

Державна служба України з надзвичайних ситуацій
Національний університет цивільного захисту України



ЧЕРНУХА АНТОН АНДРІЙОВИЧ

УДК 614.84

ПІДВИЩЕННЯ ЕФЕКТИВНОСТІ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ
ЗА ДОПОМОГОЮ ГЕЛЕУТВОРЮЮЧИХ СКЛАДІВ
НА ОСНОВІ СИЛКАТІВ

Спеціальність 21.06.02 – пожежна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Харків – 2013

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Національному університеті цивільного захисту України.

Науковий керівник: кандидат хімічних наук, доцент **Кірсєв Олександр Олександрович**, Національний університет цивільного захисту України, доцент кафедри спеціальної хімії та хімічної технології.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор **Беліков Анатолій Серафимович**, завідуючий кафедрою безпеки життєдіяльності Придніпровської державної академії будівництва та архітектури МОНмолодьспорту України;
кандидат технічних наук, доцент **Обіженко Тетяна Миколаївна**, доцент кафедри загальної хімії Харківського національного університету будівництва та архітектури МОНмолодьспорту України.

Захист відбудеться “___” _____ 2013 року о 14³⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради Д 64.707.01 при Національному університеті цивільного захисту України за адресою:
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

З дисертацією можна ознайомитись в бібліотеці Національного університету цивільного захисту України за адресою:
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94.

Автореферат розісланий “___” _____ 20__ р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради



А.О. Михайлюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність роботи. Деревина – один з найстаріших будівельних матеріалів – широко використовується в будівництві до сьогодні. Разом з позитивними властивостями як будівельного матеріалу, вона має і негативні. Однією з таких властивостей є її горючість. Відповідно до ДБН В.1.1-7-2002 деревина, призначена для використання в будівництві, повинна бути оброблена вогнезахисними засобами.

Питанням вогнезахисту будівельних конструкцій присвячено роботи таких авторів, як Пчелінцев В.А., Левітес Ф.А., Максименко М.А., Тичино М.А., Дріжд Л.П., Яковлева Р.А., Бартелемі Б., Романенков І.Г., Страхов В.В., Беліков А.С., Фомін С.Л., Харченко І.О., Цапко Ю.В., Новак С.В., Довбиш А.В., Круковський П.Г., Жартовський В.М. та ін.

Для вогнезахисту деревини використовують вогнезахисне просочення, фарби, лаки, обмазки, штукатурки і плівкові покриття. Як самостійний спосіб вогнезахисту можна розглядати покриття дерев'яних конструкцій жорсткими екранами (вогнестійкими листами, плитами, панелями). Різні способи вогнезахисту мають свої переваги і недоліки. Відповідно до існуючих відмінностей в їх експлуатаційних властивостях вони мають різні галузі застосування.

Найбільш поширеними є вогнезахисні фарби на основі органічних в'язучих і вогнезахисні просочення. Недоліком вогнезахисних просочень є обмежена можливість їх впливу на горючість деревини. Навіть глибоке просочення деревини не забезпечує дерев'яним конструкціям високу вогнестійкість. Використання вогнезахисних покриттів забезпечує більш широкі можливості; так, за рахунок збільшення їх товщини можна підвищити вогнестійкість дерев'яних конструкцій до декількох годин. Недоліком покриттів на основі органічних в'язучих є їх власна горючість, токсичність продуктів термодеструкції, висока вартість.

Покриття на основі неорганічних речовин – негорючі і нетоксичні, мають меншу вартість. До недоліків мінеральних вогнезахисних складів можна віднести їх низькі декоративні властивості, невелику механічну міцність, малий термін експлуатації і нестійкість до впливу вологи. Ще одним недоліком неорганічних фарб є їх велика витрата в порівнянні з органічними фарбами для досягнення однакового рівня вогнезахисної ефективності.

Найбільш ефективними засобами вогнезахисту деревини є покриття, що спучуються. У науково-дослідних роботах в Національному університеті цивільного захисту України досліджено спучування покриттів, утворених вогнезахисними засобами, найбільш поширеними в Україні, за різних температурних режимів. Встановлено, що коефіцієнт спучування за низької інтенсивності зростання температури може зменшуватися в декілька разів, що значно знижує вогнезахисну ефективність покриття.

Раніше для пожежогасіння та оперативного вогнезахисту було запропоновано використання гелеутворюючих систем (ГУС) на основі силікатів. При використанні даного вогнегасного засобу на поверхнях

утворювався вогнезахисний шар гелю, що переходив у ксерогель під дією теплового впливу. Цей шар ксерогелю показав високі вогнезахисні властивості, проте фізико-механічні властивості даних покриттів не дозволяли їх використовувати для довготривалого вогнезахисту.

Перевагами ксерогелевого покриття є: висока пористість, як результат – високі теплозахисні властивості, відсутність горючих компонентів, можливість спучення, наявність у складі ГУС антипіренів, здатних просочувати деревину під час сушки покриття (48 год.), отримання покриття необхідної товщини за одне нанесення, висока теплоємність, ендотермічний характер фізико-хімічних процесів у покритті під час теплової дії, відсутність токсичних компонентів та продуктів термодеструкції покриття.

Таким чином, є актуальною розробка вогнезахисних засобів на основі силікатних ГУС із регламентованими фізико-механічними властивостями і високою вогнезахисною дією.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами і темами. Дисертаційне дослідження проводилось у межах реалізації “Програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року”, постанова Кабінету Міністрів України від 1.07.2002 № 870, і науково-дослідної роботи за замовлення ГУ МНС України в Харківській області за темою “Розробка вогнезахисних складів підвищеної ефективності на основі гелеутворюючих систем” (рег. № 0105U004228).

Мета і задачі дослідження. Метою роботи є розробка вогнезахисного покриття підвищеної ефективності на основі силікатної гелеутворюючої системи для деревини.

Для досягнення мети необхідно вирішити наступні задачі:

- провести вибір складів ГУС, що забезпечують отримання на поверхні деревини міцного ксерогелевого шару з високими адгезійними властивостями;
- розробити принципи вибору складу ГУС для отримання покриттів з регламентованими фізико-механічними та високими вогнезахисними властивостями;
- провести експериментальне визначення вогнезахисних властивостей покриття на основі ГУС і на підставі цих досліджень визначити склад з найкращими вогнезахисними властивостями;
- розробити математичну модель вогнезахисної дії покриття на основі ГУС і на її основі провести прогнозування роботи покриття за різних умов;
- розробити практичні рекомендації з вогнезахисту деревини за допомогою вогнезахисного покриття на основі ГУС.

Об'єкт дослідження – вогнезахист деревини.

Предмет дослідження – вогнезахист деревини за допомогою вогнезахисних покриттів, що спучуються, на основі силікатних ГУС.

Методи дослідження – методи інфрачервоної спектроскопії та термічного аналізу для дослідження процесів, що відбуваються при отриманні вогнезахисного покриття і теплової дії на нього; теорія планування експерименту, методи розв'язання оптимізаційних задач, методи математичної статистики, системного аналізу і теорії алгоритмів; стандартні методи визначення вологостійкості, адгезії, міцності при ударі, теплопровідності для дослідження експлуатаційних властивостей ксерогелевих покриттів; експериментально-розрахунковий метод визначення вогнезахисних властивостей покриттів; стандартний метод визначення вогнезахисних властивостей засобів на установці для визначення групи вогнезахисної ефективності (ГОСТ 16363-98).

Наукова новизна одержаних результатів полягає в наступному:

- вперше запропоновано використовувати ГУС при отриманні покриттів для довготривалого вогнезахисту деревини;
- вперше розроблено принципи вибору складу вогнезахисних покриттів на основі гелеутворюючих систем, що забезпечують високі вогнезахисні властивості ксерогелевих покриттів, які полягають у комплексному механізмі вогнезахисної дії за рахунок спучення при вогневому впливі, високої пористості і наявності у складі антипіренів;
- удосконалено експериментальний метод визначення вогнезахисних властивостей покриття, що полягає в одночасному вимірі втрати маси зразка і температури димових газів при довготривалому вогневому впливі;
- вперше визначено склад ксерогелевого покриття з максимальною вогнезахисною дією;
- вперше вирішення вказаних вище задач дозволило створити довгодіюче вогнезахисне покриття на основі силікатної ГУС з високими механічними властивостями, яке містить тільки негорючі речовини та не утворює токсичних продуктів при вогневому впливі;
- вперше розроблено математичну модель для оцінювання вогнезахисної дії покриття на основі ГУС за різних умов.

Практичне значення одержаних результатів. Запропонований метод визначення ефективності вогнезахисту деревини дозволяє випробовувати вогнезахисний засіб для деревини протягом часу вогневої дії, що відповідає середньому часу вільного розвитку пожежі в Україні; розроблений вогнезахисний засіб «СК-1» забезпечує першу групу вогнезахисної ефективності за товщини шару 1 мм (протокол № 2/15-2009), в 2,5 рази нижчий показник втрати маси, ніж необхідний для першої групи вогнезахисної ефективності; математична модель вогнезахисної дії отриманого покриття дозволяє обрати необхідну товщину, що забезпечить, залежно від температури джерела теплового випромінювання та критичної температури поверхні, що захищається, необхідний час вогнезахисту. Використання запропонованого вогнезахисного засобу виключає поширення

полум'я по деревині під час вільного розвитку пожежі, як результат – зниження матеріальних збитків.

Результати роботи впроваджено в навчальний процес Національного університету цивільного захисту України (лабораторна робота з дисципліни „Теорія розвитку та припинення горіння”). Розроблено технічні умови та технологічну інструкцію на виготовлення дослідної партії вогнезахисного засобу «СК-1». Дослідну партію вогнезахисного засобу «СК-1» передано КП «Харківспецпром» для проведення робіт з вогнезахисту деревини.

Особистий внесок полягає у: проведенні аналізу літературних джерел, присвячених питанням вогнезахисту деревини [1, 2, 12]; дослідженні впливу складу на показник вогнезахисної ефективності покриття [1, 4, 15]; самостійному виконанні експериментальної частини роботи, аналізі та математичній обробці отриманих результатів [1-4, 6-10, 16, 17]; проектуванні і виготовленні лабораторних установок для термогравіметричних досліджень, визначенні температуропровідності вогнезахисних покриттів, що спучуються [5, 13]; розробці методів дослідження вогнезахисних властивостей засобів вогнезахисту деревини [5, 10, 14]; пристосуванні існуючої математичної моделі для оцінювання вогнезахисної дії створеного покриття за різних умов [11]; розробці рекомендацій щодо використання результатів дослідження [9, 10, 16].

Розробка запропонованої концепції вогнезахисту з використанням ГУС і аналіз результатів роботи проведені разом з керівником роботи.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційного дослідження викладено на конференціях: International Conference “Modern Physical Chemistry for Advanced Materials” (Kharkov, 2007), IV Міжнародній науково-практичній конференції “Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация” (Мінськ, 2007), науково-технічній конференції “Об’єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів” (Харків, 2008), науково-технічній конференції “Об’єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів” (Харків, 2009), VII науково-технічній конференції “Об’єднання теорії та практики – залог підвищення постійної готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням” (Харків, 2010), VIII науково-технічній конференції “Об’єднання теорії та практики – залог підвищення постійної готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням” (Харків, 2011).

Публікації. За результатами дисертаційної роботи опубліковано 11 статей у спеціалізованих наукових виданнях, що входять до Переліку ДАК МОНмолодьспорту України, 6 тез доповідей на наукових конференціях.

Структура й обсяг дисертації. Дисертація складається зі вступу, п’яти розділів і загальних висновків, містить 193 сторінки друкованого тексту (з них 131 сторінку основного тексту), 28 таблиць, 34 ілюстрації і 10 додатків, список використаних джерел з 163 найменувань.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ ДИСЕРТАЦІЇ

У першому розділі проводиться аналіз деревини як горючого матеріалу, розглянуто механізми та способи вогнезахисту деревини, класифікацію вогнезахисних засобів для деревини, основні принципи створення вогнезахисних засобів для деревини та вогнезахисні властивості ГУС досліджених раніше.

Деревина – горючий матеріал. При використанні деревини в будівництві, згідно з ДБН В.1.1-7-2002, необхідно здійснювати її вогнезахист. Основними типами вогнезахисних засобів для деревини є: просочувальні засоби, лаки, фарби, обмазки, штукатурки, рулонні і листові облицювання (рис. 1). У вогнезахисних засобах деревини реалізуються один або кілька механізмів вогнезахисту: теплоізоляція, теплопоглинання, інгібування процесу горіння в газовій фазі, розбавлення горючих продуктів термодеструкції і зміна механізму термодеструкції деревини.

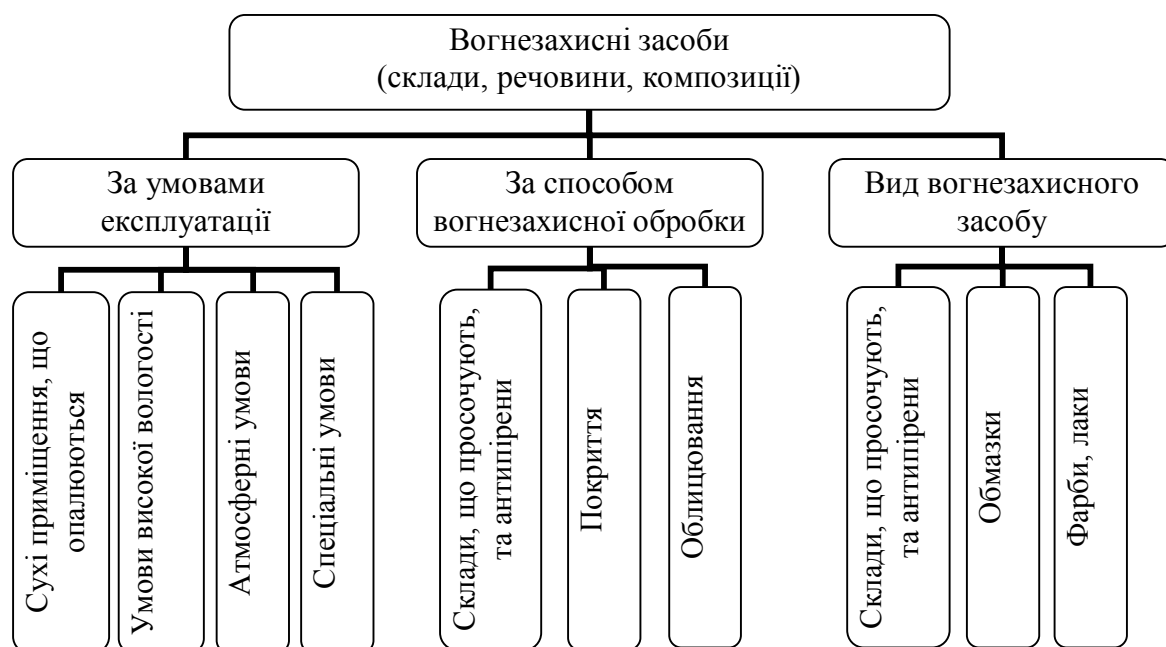


Рис. 1. Класифікація вогнезахисних засобів (речовин, складів)

Найбільш застосовними для вогнезахисту деревини є покриття, що спучуються на основі органічних в'язучих. Ці покриття на початковому етапі вогневого впливу піддаються термодеструкції з утворенням горючих та токсичних речовин. Більшість покриттів на основі неорганічних в'язучих не виділяють при нагріванні горючих та токсичних речовин, але вони мають низьку міцність, є нестійкими до дії вологи і для забезпечення необхідного рівня вогнезахисту вимагають нанесення товстих шарів. У більшості засобів, якими просочують деревину, домінуючим механізмом вогнезахисної дії є антипірування, що не є притаманним органічним і неорганічним покриттям.

Раніше для цілей пожежогасіння та оперативного вогнезахисту застосовувались ГУС. Встановлено, що гелі силікатних ГУС мають високі вогнезахисні властивості, однак при сушінні володіють низькими фізико-

механічними властивостями. При введенні до складу ГУС антипіренів (табл. 1) та підвищенні фізико-механічних властивостей ксерогелю можна в максимальній мірі реалізувати основні механізми вогнезахисту деревини.

Сформульовано задачу дослідження – підвищення ефективності вогнезахисту деревини за допомогою засобу комплексної вогнезахисної дії на основі силікатної ГУС з високими фізико-механічними властивостями, який проявляє вогнезахисні властивості як покриття, так і засобів, що просочують.

У другому розділі обґрунтовано, що для забезпечення ксерогелевим покриттям на основі ГУС властивостей, необхідних за вимогами до довготривалих вогнезахисних покриттів, потрібно забезпечити їм відповідні характеристики міцності і відсутність тріщин.

Потенціальними перевагами вогнезахисних покриттів на основі ГУС є: простота отримання шару необхідної товщини за одне нанесення (за рахунок відсутності текучості ГУС); низька теплопровідність ксерогелевого покриття (обумовлена його пористістю); можливість отримання ксерогелевих шарів, здатних до спучення; можливість введення до складу ГУС антипіренів та інгібіторів горіння; можливість використання у складі ГУС тільки негорючих нетоксичних речовин, що також не утворюють токсичних продуктів термодеструкції.

Жодне з існуючих засобів вогнезахисту деревини не забезпечує всіх відмічених вище потенційних переваг ГУС. Однак засоби оперативного вогнезахисту, які було запропоновано раніше, мають суттєві недоліки: розтріскуються, частково осипаються при сушінні; мають низькі декоративні властивості, вологостійкість, міцність покриття; не здатні до спучення. Таким чином, ефективний вогнезахисний засіб можна отримати на основі ГУС, якщо усунути відмічені недоліки оперативних вогнезахисних засобів та задіяти їх потенційні переваги.

Встановлено, що шляхом до підвищення міцності ксерогелевих покриттів і забезпечення відсутності на них тріщин є введення до складу компонентів ГУС дрібнодисперсних і волокнистих наповнювачів. Для збільшення вогнезахисних властивостей ксерогелевих покриттів на основі ГУС необхідно забезпечити їм здатність до спучування при нагріванні, а також введення до складу ГУС антипіренів.

Показано, що для вибору компонентів ГУС, які забезпечують високі вогнезахисні й експлуатаційні характеристики покриттів, необхідно провести експериментальні дослідження адгезії покриттів до деревини, ударної міцності, вологостійкості, коефіцієнта спучування, коефіцієнта питомої теплопровідності, густини і прояву властивостей антипірену. Властивості покриття суттєво залежать від способу їх нанесення – найкращим способом нанесення вогнезахисних покриттів на основі ГУС є пневморозпилення.

Обґрунтовано, що для отримання вогнезахисних покриттів з найкращими характеристиками необхідна побудова регресійних залежностей для властивостей, що визначають ефективність застосування покриття і знаходження їх максимального значення.

Різноманітність ГУС та їх складів, кількість вимог, що висуваються до вогнезахисних покриттів вимагають всебічного дослідження властивостей компонентів вогнезахисного засобу, механізму їх взаємодії, вогнезахисних та експлуатаційних властивостей покриття. Цей факт обумовлює необхідність проведення великої кількості досліджень для вирішення поставлених завдань. Методи досліджень можна розділити на:

- 1) методи математичного планування експерименту;
- 2) стандартні методи досліджень, випробувань, визначення, згідно державних стандартів України:
 - визначення фізичних властивостей речовин, сумішей, покриттів, розчинів;
 - визначення хімічного складу суміші;
 - визначення вогнезахисних властивостей покриття;
- 3) методи, розроблені при вирішенні завдань дисертаційного дослідження.

Таким чином, встановлено загальну методологію та обґрунтовано вибір методів досліджень.

У третьому розділі проаналізовано потенційні можливості відомих силікатних ГУС, які мають у своєму складі антипірен (табл. 1). Встановлено концентраційні межі швидкого гелеутворення нових ГУС (табл. 1), серед яких найбільш перспективною є $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$.

Таблиця 1

ГУС, що мають у своєму складі антипірен, та концентраційні межі їх швидкого гелеутворення

ГУС	Гелеутворювач		Каталізатор гелеутворення	
	Верхня межа, % мас.	Нижня межа, % мас.	Верхня межа, % мас.	Нижня межа, % мас.
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{NH}_4\text{Cl}$	36,2	14,0	27,1	16,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{NaCl}$	36,2	27,0	26,4	20,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$	36,2	6,0	42,5	6,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - (\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	36,2	16,2	43,0	25,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{NH}_4\text{H}_2\text{PO}_4$	36,2	18,0	28,6	16,0
$\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$	36,2	14,2	53,1	43,0

За результатами якісних досліджень гелеутворення, наявності розтріскування при сушінні, адгезії до деревини, розтріскування при дії полум'я, можливості спучення ксерогелів експериментально встановлено, що основою вогнезахисного покриття для деревини підвищеної ефективності можуть бути ГУС: $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$, $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$ (табл. 2).

Розтріскування ксерогелів обраних ГУС при сушінні вдалося усунути додаванням волокнистого наповнювача азбесту в кількості $20 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$ в розчин скла рідкого натрієвого (рис. 2).

Оцінка фізико-механічних властивостей ГУС

Каталізатор гелеутворення	Гелеутворення	Адгезія до деревини	Розтріскування при сушінні	Розтріскування при нагріванні	Можливість спучення
K_2CO_3	+	+	±	+	+
NH_4Cl	+	-	-	-	-
$NH_4H_2PO_4$	+	-	-	-	-
$CaCl_2$	+	±	±	±	-
$(NH_4)_2SO_4$	+	-	-	-	-

“+” – задовільне; “±” – може бути покращено; “-” – не придатне



Рис. 2 а. Зразок деревини, який оброблено ксерогелем ГУС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - CaCl_2$



Рис. 2 б. Зразок деревини, який оброблено ксерогелем при додаванні в розчин $Na_2O \cdot 2,95SiO_2$ азбесту $40 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$

Адгезія визначалась за методом решітчастих надрізів згідно ГОСТ 15140. Якщо покриття не втримувалось на поверхні при сушінні, адгезія оцінювалась в 5 балів. За результатами експериментів було отримано регресійні моделі адгезії ксерогелів $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - CaCl_2$, $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - K_2CO_3$ до деревини (1, 2), графічне зображення яких можна представити у вигляді тримірної фігури (рис. 3, 4).

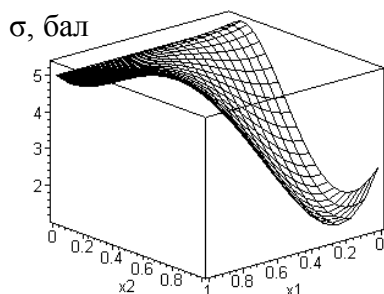


Рис. 3. Залежність адгезії від концентрації солей в ГУС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - CaCl_2$ у кодованому вигляді:

x_1 – концентрація $CaCl_2$;
 x_2 – концентрація $Na_2O \cdot 2,95SiO_2$

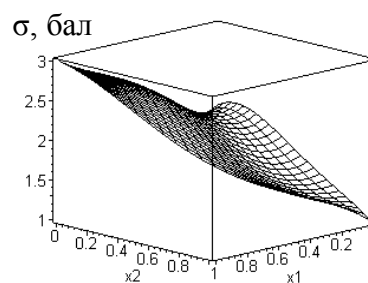


Рис. 4. Залежність адгезії від концентрації солей в ГУС $Na_2O \cdot 2,95SiO_2 - K_2CO_3$ у кодованому вигляді:

x_1 – концентрація K_2CO_3 ;
 x_2 – концентрація $Na_2O \cdot 2,95SiO_2$

$$\begin{aligned} \sigma(\text{CaCl}_2) = & 5 - 2,33 \cdot x_2 - 4,66 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 1,98 \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ & + 9,79 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2) - 11,55 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1) + \\ & + 4,45 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2)^2 - 18,59 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1)^2 + \\ & + 9,89 \cdot x_1^2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 3,01 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2)^2 - 5,76 \cdot x_1 \cdot x_2^2 \cdot (1 - x_1 - x_2), \end{aligned} \quad (1)$$

$$\begin{aligned} \sigma(\text{K}_2\text{CO}_3) = & 2 + x_1 - x_2 - 1,32 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,9x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2x_1 + x_2 - 1) + \\ & + 0,9 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2) - 0,8 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2x_1 + x_2 - 1)^2 + \\ & + 0,8 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2)^2 + 1,65 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1)^2 + \\ & + 19,95 \cdot x_1^2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) - 16,32 \cdot x_1 \cdot x_2^2 \cdot (1 - x_1 - x_2). \end{aligned} \quad (2)$$

На основі проведених досліджень встановлено концентраційні межі ГУС, що забезпечують адгезію не вище трьох балів (табл. 2), що задовольняє вимогам до будівельних сумішей.

Таблиця 2

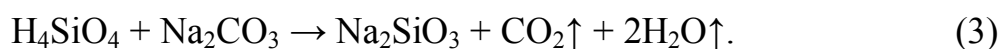
Концентраційні межі компонентів ГУС (бал адгезії ксерогелів до деревини не вище "3")

ГУС	Компонент ГУС	Кодована концентрація		Концентрація у гелі, масс. %		Концентрація компонента ГУС, масс. %	
		нижня	верхня	нижня	верхня	нижня	верхня
Na ₂ O·2,95SiO ₂ –CaCl ₂	Na ₂ O·2,95SiO ₂	0,4	1	10,6	20,8	21,5	38,6
	CaCl ₂	0	0,5	3	14,8	6,2	25,7
Na ₂ O·2,95SiO ₂ –K ₂ CO ₃	Na ₂ O·2,95SiO ₂	0	1	14,2	18,7	25,8	38,6
	K ₂ CO ₃	0	1	18,1	26,5	37,2	53,1

Ксерогель системи Na₂O·2,95SiO₂–K₂CO₃ володіє задовільною адгезією до деревини у всій області концентрацій швидкого гелеутворення та в цілому має кращу адгезію до деревини, ніж ксерогель ГУС Na₂O·2,95SiO₂–CaCl₂.

У четвертому розділі наведені дослідження вогнезахисних властивостей ксерогелевих покриттів: їх здатність до спучення та прояву властивостей антипірену.

Встановлено, що спучення притаманне ксерогелям на основі ГУС Na₂O·2,95SiO₂–K₂CO₃. За результатами диференціально-термічного аналізу визначено ендотермічний ефект при досягненні системою 150 °С та при 420 °С. За даними рентгено-фазового аналізу встановлено зміну кількості карбонату натрію та метакремнієвої кислоти при нагріванні ксерогелю до 500 °С. Хімічний процес, що відбувається у вогнезахисному покритті на основі ксерогелю при нагріванні, представлено за допомогою рівняння реакції:



Термодинамічно встановлена можливість протікання реакції (3). Зміна енергії Гіббса системи стає від'ємною за температури вище 200 °С (рис. 5),

що підтверджує дані диференціально-термічного і рентгено-фазового аналізів.

Також встановлювалась можливість спучення ксерогеля при повільному нагріванні (рис. 6). Коефіцієнт спучення при вогневому впливі та при повільному розігріві ксерогелевого покриття майже не відрізнявся. Таким чином, коефіцієнт спучення від швидкості нагрівання ксерогелю не залежить.

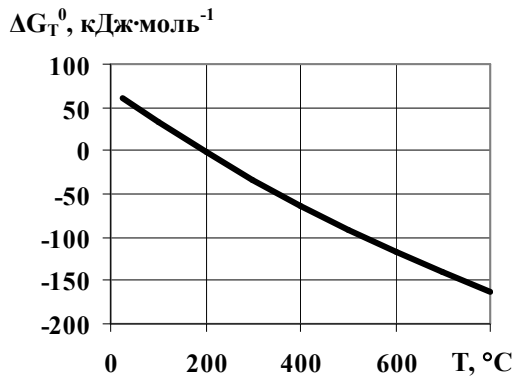


Рис. 5. Залежність зміни енергії Гіббса в системі (3) від температури

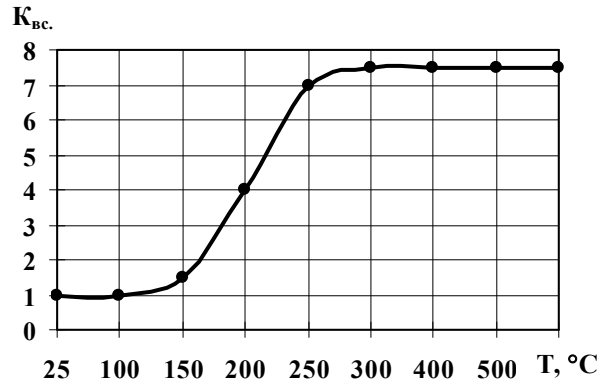


Рис. 6. Залежність коефіцієнта спучення ксерогелю від температури за швидкості нагрівання $20 \text{ K}\cdot\text{c}^{-1}$

Для оцінки дії ксерогелів ГУС як антипіренів вдосконалено метод визначення груп вогнезахисної ефективності згідно ГОСТ 16363-98. Випробування проводились протягом до 30 хв., постійно вимірювалась маса та температура димових газів у горловині зонта керамічної труби. Отримано залежності маси та температури для деревини необробленої (рис. 7), деревини, обробленої просочувальним вогнезахисним засобом (ДСА-2), деревини, обробленої ксерогелевими покриттями після їх усунення (рис. 8).

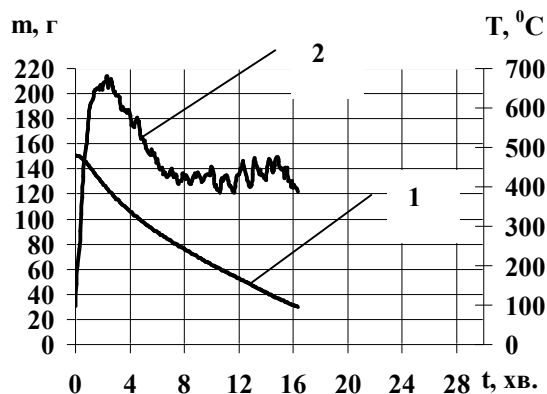


Рис. 7. Термогравіметричні випробування деревини необробленої:
1 – маса зразка;
2 – температура димових газів

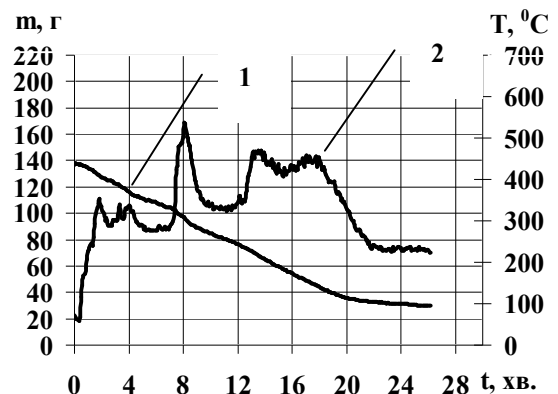


Рис. 8. Термогравіметричні випробування деревини, обробленої ксерогелем після його зняття:
1 – маса зразка;
2 – температура димових газів

Встановлено, що характер залежності температури димових газів для деревини після зняття шару ксерогелевого покриття відповідає аналогічним випробуванням деревини, обробленої сертифікованими просочувальними вогнезахисними засобами. При порівнянні з випробуванням для деревини необробленої виявлено вогнезахисні властивості антипіренів, що входять до складу ГУС, а саме карбонату калію.

Для визначення ГУС, ксерогель якої має найвищі вогнезахисні властивості, було використано метод термогравіметричних досліджень вогнезахисних засобів для деревини. Температура в горловині зонта керамічної труби перед початком випробувань дорівнює $(200 \pm 5)^\circ\text{C}$. Перевищення температури димових газів під час випробувань 205°C говорить про наявність екзотермічних процесів внаслідок вогневого впливу на оброблений зразок. Таким чином, ефективністю вогнезахисту (ЕВ) вважався час до досягнення димовими газами температури 205°C ($\tau_{205^\circ\text{C}}$).

За допомогою теорії математичного планування експерименту, а саме симплекс-решітчастого плану 4-го порядку, встановлено залежності ЕВ ксерогелю ГУС від його складу. Функції відгуку для ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2\text{--CaCl}_2$ (4) та $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{CO}_3$ (5) мають вигляд відповідно (рис. 9, 10):

$$\begin{aligned} \tau_{205^\circ\text{C}}(\text{CaCl}_2) = & 5,00 - 2,33 \cdot x_2 - 4,66 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 1,98 \cdot x_1 \cdot x_2 + \\ & + 9,79 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2x_2) - 11,55 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1) + \\ & + 4,45 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2x_2)^2 - 18,59 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1)^2 + \\ & + 9,89 \cdot x_1^2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 3,01 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2)^2 - 5,76 \cdot x_1 \cdot x_2^2 \cdot (1 - x_1 - x_2), \end{aligned} \quad (4)$$

де x_1 – концентрація CaCl_2 ; x_2 – концентрація $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2$,

$$\begin{aligned} \tau_{205^\circ\text{C}}(\text{K}_2\text{CO}_3) = & 5,20 - 4,73 \cdot x_1 - 3,77 \cdot x_2 + 0,26 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) - \\ & - 0,46 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 2,88 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,35 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2 \cdot x_1 + x_2 - 1) - \\ & - 6,32 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2) + 2,45 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1) - \\ & - 1,36 \cdot x_1 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (2 \cdot x_1 - 1 + x_2)^2 + 10,75 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) \cdot (1 - x_1 - 2 \cdot x_2)^2 + \\ & + 9,01 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (x_2 - x_1)^2 - 37,55 \cdot x_1^2 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2) + 11,16 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot (1 - x_1 - x_2)^2 + \\ & + 1,63 \cdot x_1 \cdot x_2^2 \cdot (1 - x_1 - x_2), \end{aligned} \quad (5)$$

де x_1 – концентрація K_2CO_3 ; x_2 – концентрація $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2$,

$$\max \tau_{205^\circ\text{C}}(\text{CaCl}_2) = 4,73 \text{ хв.}, \quad (6)$$

$$\max \tau_{205^\circ\text{C}}(\text{K}_2\text{CO}_3) = 8,62 \text{ хв.} \quad (7)$$

Для кожної ГУС визначався максимум ЕВ (6, 7). Встановлено, що ЕВ ксерогелю ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{CO}_3$ значно перевищує ЕВ ксерогелю $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2\text{--CaCl}_2$. Таким чином, ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2\text{--K}_2\text{CO}_3$ було обрано для випробувань як основу вогнезахисного засобу для деревини.

Задля підвищення вогнезахисних властивостей було встановлено

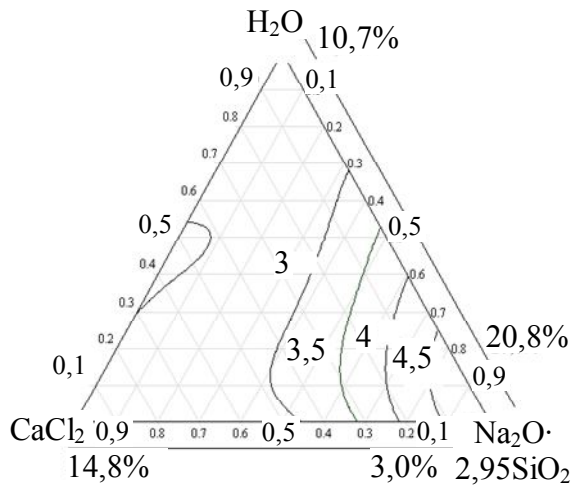


Рис. 9. Діаграма «склад-ЕВ» для ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{CaCl}_2$: цифрами позначено ЕВ, хв.

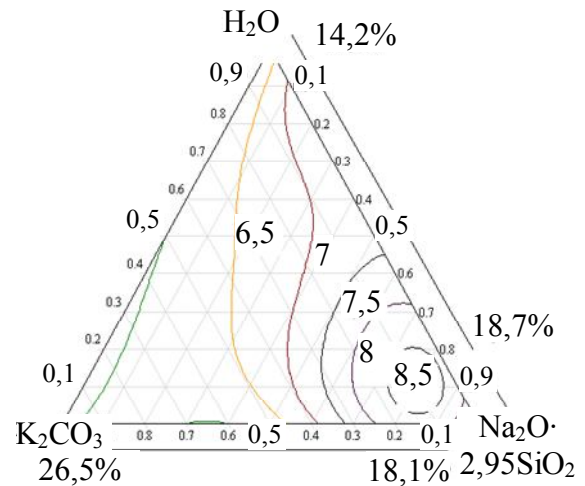


Рис. 10. Діаграма «склад-ЕВ» для ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$: цифрами позначена ЕВ, хв.

теплоізоляційний наповнювач. Виявлено, що введення до складу ГУС наповнювачів, що спучуються (вермикуліт неспучений; графіт, що термічно розширюється), не дає ефекту підвищення коефіцієнта спучення. Було проаналізовано ЕВ ксерогелю з різними наповнювачами (рис. 11).

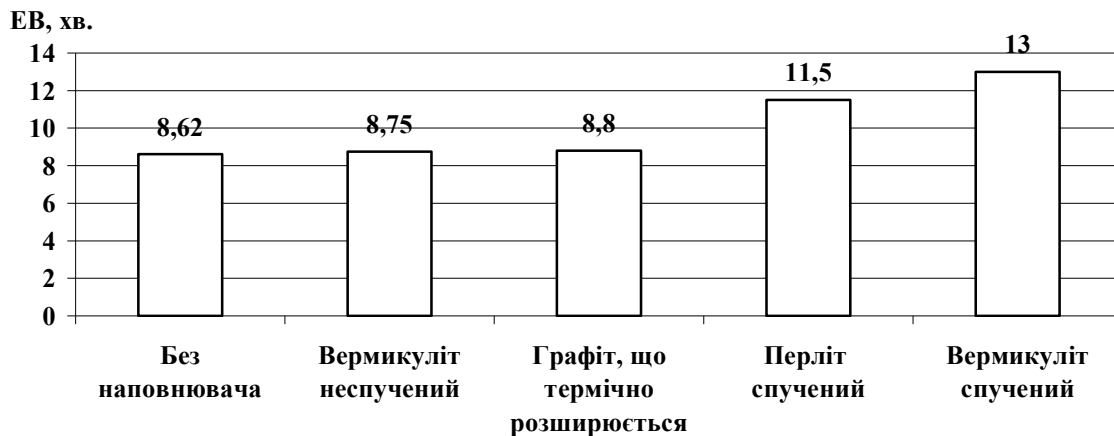


Рис. 11. Вплив вмісту наповнювачів на вогнезахисні властивості ксерогелю на основі ГУС $\text{Na}_2\text{O}\cdot 2,95\text{SiO}_2 - \text{K}_2\text{CO}_3$

Таким чином, було встановлено якісний склад вогнезахисного засобу на основі ГУС. За результатами попередніх досліджень було встановлено, що найбільший вплив на вогнезахисну ефективність мають чотири фактори: концентрація розчину K_2CO_3 (x_1), вміст азбесту і вермикуліту спученого в розчині силікату натрію (x_2 , x_3) і співвідношення витрат розчинів гелеутворювача і каталізатора гелеутворення при нанесенні (x_4). З урахуванням хімічної сумісності компонентів покриття, умов швидкого гелеутворення і можливості нанесення було визначено рівні варіювання цих факторів. В кожній точці плану типу 2^4 було визначено ЕВ. В центральній точці плану ЕВ визначалась на 7 зразках. За критерієм Кохрена було оцінено

похибку експерименту. Отримано регресійну модель ЕВ для покриття на основі ГУС (8):

$$EB = 271,5 + 8,5 \cdot x_1 + 19,3 \cdot x_2 + 33,2 \cdot x_3 + 13,5 \cdot x_4 + \\ + 8,2 \cdot x_1 \cdot x_2 - 7,6 \cdot x_1 \cdot x_4 + 16,5 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_3 - 16,9 \cdot x_1 \cdot x_2 \cdot x_4. \quad (8)$$

Максимального значення ЕВ система досягає за максимальної концентрації розчину K_2CO_3 , мінімального співвідношення розчинів, що подаються (рис. 12), максимального вмісту азбесту та вермикуліту неспученого.

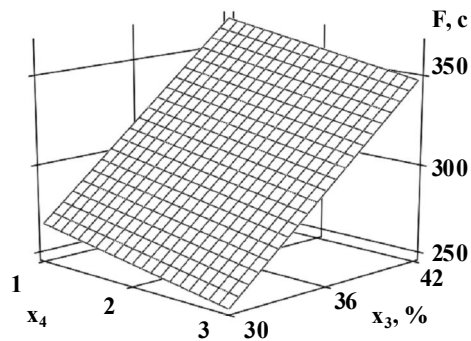


Рис. 12. Залежність вогнезахисної ефективності від концентрації K_2CO_3 і співвідношення витрат гелеутворюючих компонентів

Вибір складу дозволив отримати вогнезахисну композицію на основі силікату (СК-1). Компоненти наносяться одночасно з двох пульверизаторів з однаковою об'ємною витратою (продуктивністю), забезпечуючи їх змішування при попаданні на поверхню, що захищається.

У п'ятому розділі за допомогою стандартних методик визначено питому масу та теплопровідність шару покриття «СК-1» на різних етапах нагріву. Розроблено математичну модель вогнезахисної дії покриття, що спучується, до встановлення параметрів вогнезахисту покриття «СК-1». В даному дослідженні передбачається кілька додаткових спрощень:

1) склад покриття містить чотири компоненти – одну хімічно інертну (n) і одну активну компоненту (a), яка при нагріванні ендотермічно розпадається на інертну конденсовану (c) і газову компоненти (g);

2) спучення не досягає області делокалізації газової компоненти, що означає нехтування ефектами, пов'язаними із втратою маси вогнезахисного покриття (як показали експерименти, максимальна втрата маси даного покриття сягає 20%);

3) зразок деревини, що захищається, вважається хімічно інертною речовиною.

Математична модель являє собою шість диференціальних рівнянь, які описують масовий склад ($\rho_i(x, \tau)$), координату точки покриття (x) та потік тепла через систему «джерело тепла – покриття, що спучується – деревина – повітря».

Концентрації $\rho_i(x, \tau)$ задовольняють рівнянням матеріального балансу (9):

$$\frac{\partial \rho_i(x, \tau)}{\partial \tau} + \frac{\partial}{\partial x} [w(x, \tau) \cdot \rho_i(x, \tau)] = R_i(T, \rho), \quad (9)$$

де $R_i(T, \rho)$ – об'ємна щільність швидкості зміни маси i -ої компоненти, $\text{кг} \cdot \text{м}^{-3} \cdot \text{с}^{-1}$.

Система 4-х рівнянь (9) доповнюється відношенням енергетичного балансу (10):

$$c'_p \cdot \left(\frac{\partial T}{\partial \tau} + w \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) - \frac{\partial}{\partial x} \left(\lambda \cdot \frac{\partial T}{\partial x} \right) = -Q_R, \quad (10)$$

де $\lambda(T, \rho)$ – коефіцієнт теплопровідності покриття, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-1} \cdot \text{К}^{-1}$; Q_R – щільність потоку ентальпії реакції розпаду, $\text{Вт} \cdot \text{м}^{-3}$, що дорівнює:

$$Q_R = \sum_i h_i R_i = [h_a - (1 - k_g) \cdot h_c - k_g \cdot h_g] \cdot R_a(T), \quad (11)$$

де $h_i(T)$ ентальпія i -ої компоненти, $\text{Дж} \cdot \text{кг}^{-1}$, з урахуванням перетворень ($i = a, c, g$); k_g – доля маси активної компоненти, що переходить в газову фазу.

Для розв'язання системи (4+1) рівнянь (9), (10) необхідно знати швидкості остова $w(x, \tau)$. Остання задовольняє рівнянню:

$$\frac{\partial}{\partial x} w(x, \tau) = -k_g \cdot R_a(T) \cdot v_g(T), \quad (12)$$

де $v_g(T)$ – питомий об'єм газової компоненти, $\text{м}^3 \cdot \text{кг}^{-1}$.

Граничними умовами до розглядання системи рівнянь (9), (10), (12) є відсутність потоків маси компонент і безперервність потоків енергії на границях. Границя із поверхнею, що захищається ($x = 0$), є нерухомою, а зміна координати зовнішньої границі покриття (x_s) описується рівнянням:

$$\frac{dx_s(\tau)}{d\tau} = w(x_s(\tau), \tau), \quad x_s(0) = L_0, \quad (13)$$

де L_0 – початкова товщина покриття.

Експериментально було встановлено залежності температури на поверхні деревини та на поверхні покриття, що спучується, від часу дії полум'я, температури полум'я та товщини покриття для «СК-1» (рис. 13).

На рис. 14 наведено типову модельну залежність температур полум'я t_f , $^{\circ}\text{C}$, зовнішньої t_s , $^{\circ}\text{C}$ і внутрішньої t_w , $^{\circ}\text{C}$, поверхонь покриття.

Порівняння даних кривих на рис. 14 з температурною залежністю, наведеною на рис. 13, демонструє допустимість застосування такої моделі для опису дії покриття «СК-1», що спучується.

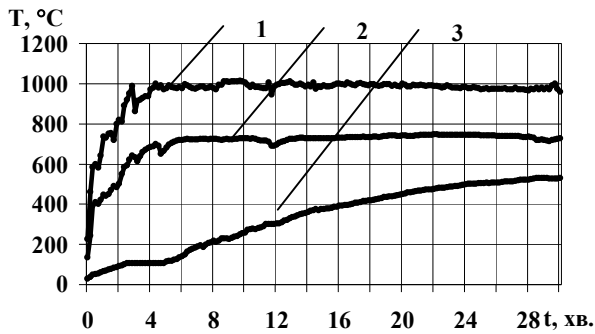


Рис. 13. Залежності температур від часу вогневої дії:

- 1 – полум'я;
- 2 – поверхні «СК-1»;
- 3 – деревини

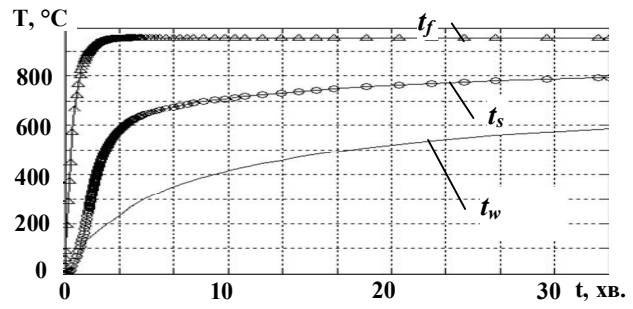


Рис. 14. Графіки модельної залежності температур від часу вогневого впливу:

- t_f – полум'я, °С;
- t_s – зовнішньої поверхні покриття, °С;
- t_w – внутрішньої поверхні покриття, °С

Стандартними методами випробувань встановлено високі експлуатаційні властивості «СК-1». Адгезія на відрив дорівнює 1,3 МПа, міцність на удар – 0,7 кг·м, що більш ніж в 2 рази перевищує регламентовані значення для будівельних сумішей, покриттів, фарб. Випробування на гігроскопічність довели доцільність застосування «СК-1» в сухих приміщеннях, для виконання внутрішніх робіт.

При визначенні групи вогнезахисної ефективності «СК-1» товщиною 1 мм (протокол № 2/15-2009) за ГОСТ 16363-98 середня втрата маси зразків дорівнювала 3,32 %, що в 2,7 разу менш за регламентований для отримання І групи вогнезахисної ефективності. Температура димових газів під час випробувань не перевищувала 190 °С. Деревина, оброблена «СК-1», має Іа підгрупу вогнезахисної деревини за ефективністю вогнезахисту за ГОСТ 30219.

Проведено натурні випробування на старіння протягом 3 років. На покритті з'являлись білі висоли, але вогнезахисні та експлуатаційні властивості засобу «СК-1» не погіршились.

ВИСНОВКИ

У роботі отримано нові науково обґрунтовані результати, які в сукупності забезпечують вирішення науково-практичної задачі щодо розробки вогнезахисного покриття підвищеної ефективності на основі силікатної гелеутворюючої системи для деревини.

1. Вперше для цілей довготривалого вогнезахисту запропоновано використання ГУС.

2. Вперше обґрунтовано принципи вибору компонентів вогнезахисних засобів на основі ГУС, які полягають у наступному: компоненти ГУС повинні забезпечувати спучування покриттів при вогневій дії, їх високу пористість і наявність в їх складі антипіренів.

3. Вперше встановлено, що запобігання розтріскуванню ксерогелевих покриттів при сушінні забезпечує введення волокнистих наповнювачів у кількості не менше 20 г·л⁻¹.

4. Сконструйовано та виготовлено установку для подачі компонентів ГУС із вмістом наповнювачів на поверхню деревини, особливістю якої є можливість одночасного роздільного пневматичного розпилення складових.

5. Розроблено і виготовлено лабораторну установку для визначення вогнезахисних властивостей покриття, особливістю якої є одночасна фіксація втрати маси досліджуваного зразка вогнезахищеної деревини і температури димових газів протягом тривалого часу вогневих випробувань.

6. Експериментально встановлено склад компонентів ГУС і умови їх подачі для отримання вогнезахисного покриття з найкращими характеристиками: концентрація розчину $\text{Na}_2\text{O} \cdot 2,95 \text{SiO}_2$ – 30%, концентрація розчину K_2CO_3 – 42 % мас., вміст азбесту – $60 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, вміст спученого вермикуліту – $70 \text{ г} \cdot \text{л}^{-1}$, співвідношення компонентів при нанесенні 1:1.

7. Показано, що засіб «СК-1» проявляє комплексну вогнезахисну дію – має властивості покриттів, що спучуються, і антипіренів.

8. Встановлено, що в покритті «СК-1» містяться речовини класу небезпеки не нижче III, не здатні виділяти при нагріванні горючі і токсичні речовини.

9. Розроблено математичну модель вогнезахисної дії вогнезахисного засобу для деревини, що спучується, «СК-1», яка враховує масо- та теплоперенос в системі покриття-деревина, переміщення шарів вогнезахисного покриття внаслідок спучення.

10. Розроблено технічні умови на дослідну партію (ТУ.У.24.3-08571363-620:2012, затверджені 15 червня 2012 року) та технологічну інструкцію (затверджено 15 червня 2012 року) на вогнезахисний засіб «СК-1». ТОВ «Фронт» виготовлено дослідну партію вогнезахисного засобу «СК-1» (акт від 18 червня 2012 року), передану КП «Харківспецпром» (акт від 21 червня 2012 року) для використання з метою вогнезахисту дерев'яних конструкцій будівель та споруд. Результати роботи впроваджено в навчальний процес НУЦЗУ при вивченні дисципліни «Теорія розвитку та припинення горіння» (акт від 15 червня 2012 року).

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

1. Чернуха А. А. Влияние состава покрытия и условий нанесения на целостность огнезащитного покрытия / А. А. Чернуха, А. А. Киреев, Г. В. Тарасова // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2007. – Вып. 21. – С. 292–296.

2. Чернуха А. А. Массовые скорости выгорания образцов древесины, покрытых огнезащитным составом на основе гелеобразующих систем / А. А. Чернуха, А. А. Киреев // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2007. – Вып. 22. – С. 194–197.

3. Киреев А. А. Термогравиметрические исследования огнезащитного действия ксерогелевых покрытий для древесины / А. А. Киреев, А. А. Чернуха, А. Д. Кириченко // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2008. – Вып. 23. – С. 73–78.

4. Киреев А. А. Подбор гелеобразующих систем для получения вспучивающихся огнезащитных покрытий / А. А. Киреев, А. А. Чернуха

// Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2008. – Вып. 24. – С. 54 -60.

5. Чернуха А. А. Термодинамический расчёт процессов, происходящих в огнезащитных составах на основе ксерогеля / А. А. Чернуха, Е. В. Доронин // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2009. – Вып. 25. – С. 190 -194.

6. Чернуха А. А. Исследование процессов формирования огнезащитного покрытия / А. А. Чернуха, А. А. Киреев, О. Б. Скородумова // Вісник Національного технічного університету “Харківський політехнічний інститут” : зб. наук. пр.; тематичний випуск “Хімія, хімічна технологія та екологія”. – Х., 2009. – Вип. 40. – С. 32–37.

7. Чернуха А. А. Исследование огнезащитной эффективности покрытий на основе ксерогелевой композиции / А. А. Чернуха, А. А. Киреев, С. Н. Бондаренко, А. Д. Кириченко // Проблемы пожарной безопасности: сб. науч. тр. – Х., 2009. – Вып. 26. – С. 166–171.

8. Чернуха А. А. Исследование эксплуатационных и теплоизоляционных свойств огнезащитного покрытия СК-1 / А. А. Чернуха, А. А. Киреев, И. Э. Казимагомедов, Т. А. Костюк // Науковий вісник будівництва : зб. наук. пр. – Х., 2009. – Вип. 54. – С. 357–360.

9. Чернуха А. А. Определение условий использования огнезащитного покрытия на основе ксерогеля / А. А. Чернуха, Д. В. Олейник, Н. А. Бруев // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2011. – Вып. 29. – С. 171-174.

10. Чернуха А. А. Экспериментальное исследование температуропроводности вспучивающихся огнезащитных покрытий для древесины / А. А. Чернуха // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2011. – Вып. 30. – С. 263–267.

11. Шаршанов А. Я. Математическое моделирование огнезащитного действия вспучивающегося покрытия СК-1 / А. Я. Шаршанов, А. А. Чернуха // Проблемы пожарной безопасности : сб. науч. тр. – Х., 2012. – Вып. 31. – С. 230 -236.

12. Chernuha A. A. Research of physical and chemical properties of gel-forming fire extinguishing and fire-resistant compositions / A. A. Chernuha, A. A. Kireev, G. V. Tarasova // Modern Physical Chemistry for Advanced Materials : International Conference : book of abstracts. – Kharkiv, 2007. – P. 183–184.

13. Киреев А. А. Огнезащита древесины с помощью гелеобразующих составов / А. А. Киреев, А. А. Чернуха // Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация : IV Международная научно-практическая конференция : сб. тез. докл. – Минск, 2007. – С. 122–123.

14. Чернуха А. А. Изучение влияния огнезащиты на поведение древесины в условиях пожара / А. А. Чернуха, А. Д. Кириченко // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів : матеріали науково-технічної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х., 2008. – С. 186–187.

15. Чернуха А. А. Исследование теплоизоляционных свойств огнезащитного покрытия СК-1 / А. А. Чернуха // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення боєздатності оперативно-рятувальних підрозділів : матеріали науково-технічної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х., 2009. – С. 233–234.

16. Чернуха А. А. Огнезащита древесины с помощью гелеобразующих систем / А. А. Чернуха // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення постійної готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням : матеріали VII науково-технічної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х., 2010. – С. 227–229.

17. Чернуха А. А. Огнезащита древесины с помощью гелеобразующих систем / А. А. Чернуха, А. М. Миrowsкий // Об'єднання теорії та практики – залог підвищення постійної готовності оперативно-рятувальних підрозділів до виконання дій за призначенням : матеріали VIII науково-технічної конференції / Національний університет цивільного захисту України. – Х., 2011. – С. 109–110.

АНОТАЦІЯ

Чернуха А.А. Підвищення ефективності вогнезахисту деревини за допомогою гелеутворюючих складів на основі силікатів. – Рукопис.

Дисертація на здобуття вченого ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02. – “Пожежна безпека”. Національний університет цивільного захисту України, Харків, 2012 р.

Визначено, що підвищити ефективність вогнезахисту деревини можна шляхом реалізації концепції комплексного захисту. Встановлено можливість використання комплексу механізмів вогнезахисту деревини за допомогою гелеутворюючих систем (ГУС) на основі силікатів.

Досліджено можливість спучення ксерогелю ГУС силікат натрію – карбонат калію. Встановлено, що при термічній обробці зразка відбувається спучення в 5-8 разів з утворенням високопористого теплоізоляційного покриття.

Розроблено методику визначення ефективності засобів вогнезахисту деревини при терміні вогневої дії, що відповідає усередненому часу вільного розвитку пожежі в Україні (до 30 хв.). Встановлено вогнезахисну дію антипірену в складі ГУС.

Встановлено ГУС, ксерогель якої має найвищі вогнезахисні властивості, визначено волокнистий та теплоізоляційний наповнювачі. Склад ГУС та вміст наповнювачів обрано за максимальним значенням ефективності вогнезахисту, отримано вогнезахисний засіб підвищеної ефективності для деревини «СК-1».

Стандартними методиками встановлено можливість використання вогнезахисного засобу для деревини «СК-1». Розроблено технічні умови та технологічну інструкцію, щодо виготовлення та застосування вогнезахисного засобу «СК-1».

Ключові слова: деревина, вогнезахист, гелеутворююча система, антипірен, адгезія, вогнезахисна ефективність, математична модель.

ABSTRACT

Chernuha A. A. Increasing of the fire protection for a wood using the gel-forming compositions based on the silicates. - Manuscript.

The dissertation is for the degree of candidate of technical sciences in specialty 21.06.02. - "Fire Safety". National University of Civil Protection of Ukraine, Kharkov, 2012

There was determined that the effectiveness of fire protection can be improved by implementing a comprehensive security. Also there was found the possibility to use complex mechanisms for fire protection of wood by means of the gel-forming systems (GFS) based on the silicates.

The possibility of the intumescent xerogel GFS sodium silicate and carbonate of potassium was investigated. There was found that during heat treatment the sample is swelling in 5-8 times with the formation of the highly porous insulating coating.

There was created the method to determine of the effectiveness means of fire protection of the wood from fire in the term of the corresponding averaged time free fire in the Ukraine (30 min.). There was defined which effect after using the fire-retardant in composition GFS.

There was defined GFS xerogel which has the highest fire-retardant properties, defined fibrous insulation and filler. GFS composition and content of fillers were choiced for efficient fire protection, was created the fireproof tool with more efficiency of the wood "СК-1".

With using the standard methods was established the possibility of the using of the product "СК-1" for saving wood in the fire. There were developed specifications and technology instruction for making and using the fire retardant product "СК-1."

Keywords: wood, fire protection, gel-forming system, fire retardants, adhesion, flame retardant efficiency, mathematical model.

АННОТАЦИЯ

Чернуха А. А. Повышение эффективности огнезащиты древесины с помощью гелеобразующих составов на основе силикатов. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02. – “Пожарная безопасность”. Национальный университет гражданской защиты Украины, Харьков, 2012 г.

При изучении механизмов действия известных огнезащитных средств для древесины определено, что основными из них являются: теплоизоляция (высокая теплоёмкость, низкая теплопроводность), механическая изоляция, ингибирование процесса горения, изменение процесса термодеструкции древесины в сторону образования негорючих газовых продуктов, разбавление негорючими продуктами зоны горения. Повысить эффективность огнезащиты древесины можно путем реализации концепции комплексного действия огнезащитного средства.

На основе литературных источников установлена возможность использования нескольких механизмов огнезащиты древесины, при использовании гелеобразующих систем (ГОС) на основе силикатов: изоляция,

за счёт образования на защищаемой поверхности огнезащитного покрытия с высокими физико-механическими и теплоизоляционными свойствами, способного вспучиваться при нагревании; пропитка, за счёт наличия в составе ГОС антипирена, способного пропитывать древесину во время длительного (48 часов) процесса сушки покрытия.

Разработана методика выбора ГОС для долговременной огнезащиты древесины. Определены ГОС, с помощью которых можно получить покрытие с высокими физико-механическими свойствами и адгезией к древесине. С помощью ИК-спектроскопии, рентгено-фазового и дифференциально-термического анализа, петрографии исследована возможность вспучивания ксерогеля ГОС силикат натрия – карбонат калия. Установлено, что при термической обработке образца ксерогеля при различной интенсивности роста температуры происходят физико-химические экзотермические процессы, приводящие к вспучиванию ксерогеля в 5-8 раз с образованием высокопористого теплоизоляционного покрытия.

Разработана методика определения эффективности средств огнезащиты древесины при времени огневого воздействия, соответствующему усредненному времени свободного развития пожара в Украине (до 30 мин.). При исследовании необработанной древесины, обработанной огнезащитным пропиточным составом и древесины после удаления ксерогеля ГОС установлено огнезащитное действие антипирена в составе ГОС.

Установлена ГОС, ксерогель которой имеет самые высокие огнезащитные свойства, определён наполнитель, введение которого в состав ГОС значительно повышает его огнезащитную эффективность. В результате выбора состава ГОС и содержания добавок по критерию максимальной эффективности огнезащиты получено огнезащитное средство повышенной эффективности для древесины «СК-1».

Определены физические характеристики огнезащитного покрытия для различных температур. Разработана математическая модель огнезащитного действия покрытия «СК-1».

Определены эксплуатационные и огнезащитные свойства покрытия «СК-1». Установлено, что адгезия и прочность при ударе значительно превышают регламентированные для строительных смесей и красок. Гигроскопичность покрытия «СК-1» позволяет эксплуатацию данного продукта в сухих помещениях. При установлении группы огнезащитной эффективности «СК-1» согласно ГОСТ 16363 процент потери массы при испытаниях был 2,7 раза меньше (3,3%), чем необходимо для I группы (9%). Температура дымовых газов не превышала 190 °С, что определяет Ia подгруппу древесины по эффективности огнезащиты согласно ГОСТ 30219.

Разработаны технические условия и технологическая инструкция на изготовление и применение огнезащитного средства «СК-1».

Ключевые слова: древесина, огнезащита, гелеобразующая система, антипирен, адгезия, огнезащитная эффективность, математическая модель.

Підписано до друку 06.02.13. Формат 60x84/16.
Папір 80 г/м². Друк ризограф. Ум.друк. арк. 1,0.
Тираж 100 прим. Вид. № 175/12. Зам.№ 612/12.

Відділення редакційно-видавничої діяльності
Національного університету цивільного захисту України
61023, м. Харків, вул. Чернишевська, 94

