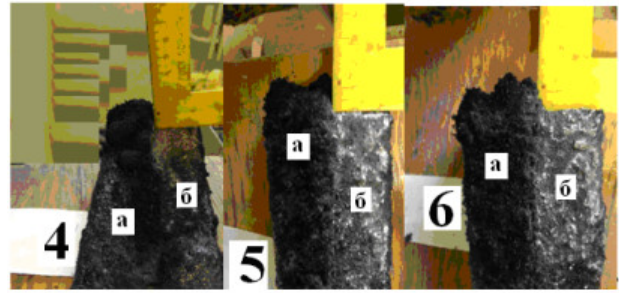


Рис. 7. Зразки після випробувань: а – спучений захисний шар; б – очищена і не пошкоджена деревина / Samples after testing: a – screwed protective layer; b – cleaned and not damaged wood

З рис. 7 чітко видно, на скільки спучився матеріал. При цьому слід врахувати, що товщина захисного покриття становила всього 1 мм. Як видно з рис. 7 вогнетривке покриття зразків № 4 – №6, показало хороший результат а саме, хорошу адгезію, високий коефіцієнт спучування (до 200%), а саме головне – хороший вогнезахист зразка.

Після визначення коефіцієнта спучування зразків, весь спучений після вогневого випробування матеріал був зчищений до деревини. У більшості випадків очистити зразок до деревини (для того, щоб упевнитися чи присутнє пошкодження зразка після проведеного випробування) не вийшло, тому що вогнезахисні покриття мають досить високу адгезію. Спучений шар не здувається і не обсыпается, в'язкий і клейкий. З чого можна зробити висновок, що дане вогнезахисне покриття має дуже високі вогнезахисні властивості і здатне витримувати високі температури, оберігаючи від них зразок.

Як видно з рис. 8 покриття добре спучується ( $K_{сп.ср.}=770\%$ ) від товщини нанесеного шару покриття (1 мм) на зразках №1 – №3, а на зразках №4 – №6 ( $K_{сп.ср.}=200\%$ ).



Рис. 8 Очищені і неушкоджені зразки деревини після проведених випробувань / Purified and undamaged samples of wood after the tests.

Крім того видно, що після очищення спученої частини видно захисний шар, який щільно приклеєний до дерев'яного зразка і його неможливо відокремити, тобто покриття має високу адгезійну здатність. Цей шар на вигляд і на дотик тактильно схожий на так званий наждачний папір. Цей ефект можна назвати коефіцієнтом запасу надійності.

## Висновки

На основі проведених досліджень та оптимізації запропоновані захисні композиції, які відносяться до негорючих, що дозволяє при їх застосуванні підвищити безпеку об'єктів і безпеку шляхів

евакуації при виникненні екстремальних умов внаслідок високотемпературного впливу.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. ДСТУ Б В.1.1-4-98 «Захист від пожежі. Будівельні конструкції. Методи випробувань на вогнестійкість. Загальні вимоги»». – Київ : Державний комітет України з будівництва та архітектури, 1999. – 75 с.
2. Корольченко А. Я. Средства огнезащиты: справочник / А. Я. Корольченко, О. Н. Корольченко. — Москва: Пожнаука, 2006. — 258 с.
3. Орлова А. М. Огнезащита древесины / А. М. Орлова, Е. А. Петрова // Пожаровзрывобезопасность. – 2000. – т. 9, №2. – С. 8–17.
4. Охрана труда в строительстве : учебник / [Беликов А. С., Сафонов В. В., Нажа П. Н. и др.] ; под общ. ред. А. С. Беликова. – Киев : Основа, 2014. – 592 с.
5. Підвищення вогнестійкості дерев'яних будівельних конструкцій за рахунок зниження горючості деревини / А. С. Беликов, В. А. Шаломов, Е. Н. Корж, С. Ю Рагімов // Строительство, материаловедение, машиностроение : сб. науч. тр. / Приднпр. гос. акад. стр-ва и архитектуры. – Днепр, 2017. – Вып. 98 : Энергетика, экология, компьютерные технологии в строительстве. – С. 38-44.
6. Chernay, A.V., Nalisko, N.N. and Bartashevskaya, L.I. (2017), "Regularities ignition gas mixture the heat source associated with accidental emissions gas", *The scientific heritage (Budapest, Hungary)*, no. 10(10), vol. 3, pp. 58-66.
7. Roitman V. M. Fire testing of Building Materials in View of the Moisture Factor.— First European Symposium of Fire Safety Science (Abstracts).— Zurich. ETH. 2005. —pp. 135-136.

### REFERENCES

1. DSTU B V.1.1-4-98 *Zakhist vid pozhezhi. Budivelni konstruksii. Metodi viprobuvan na vognestiykist. Zahalni vymogy* [Protection from fire. Building construction. Test methods for fire resistance. General requirements]. *Derzhavnyi komitet Ukrainy z budivnytstva ta arkhitektury* [Ukrainian State Committee of construction and architecture]. Kyiv, 1999, 75 p. (in Ukrainian).
2. Korolchenko A.Ya. and Korolchenko O.N. *Sredstva ognezashchity* [Means of fire protection]. — Moscow: Pozhnauka, 2006, 258 p. (in Russian).
3. Orlova A.M. and Petrova E.A. *Ognezashchita drevesiny* [Fire protection of wood]. *Pozharovzryvobezopasnost* [The explosion safety]. 2000, Vol. 9, no. 2, pp. 8–17. (in Russian).
4. Belikov A.S., Safonov V.V., Nazha P.N., Chalyiy V.G., Shlyikov N.Yu., Shalomov V.A. and Ragimov S.Yu. *Okhrana truda v stroitelstve* [A labour protection is in building]. Kyiv: Osнова, 2014, 592 p. (in Russian).
5. Belikov A. S., Shalomov V. A., Korzh E. M. and Rahimov S.Yu. *Pidvyshchennia vohnestiykosti derevianykh budivel'nykh konstruksiy za rakhunok znyzhennia horiuchosti derevyny* [Increase fire resistance of wooden building structures by reducing the combustibility of wood] *Stroitelstvo, materialovedeniye, mashinostroeniye* – [Construction, materials science, mechanical engineering]. Dnipro: PDABA, 2017, no. 98, pp. 38-44. (in Ukrainian).
6. Chernay A.V., Nalisko N.N. and Bartashevskaya L.I. (2017), "Regularities ignition gas mixture the heat source associated with accidental emissions gas", *The scientific heritage (Budapest, Hungary)*, no. 10(10), vol. 3, pp. 58-66.
7. Roitman V. M. *Fire testing of Bilding Materials in View of the Moisture Factor*.— First European Symposium of Fire Safety Sicience (Abstracts). Zurich: ETH, 2005, pp. 135-136.