

**МІНІСТЕРСТВО УКРАЇНИ З ПИТАНЬ НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ
ТА У СПРАВАХ ЗАХИСТУ НАСЕЛЕННЯ ВІД НАСЛІДКІВ
ЧОРНОБИЛЬСЬКОЇ КАТАСТРОФИ**

УКРАЇНСЬКИЙ НАУКОВО-ДОСЛІДНИЙ ІНСТИТУТ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ

БАРИЛО ОКСАНА ГРИГОРІВНА



УДК 614.842.615

**ВОГНЕБІОЗАХИСТ ТКАНИН І ПАПЕРУ
ПРОСОЧУВАЛЬНОЮ КОМПОЗИЦІЄЮ**

21.06.02 - пожежна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Київ-2005

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана в Українському науково-дослідному інституті пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України (м. Київ).

Науковий керівник: кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Цапко Юрій Володимирович, Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, начальник відділу вогнегасних речовин.

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, професор
Яковлева Раїса Антонівна, Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, завідувач кафедри загальної хімії;

кандидат технічних наук, старший науковий співробітник
Харченко Ігор Олександрович, Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, начальник науково-дослідного центру управління якістю досліджень та випробувань.

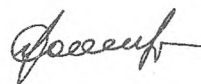
Провідна установа: Львівський інститут пожежної безпеки МНС України (м. Львів).

Захист відбудеться "22" грудня 2005 р. о 12 годині на засіданні спеціалізованої вченої ради СРК 26.720.01 в Українському науково-дослідному інституті пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України за адресою: 01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Українського науково-дослідного інституту пожежної безпеки (УкрНДПБ) МНС України за адресою: 01011, м. Київ, вул. Рибальська, 18.

Автореферат розісланий "17" листопада 2005 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
к.т.н., с.н.с.



Сопенко С.І.

Підписано до друку 16.11.2005 р. Формат 60 x 84/16
Папір офсет. Гарнітура "Таймс". Ум.друк.стор.1,25
Друк різнографія. Зам. № 1013/11. Наклад 100 прим.
СПД "Усенко Ю.В."

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. На теперішній час текстильні матеріали і папір традиційно залишаються одними з найбільш розповсюджених матеріалів для облаштування приміщень. У зв'язку з їх підвищеною горючістю збільшується пожежне навантаження об'єктів. Статистичні дані щодо виникнення пожеж у результаті займання текстильних матеріалів та паперу свідчать, що в 2004 році в Україні зареєстровано 47670 пожеж, серед яких 3598 (7,6 % від загальної кількості) виникли саме в результаті займання текстильних матеріалів та паперу. В результаті цих пожеж загинула 1341 людина, а побічні збитки склали понад 56 млн. грн. За перше півріччя 2005 року було зареєстровано 27875 пожеж, із них у результаті загоряння текстильних матеріалів виникло 6416, що становить 23 % від загальної кількості. Спостерігається тенденція до збільшення кількості пожеж, спричинених загорянням текстильних матеріалів і паперу та кількості загиблих людей. Зокрема, у вересні 2005 року в одному з театрів м. Каїра (Єгипет) від звичайної свічки виникло загоряння порт'єр, куліс та декорацій з паперу. Під час пожежі загинуло 38 осіб. Однією з причин швидкого розвитку пожежі була відсутність протипожежного захисту виробів з тканин і паперу.

В результаті оброблення засобами вогнезахисту текстильних матеріалів і паперу виключається можливість їх загоряння від малокалорійних джерел запалювання. Завдяки такій обробці тканини й папір переводяться у важкозаймистий стан, який дозволяє обмежити поширення полум'я, але при цьому деякі засоби вогнезахисту підвищують димоутворювальну здатність та токсичність продуктів згоряння.

Питання вогнезахисту текстильних матеріалів досліджувались у роботах С.І.Таубкіна, В.М.Жартовського, Н.І.Костянтинової, М.В.Колосніченко та інших. Однак у цій сфері ще існує ряд невирішених проблем: сучасні засоби недостатньо ефективні, оброблені вироби неестетичні, не відповідають експлуатаційним показникам, не протистоять біоуруйнуванню.

Цим зумовлена актуальність теми дисертаційної роботи, яка спрямована на визначення умов захисту тканин і паперу від загоряння та біологічного руйнування із застосуванням просочувальної композиції на основі неорганічних і органічних речовин, на розроблення нормативних документів, якими регламентуються технічні вимоги до цих речовин, методи випробувань та технології їх застосування, що сприятиме зниженню пожежної небезпеки об'єктів з урахуванням сучасних вимог щодо охорони довкілля.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дослідження проводилися в рамках Державної програми забезпечення пожежної безпеки на період до 2010 року, затвердженої Постановою Кабінету Міністрів України від 01.06.2002 р. № 870, під час виконання науково-дослідних робіт за такими темами:

- "Провести дослідження і розробити проект рекомендацій щодо вогнебіозахисту тканин і паперу (обгортувального і пакувального)" (державний реєстраційний № 0105U005090), особистий внесок – проведення аналітичних та експериментальних досліджень, розроблення проекту рекомендацій.

- "Розробити проект Державного стандарту України "Речовини вогнезахисні для деревини. Загальні технічні вимоги і методи випробувань" (державний реєстраційний № 0103U007969); особистий внесок – один із авторів розробки проекту ДСТУ.

Мета роботи - теоретичне обґрунтування та експериментальне підтвердження умов захисту тканин і паперу від загоряння та біологічного руйнування із застосуванням просочувальної композиції біфункціонального призначення для зниження пожежної небезпеки об'єктів.

Задачі досліджень. Для виконання поставленої мети необхідно було вирішити такі задачі:

- провести аналітичні дослідження сучасного стану вогнебіозахисту тканин і паперу просочувальними розчинами;
- провести дослідження з розроблення рецептури просочувальної композиції на основі неорганічних і органічних речовин, придатної для забезпечення вогнезахисту і біозахисту тканин і паперу з урахуванням екологічних, естетичних та експлуатаційних вимог та оптимізувати її рецептуру;
- провести теоретичні дослідження швидкості вигорання та тепловиділення при горінні зразків тканин і паперу;
- провести комплекс експериментальних досліджень ефективності вогнезахисту тканин і паперу після їх просочення композицією на основі неорганічних і органічних речовин;
- розробити відповідну нормативно-технічну документацію та провести дослідження щодо практичного застосування просочувальної композиції на основі неорганічних і органічних речовин для вогнебіозахисту тканин і паперу.
- провести техніко-економічні розрахунки щодо обґрунтування доцільності використання розробленої просочувальної композиції.

Ідея роботи полягає в розробленні біфункціональної просочувальної композиції на основі неорганічних і органічних речовин для вогне- та біозахисту тканин та паперу.

Об'єкт досліджень - тканини природного, штучного та синтетичного походження, папір, просочувальна композиція.

Предмет досліджень - процеси просочення виробів з тканин і паперу, процеси поширення полум'я по поверхні тканин і паперу та його припинення.

Методи дослідження. Для досягнення мети і вирішення поставлених задач у роботі використано комплексний метод дослідження, що містив аналіз і узагальнення науково-технічних досягнень у вогнезахисті целюлозних матеріалів, фізико-хімічні методи досліджень (газова хроматографія, ІЧ-спектроскопічний аналіз, оптична спектроскопія), теоретичні дослідження швидкості вигорання та тепловиділення при горінні зразків тканин і паперу, методи лабораторних випробувань (оцінювання реагування матеріалів на дію теплового випромінювання, їх займистість та димоутворення), які регламентуються діючими стандартами, експериментальний метод визначення умов захисту тканин і паперу від біологічного руйнування. Під час розроблення рецептури просочувальної композиції проводили математичне планування експерименту за методом Бокса-Уілсона.

Основні наукові положення, що виносяться на захист, та їх новизна:

1. Вперше за допомогою інфрачервоної спектроскопії встановлено та морфологічними дослідженнями підтверджено, що вогнебіозахисна композиція являє собою нове утворення комплексу фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом ("Гембаром"). Визначено оптимальне співвідношення компонентів у водному розчині просочувальної композиції, що містить 22 % фосфату сечовини та 1 % "Гембару".

2. Теоретично встановлено та експериментально визначено, що за умови вогнезахисту тканин і паперу зазначеною композицією масова швидкість вигорання зменшується в 2-4 рази, а швидкість тепловиділення - в 30 разів. Теоретично та експериментально виявлено вплив компонентів розробленої просочувальної композиції на ефективність вогнебіозахисту, встановлено зменшення кількості горючих газів в сумішах летких продуктів термодеструкції

theoretically and approved experimentally. Calculation of burning-out speed of materials and estimation of changing of heat flow to that materials are subjected in the presence of fire protective substances has been done.

It has been stated with the aid of infrared spectroscopy and proved with morphological research that the composition for protection from fire and biological deterioration is a fresh complex compound of carbamide phosphate and polyhexamethylenguanidine phosphate. The film changes thermal destruction process of combustible materials. It has been stated using gas chromatography that quantum of combustible gases evolving decreases if the materials subjected to thermal destruction have been protected from fire and biological deterioration.

Compounding of an impregnating composition for protection of textiles and paper from fire and biological deterioration has been optimized in the work on the basis of results of analytical and experimental research. Dependence of efficiency of fire protection upon content of the impregnating composition has been obtained, and it has been stated that such the composition provides required level of biological tolerance.

The main results of the work have been used in working out of recommendations as to fire protection of textiles and paper as well as their protection from biological deterioration. They have been used in treatment of specimens of "Runotex" textile applied in manufacturing of chairs for passenger cars of railway transport, and "Isotex" paper materials used for internal finishing of rooms, too.

Key words: hardly flammable materials, efficiency of protection of textiles and paper from fire and biological deterioration, impregnating composition, carbamide phosphate, polyhexamethylenguanidine phosphate, gas chromatography.

вогнебіо захищених матеріалів: метану - в 30 разів, водню - в 25-30 разів, а оксиду вуглецю - в 35-40 разів. Визначено, що при значенні поверхневої густини теплового потоку 50 кВт/м² протягом 900 секунд не відбувається займання оброблених зразків тканин і паперу. Експериментально підтверджено, що розроблена просочувальна композиція забезпечує підвищення рівня біостійкості для оброблених зразків тканин і паперу в 19-20 разів за показником біоруйнування.

3. Експериментально встановлено, що залежно від хімічної природи матеріалів за різних витрат розробленої просочувальної композиції (для віскозної тканини поглинання просочувальної композиції становить 175 г/м², для бавовняної - 185 г/м², для бавовняно-поліефірної (50:50) - 190 г/м², для поліефірної - 210 г/м², для лляної - 1025 г/м², для паперу - 186 г/м²) легкозаймисті матеріали переводять у стан важкозаймистих.

4. Обґрунтовано можливість зниження пожежної небезпеки об'єктів із застосуванням важкозаймистих тканин і паперу.

Наукова новизна отриманих результатів полягає у виявленні впливу розробленої просочувальної композиції на ефективність захисту тканин і паперу від загоряння і біологічного руйнування та обґрунтуванні можливості застосування вогнебіо захищених тканин і паперу для зниження пожежної небезпеки об'єктів з урахуванням сучасних екологічних вимог.

Практичне значення отриманих результатів полягає в тому, що розроблена просочувальна композиція на основі фосфату сечовини, полімерного антисептика "Гембар" для тканин (з додаванням крохмалю - для паперу) дозволяє отримувати текстильні матеріали і папір з високим ефектом вогнебіо захисту та з помірним ступенем токсичності, не погіршуючи їх естетичні та експлуатаційні показники. Використання таких матеріалів дозволяє знизити ризик виникнення і можливості розвитку пожежі на об'єктах з масовим перебуванням людей, а також збільшити тривалість експлуатації виробів з текстильних матеріалів і паперу. Розроблено нормативно-технічну документацію у вигляді технічних умов, технологічного регламенту на виготовлення просочувальної композиції для поверхневого вогне- та біо захисту тканини і паперу, а також рекомендацій щодо її застосування.

Реалізація висновків і результатів роботи здійснена шляхом їхнього використання при виробництві композиції просочувальної для поверхневого вогне- та біо захисту тканин і паперу (ФСГ-1 - для тканин, ФСГ-1К - для паперу), що виробляється ТОВ "Захист-Центр", при розробленні рекомендацій з вогне- та біо захисту тканин і паперу на об'єктах з масовим перебуванням людей (в театрах, готелях, ресторанах, на залізничному транспорті). Зокрема, зразки тканини "Runotex", що оброблені вогнебіо захисною композицією, використовують для виготовлення крісел пасажирських вагонів залізничного транспорту та паперових матеріалів "Isotex", які застосовують для внутрішнього облаштування приміщень.

Особистий внесок здобувача: проведено аналіз літературних джерел, присвячених вогнезахисту целюлозних матеріалів; виконано теоретичний розрахунок масової швидкості вигорання зразків целюлозовмісних матеріалів; здійснено лабораторні дослідження з підбору співвідношення компонентів та концентрації просочувальної композиції, досліджено умови вогнебіо захисту тканин (бавовняної, лляної, віскозної, поліефірної, бавовняно-поліефірної) і паперу шляхом проведення експериментальних досліджень, визначено оптимальну рецептуру просочувальної композиції для вогнебіо захисту тканин і паперу.

Апробація результатів дисертації. Основні результати дисертаційних досліджень доповідалися на семінарі “Огнезащита строительных материалов и конструкций” в рамках Міжнародного форуму “Природная, техногенная и пожарная безопасность России” (м. Москва-2004), VI Всеукраїнській науково-практичній конференції рятувальників “Актуальні проблеми цивільного захисту” (м. Київ-2004), науково-практичних заходах у рамках спеціалізованої виставки “Пожарна та техногенна безпека України 2005” (м. Київ-2005), III Міжнародній науково-практичній конференції “Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация” (м. Мінськ-2005), III Міжнародній науково-технічній конференції “Живучесть корабля и безопасность на море” (м. Севастополь-2005).

Публікації. За результатами досліджень опубліковано 15 робіт, з них 6 наукових статей у виданнях, внесених до переліку ВАК України, тези 5 доповідей на науково-практичних конференціях та семінарах.

Структура і обсяг роботи. Дисертаційна робота складається зі вступу, чотирьох розділів і загальних висновків, списку використаних літературних джерел з 131 найменування; містить 198 сторінок друкованого тексту, 27 таблиць, 37 ілюстрацій і 6 додатків.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У **ВСТУПІ** обґрунтовано вибір та актуальність теми дослідження, сформульовано мету роботи, задачі досліджень, відзначено наукову новизну, особистий внесок здобувача та практичне значення роботи.

У **ПЕРШОМУ РОЗДІЛІ** викладено результати аналізу літературних даних, пов'язаних з проблемою вогнезахисту текстильних матеріалів та паперу.

Аналіз пожежної небезпеки целюлозовмісних матеріалів свідчить про те, що при нагріванні їх до високих температур, високомолекулярні речовини (целюлоза, лігнін, пентозани, гексозани), які входять до складу таких матеріалів, розкладаються. Розклад проходить у напрямку утворення більш простих і стійких речовин. Полум'я горіння целюлозовмісних матеріалів обумовлене виділенням горючих газів в такій кількості, яка відповідає нижній концентраційній межі запалення. Полум'я, яке утворюється при цьому, випромінює досить велику кількість енергії, що відіграє важливу роль у поширенні вогню.

В цьому розділі викладено результати аналізу ефективності захисту целюлозовмісних матеріалів із застосуванням вогнезахисних засобів. Ефект від дії вогнезахисту визначається за проходженням фізичних процесів у захищеному матеріалі. Під впливом нагрівання складові засоби випаровуються або дисоціюють із поглинанням тепла, достатнім для попередження можливості підвищення температури захищеного матеріалу до температури загорання. Негорючі гази, що виділяються при нагріванні, розбавляють горючі газоподібні продукти до незаймистого стану. При температурі, нижчій за температуру горіння, складові вогнезахисних засобів плавляться, утворюючи повітронепроникний шар, який перешкоджає доступу повітря до поверхні матеріалу. Описані процеси не дають можливості повністю пояснити дію вогнезахисту та визначити ефективність захисту штучних, синтетичних та напівсинтетичних тканин.

Для комплексного захисту целюлозовмісних матеріалів від загорання і біологічного руйнування пропонують використовувати такі препарати: суміш сульфату амонію, діамонійфосфату і фтористого натрію або ортоборату натрію і борної кислоти та суміш карбонату натрію і борної кислоти та інші. Але окремі засоби вміщують високо небезпечні речовини, зокрема фтористий натрій, що зменшує

Исследованы продукты термодеструкции необработанных и обработанных образцов тканей и бумаги. С помощью газовой хроматографии установлено, что при термодеструкции огнебиозащищенных материалов уменьшается количество горючих газов: количество метана уменьшается в 30 раз, водорода - в 25-30 раз, оксида углерода - в 35-40 раз.

Экспериментально установлено, что огнебиозащищенные образцы тканей (хлопчатобумажной, смесовой, полиэфирной, льняной, вискозной) и бумаги относятся к трудновоспламеняемым материалам, с умеренной дымообразующей способностью.

Экспериментальными исследованиями подтверждены результаты расчета оптимальной концентрации компонентов в водном растворе пропиточной композиции.

По результатам аналитических и экспериментальных исследований установлено, что композиция пропиточная для поверхностной огнебиозащиты тканей и бумаги обеспечивает необходимый уровень биостойчивости, дает возможность получать текстильные материалы и бумагу с высоким эффектом огнезащиты. Использование таких материалов позволяет снизить риск возникновения и возможность развития пожара на объектах с массовым пребыванием людей, а также увеличить продолжительность эксплуатации изделий из текстильных материалов и бумаги. Разработана нормативно-техническая документация в виде технических условий, технологического регламента на изготовление композиции пропиточной для поверхностной огне- и биозащиты тканей и бумаги, а также рекомендаций по ее применению.

Основные результаты работы использованы при производстве композиции пропиточной для поверхностной огне- и биозащиты тканей и бумаги (ФСГ-1), при разработке рекомендаций по огне- и биозащите тканей и бумаги на объектах с массовым пребыванием людей (в театрах, отелях, ресторанах, на железнодорожном транспорте). В частности, обработанные огнебиозащитной композицией образцы ткани “Runotex” используются для изготовления кресел пассажирских вагонов железнодорожного транспорта, а обработанные огнебиозащитной композицией образцы бумажных материалов “Isotex” используются для внутреннего обустройства помещений.

Ключевые слова: трудновоспламеняемые материалы, эффективность огнебиозащиты тканей и бумаги, пропиточная композиция, фосфат мочевины, полигексаметиленгуанидинфосфат, газовая хроматография.

ABSTRACT

Barylo O.G. Protection of textiles and paper from fire and biological deterioration with an impregnating composition. – A manuscript.

A dissertation for competition of the scientific degree of Candidate of Sciences (Engineering) by the specialty of 21.06.02 – “fire safety”. The Ukrainian Fire Safety Research Institute of the MES of Ukraine, Kyiv, 2005.

The dissertation work is dedicated to solution of an actual scientific and technical problem lowering of fire danger of objects by introduction of hardly combustible materials made of textiles and paper using an impregnating composition based on carbamide phosphate and polyhexamethylenguanidine phosphate (“FSG-1”). Conditions of protection of textiles and paper from inflammation and biological deterioration have been revealed while using “FSG-1” impregnating composition. Boundary conditions for transformation of flammable textiles as well as paper into hardly combustible state by their treatment with a composition for protection from fire and biological deterioration have been substantiated

Теоретично встановлено та експериментально підтверджено граничні умови переведення легкозаймистих тканин і паперу у важкозаймистий стан шляхом їх оброблення вогнебіозахисною композицією ФСГ-1. Проведено розрахунок швидкості вигорання матеріалів та оцінювання зміни інтенсивності теплового потоку на матеріали за наявності вогнезахисних речовин.

Методом інфрачервоної спектроскопії встановлено та морфологічними дослідженнями підтверджено, що вогнебіозахисна композиція являє собою нову комплексну сполуку фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідином. Методом газової хроматографії встановлено, що при термодеструкції вогнебіозахищених тканин і паперу зменшується кількість горючих газів.

Експериментальними дослідженнями підтверджено результати розрахунку оптимальної концентрації компонентів у водному розчині просочувальної композиції. Отримано залежність ефективності вогнезахисту від вмісту просочувальної композиції та хімічної природи тканин і паперу та встановлено, що така композиція забезпечує необхідний рівень біостійкості.

Основні результати роботи використано при розробленні рекомендацій з вогне- та біозахисту тканин і паперу, а також при обробленні зразків тканини "Runotex", що використовується для виготовлення крісел пасажирських вагонів залізничного транспорту та паперових матеріалів "Isotex", які застосовують для внутрішнього облаштування приміщень.

Ключові слова: важкозаймисті матеріали, ефективність вогнебіозахисту тканин і паперу, просочувальна композиція, фосфат сечовини, полігексаметиленгуанідинфосфат, газова хроматографія.

АННОТАЦИЯ

Барило О.Г. Огнебиозащита тканей и бумаги пропиточной композицией - Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – "пожарная безопасность". Украинский научно-исследовательский институт пожарной безопасности МЧС Украины, Киев - 2005.

Диссертационная работа посвящена решению актуальной научно - технической задачи снижения пожарной опасности объектов путем внедрения трудновоспламеняемых материалов из тканей и бумаги с применением пропиточной композиции на основе неорганических и органических веществ, внедрение результатов в практику.

Выявлены условия защиты тканей и бумаги от загорания и биологического разрушения с применением пропиточной композиции на основе неорганических и органических веществ. Теоретически установлены и экспериментально подтверждены предельные условия переведения легковоспламеняющихся тканей и бумаги в трудновоспламеняемое состояние путем их обработки огнебиозащитной композицией на основе фосфата мочевины с полимерным антисептиком "Тембар" (ФСГ-1).

Проведен расчет скорости выгорания материалов и оценивание изменения интенсивности теплового потока на материалы при наличии огнезащитных веществ, которое позволяет спрогнозировать влияние пропиточной композиции на динамику горения образцов целлюлозосодержащих материалов, а также на эффективность огнезащиты.

Экспериментальными исследованиями с применением ИК-спектроскопии установлено, что композиция на основе неорганических и органических веществ представляет собой комплекс фосфата мочевины с полигексаметиленгуанидином. С помощью оптической спектроскопии подтверждены ингибирующие свойства пропиточной композиции.

перспективу їх використання для вогнезахисту. Також для вогнезахисту текстильних матеріалів використовують засоби "Т-2" та "Probanfinish-210" недоліком яких є висока димоутворювальна здатність та токсичність продуктів горіння. На сьогоднішній день існують ефективні просочувальні засоби, одним з яких є суміш антипірену (фосфати та сульфати амонію) з полімерним антисептиком "Тембар".

Вогнезахисне оброблення тканин і паперу такими засобами призводить до утворення на поверхні солей, втрати матеріалом захисних властивостей у часі, погіршення естетичних показників. Застосування сучасних вогнебіозахисних сумішей, таких як ДСА-1 та ДСА-2, незручно в технологічному аспекті.

У зв'язку з розглянутими проблемами та для підвищення ефективності вогнезахисту тканин і паперу запропоновано застосовувати просочувальну композицію на основі фосфату сечовини з полімерним антисептиком полігексаметиленгуанідинфосфатом.

На підставі проведеного літературного аналізу сформульовано мету і задачі досліджень та визначено основні напрямки їх розв'язання.

ДРУГИЙ РОЗДІЛ присвячено теоретичним та аналітичним дослідженням умов вогнезахисту тканин і паперу із застосуванням вогнезахисних речовин.

Швидкість тепловиділення при горінні матеріалів впливає на показники пожежної небезпеки. Поширення полум'я при горінні природних та синтетичних матеріалів є чинником, що визначає інтенсивність і динаміку розвитку пожежі та залежить від ефективності вогнезахисту та масової швидкості вигорання зразків в процесі полуменевого горіння.

Для визначення характеристик тепловиділення матеріалів при їхньому горінні використовується рівняння, що пов'язує швидкість тепловиділення при горінні матеріалу з масовою швидкістю вигорання і нижчою теплою згорання:

$$Q = \eta \cdot v \cdot Q_n \cdot S, \quad (1)$$

де η - коефіцієнт повноти згорання летких продуктів розкладу речовини у полум'ї;

v - масова швидкість вигорання матеріалу, $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$;

Q_n - нижча теплота згорання матеріалу, $\text{кДж}/\text{кг}$;

S - площа поверхні зразка, яка перебуває під дією теплового впливу, м^2 .

При побудові математичної моделі швидкості вигорання матеріалу приймається, що зміна в часі питомої маси зразка пропорційна різниці між поточною і початковою питомою масою та описується загальновідомим диференціальним рівнянням виду:

$$\frac{dm}{d\tau} = \alpha \cdot (v_0 - v) + \omega, \quad (2)$$

де τ - час з моменту запалення, с ;

α - коефіцієнт пропорційності, що залежить від виду горючого матеріалу і вмісту в ньому вогнезахисних речовин, приймається за константу, с^{-1} ;

v_0 - початкова масова швидкість вигорання матеріалу, $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{ с})$;

$\omega = \omega(\tau)$ - функція джерела запалювання, яка характеризує інтенсивність зміни питомої маси зразка у полум'ї, $\text{кг}/(\text{м}^2 \text{ с}^2)$.

З урахуванням початкової умови $U(0) = U_0$, загальний інтеграл рівняння (2) приводиться до наступного вигляду:

$$U = e^{-\alpha\tau} \left[\int \beta(\tau) \cdot e^{\alpha\tau} d\tau + C \right], \quad (3)$$

де $\beta(\tau) = \alpha \cdot U_0 + \omega(\tau)$, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}^2)$.

C - константа інтегрування, що знаходиться з початкової умови.

Функція $\omega(\tau)$ є експоненціальною:

$$\omega(\tau) = \omega_0 \cdot e^{-\gamma\tau}, \quad (4)$$

де ω_0 - інтенсивність згорання матеріалу в початковий момент часу, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}^2)$;

γ - показник інтенсивності сповільнення реакцій горіння за рахунок дії вогнезахисних речовин, с^{-1} .

Рівняння для розрахунку швидкості вигорання вогнезахисних матеріалів остаточно набуває вигляду:

$$U = U_0 + \frac{\omega_0}{\alpha - \gamma} \cdot (e^{-\gamma\tau} - e^{-\alpha\tau}). \quad (5)$$

Залежність швидкості вигорання матеріалу від параметра γ (рис. 1), що характеризує співвідношення між інтенсивністю розвитку пожежі й інтенсивністю його пригнічення вогнезахисними речовинами.

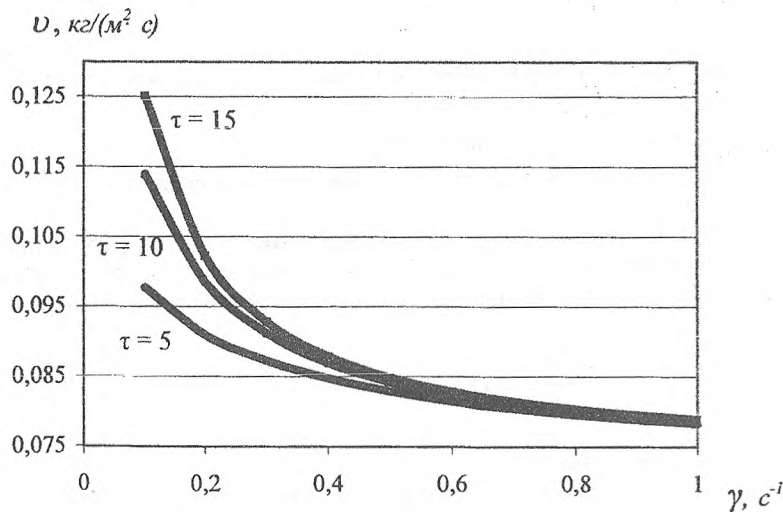


Рис. 1. Залежність масової швидкості вигорання матеріалів (U , $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$) від параметра вогнезахисту (γ , с^{-1}).

Як видно з рисунка, із збільшенням γ (підвищенням ефекту вогнезахисту) тривалість горіння скорочується.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментів, оброблення і аналіз результатів.

4. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Ляшенко С.А., Баріло О.Г. Визначення оптимальної рецептури композиції для вогнебіозахисту паперу // 36. наук. пр. - Львів.: ЛШПБ.- 2004.- Вип.5.- С. 128-133.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментальних досліджень, оброблення результатів.

5. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Дослідження вогнебіозахисту тканин та паперу // Коммунальное хозяйство городов: Научно-технический сборник. Вип. 63 (Технические науки и архитектура). - К.: Техніка, 2005. - С. 339-343.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментальних досліджень, аналіз результатів.

6. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Визначення ефективності вогнебіозахисту тканин та паперу // 36. наук. пр. Севастопольського військово-морського інституту ім. П.С.Нахімова.- 2005.- Вип.1(7).- С. 228-230.

Особистий внесок дисертанта – підбір компонентів, виготовлення і дослідження зразків.

7. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Вогнебіозахист целюлозовмісних матеріалів // Актуальні проблеми цивільного захисту: Мат. VI Всеукр. наук. – практ. конф. рятувальників. - Київ.- 2004.- С. 119-120.

Особистий внесок дисертанта – виготовлення зразків, проведення експериментів.

8. Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Сучасні підходи до вогнезахисту тканин та паперу // Матеріали науково-практичних заходів у рамках спеціалізованої виставки "Пожежна та техногенна безпека України 2005". - Київ.- 2005.- С.51.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментів, оброблення і аналіз результатів.

9. Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Особенности огнебиозащиты тканей // Сборник тезисов докладов III Международной научно-практической конференции "Чрезвычайные ситуации: предупреждение и ликвидация". - Минск.- 2005.-Том 3.- С. 297-298.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментальних досліджень, оброблення результатів та їх аналіз.

10. Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Вогнезахист тканин та паперових матеріалів // Тезисы докладов III Международной научно-технической конференции "Живучесть корабля и безопасность на море". - Севастополь.- 2005.- С. 23-24.

Особистий внесок здобувача – проведення експериментів і оброблення результатів.

АНОТАЦІЯ

Баріло О.Г. Вогнебіозахист тканин і паперу просочувальною композицією. - Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – "пожежна безпека". Український науково-дослідний інститут пожежної безпеки МНС України, Київ - 2005.

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково - технічної задачі зниження пожежної небезпеки об'єктів шляхом впровадження важкозаймистих матеріалів з тканин і паперу із застосуванням просочувальної композиції на основі фосфату сечовини з полігексаметиленуанідинфосфатом (ФСГ-1). Встановлено умови захисту тканин і паперу від загоряння і біологічного руйнування із застосуванням просочувальної композиції ФСГ-1.

просочувальної композиції становить 175 г/м^2 , для бавовняної тканини - 185 г/м^2 , для паперу - 186 г/м^2 , для бавовняно-поліефірної тканини (вміст поліефіру та бавовни 50 % : 50 %) - 190 г/м^2 , для поліефірної тканини - 210 г/м^2 , для лляної тканини - 1025 г/м^2) легкозаймисті матеріали переводять у стан важкозаймистих згідно з ДСТУ 4155.

Експериментально визначено зменшення в 4-8 разів коефіцієнта димоутворення ($D_{\text{м}}, \text{ м}^2/\text{кг}$) для оброблених розробленою просочувальною композицією зразків поліефірної тканини і пакувального паперу та встановлено їх перехід з групи матеріалів з високою димоутворювальною здатністю (для необроблених зразків) до групи матеріалів з помірно димоутворювальною здатністю згідно з ГОСТ 12.1.044.

5. Експериментально підтверджено, що розроблена просочувальна композиція для поверхневого вогнебіозахисту тканин і паперу забезпечує підвищення рівня біостійкості (згідно з ГОСТ 26603) для оброблених зразків тканин і паперу (порівняно з необробленими) в 19-20 разів за показником біоруйнування.

6. Експериментально встановлено, що зразки тканини "Runotex", які оброблені просочувальною композицією ФСГ-1 (за умови поглинання просочувальної композиції в перерахунку на безводну речовину 685 г/м^2) класифікуються як важкозаймистий матеріал, що повільно поширює полум'я по поверхні, з помірно димоутворювальною здатністю та за токсичністю продуктів горіння відноситься до класу помірно небезпечних матеріалів, а вироби з неї вважаються такими, що не поширюють горіння згідно з НАПБ В.03.003.

Експериментально визначено, що зразки плит із паперових матеріалів "Isotex", які оброблені просочувальною композицією ФСГ-1К (за умови поглинання просочувальної композиції в перерахунку на безводну речовину $76,38 \text{ г/м}^2$) відносяться до горючих важкозаймистих матеріалів згідно з ГОСТ 12.1.044.

7. Розроблено технічні умови ТУ У 24.6-32528450-002-2004 "Композиція просочувальна для поверхневого вогне- та біозахисту тканин і паперу", яка відповідає сучасним екологічним вимогам, та технологічний регламент на її виготовлення. Розроблено "Рекомендації по застосуванню композиції просочувальної для поверхневого вогне- та біозахисту тканин і паперу".

8. За техніко-економічними розрахунками встановлено, що застосування розробленої просочувальної композиції (ФСГ-1) у порівнянні з сучасним засобом для вогнебіозахисту (ДСА-1) зменшує витрати на проведення робіт з вогне- та біозахисту в 1,6 разу.

Основні результати дисертаційної роботи опубліковано у таких роботах:

1. Бут В.П., Жартовський В.М., Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Новый подход к огнебиозащите изделий из целлюлозы // Пожаровзрывобезопасность. – М.: ВНИИПО.- 2004. - Вып. 5.- С. 31-32.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментів, оброблення і аналіз результатів.

2. Жартовський В.М., Баріло О.Г., Цапко Ю.В., Мороз В.М., Ляшенко С.А. Вогнебіозахист паперу та паперових матеріалів. // Науковий вісник УкрНДПБ. К.: УкрНДПБ, 2004. - №2 (10). - С. 86-90.

Особистий внесок дисертанта – проведення експериментів і аналіз результатів.

3. Цапко Ю.В., Баріло О.Г. Залежність швидкості вигорання зразків целюлозовмісних матеріалів від теплофізичних властивостей вогнезахисної композиції // Науковий вісник УкрНДПБ. К.: УкрНДПБ, 2005. - №1 (11). - С. 82-85.

Для визначення ефективності поглинання тепла тканинами та папером проведено дослідження перенесення тепла теплопровідністю в стаціонарних умовах. Схему процесу теплопередачі через пористу пластину, запропоновану Ликовим О.В., (рис. 2) представлено таким чином: одна поверхня текстильного матеріалу нагріта до постійної температури $T_2 = \text{const}$, протилежна поверхня її контактує з повітрям, теплообмін з яким відбувається за рахунок теплопровідності.

Диференціальні рівняння переносу тепла через текстильний матеріал мають вигляд:

$$\lambda_n \cdot \frac{d^2 T}{dx^2} - c_{pn} \rho_n v \frac{dT}{dx} = 0 \quad (-\infty < x < 0), \quad (6)$$

$$\lambda_T (1 - \Pi) \frac{d^2 T}{dx^2} - c_{pn} \rho_n v \frac{dT}{dx} = 0 \quad (0 < x < L), \quad (7)$$

$$\begin{aligned} \text{з граничними умовами: при } x=L, \quad T=T_2=\text{const}; \\ \text{при } x=0, \quad (T)_{+x=0} = (T)_{-x=0}; \end{aligned} \quad (8)$$

$$\lambda_n \frac{dT}{dx} \Big|_{-x \rightarrow 0} = \lambda_T (1 - \Pi) \frac{dT}{dx} \Big|_{+x \rightarrow 0} \quad (9)$$

$$\text{при } x=-\infty \quad T \rightarrow T_C = \text{const}. \quad (10)$$

де c_{pn} - ізобарна теплоємність повітря, $\text{кДж}/(\text{кг} \cdot \text{К})$;

v - швидкість руху повітря, м/с ;

λ_n, λ_T - коефіцієнти теплопровідності повітря та текстильного матеріалу (паперу), $\text{Вт}/(\text{м} \cdot \text{К})$;

Π - пористість матеріалу;

T_C - температура навколишнього середовища.

При цьому передбачається, що передача тепла всередині текстильного матеріалу відбувається не тільки каркасом тіла, а й крізь пори.

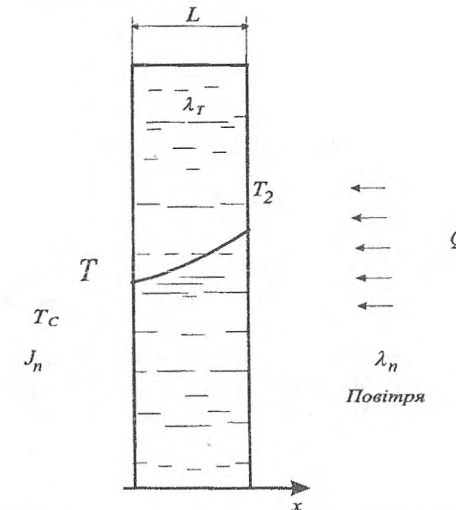


Рис. 2. Схема процесу теплопередачі через пористу пластину (текстильний матеріал, папір).

Розв'язки для розподілу температури в текстильному матеріалі набувають вигляду:

$$\frac{T - T_c}{T_2 - T_c} = \exp \left[- \left(1 - \frac{x}{L} \right) Kn \right], \quad (11)$$

де L - товщина стінки текстильного матеріалу, м, (рис. 2);
 Kn - число Кнудсена:

$$Kn = \frac{v \cdot L}{a_n} \cdot \frac{\lambda_n}{(1 - \Pi) \cdot \lambda_T}, \quad (12)$$

де a_n - коефіцієнт температуропровідності повітря, м²/с.

Диференціювання рівняння (11) дає можливість визначити потік тепла q , що передається через текстильний матеріал, рівнянням виду:

$$q = -\lambda_T \frac{dT}{dx} = -\lambda_T \cdot (T_2 - T_c) \cdot \exp \left[- \left(1 - \frac{x}{L} \right) \cdot Kn \right] \cdot \frac{Kn}{L}. \quad (13)$$

Для вогнезахисного текстильного матеріалу (або паперу) теплопровідність (λ_{TB}) можна визначити зі співвідношення:

$$\lambda_{TB} = \lambda_T \left(1 - \frac{\frac{v_K}{1 - \frac{\lambda_K}{\lambda_T}} - \frac{1 - v_K}{3}}{1 - \frac{\lambda_K}{\lambda_T}} \right) \quad (14)$$

де λ_T і λ_K - коефіцієнти теплопровідності текстильного матеріалу та вогнезахисної композиції, Вт/(м К);

V_K - масова частка вогнезахисної композиції.

Розподіл температури по товщині зразка для різних матеріалів (рис. 3) розраховано за рівнянням (11). За (13) та (14) розраховано розподіл відносної густини теплового потоку (рис. 4).

Встановлено, що для оброблених матеріалів (порівняно з необробленими) за рахунок більшого коефіцієнта теплопровідності вогнезахисної композиції відповідним чином змінюється розподіл температури та відносної густини теплового потоку по товщині зразка.

вогнебіо захищені - до горючих важкозаймистих матеріалів за умови поглинання просочувальної композиції в перерахунок на безводну речовину 76,38 кг/м².

Проведено техніко-економічні розрахунки для визначення ефективності використання розробленої просочувальної композиції (ФСГ-1) та встановлено, що її застосування, порівняно з сучасним засобом для вогнебіо захисту (ДСА-1), зменшує витрати на проведення робіт з вогне- та біо захисту в 1,6 разу.

ВИСНОВКИ

Дисертаційну роботу присвячено вирішенню актуальної науково-технічної задачі зниження пожежної небезпеки об'єктів шляхом впровадження важкозаймистих матеріалів з тканин і паперу, які отримані просоченням композицією на основі фосфату сечовини з полімерним антисептиком полігексаметиленгуанідинфосфатом.

Основні наукові і практичні результати за дисертаційною роботою такі:

1. Визначено залежність густини розчинів сечовини та ортофосфornoї кислоти від зміни їх концентрації, зміни водневого показника від співвідношення компонентів композиції та встановлено, що для композиції $(CO(NH_2)_2 \cdot (H_3PO_4))$ стехіометричним співвідношенням компонентів є 2:1. Із застосуванням ІЧ-спектроскопічного аналізу вперше встановлено, що просочувальна композиція являє собою нову комплексну сполуку фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом.

Експериментальними дослідженнями підтверджено результати розрахунку оптимальної концентрації компонентів у водному розчині просочувальної композиції, що містить 22 % фосфату сечовини та 1 % "Тембару", яка здатна ефективно захищати тканини і папір від загоряння і біологічного руйнування.

Досліджено інгібувальну дію фосфату сечовини на полум'я і встановлено, що при концентрації фосфату сечовини у водному розчині в діапазоні 15 ÷ 25 % мас. зменшується відносна інтенсивність випромінювання ОН-радикалів на 24 %.

2. Одержано математичну залежність швидкості вигорання матеріалу від інтенсивності сповільнення реакцій горіння за рахунок дії вогнезахисних речовин. Показано, що з підвищенням ефекту вогнезахисту масова швидкість вигорання зменшується в 2-3 рази, а швидкість тепловиділення - в 30 разів.

3. Теоретично та експериментально виявлено вплив компонентів розробленої просочувальної композиції на ефективність вогнезахисту. За результатами газохроматографічного аналізу летких продуктів піролізу оброблених тканин і паперу вперше встановлено, що в них зменшується вміст горючих газів (метану - в 30 разів, водню - в 25-30 разів, оксиду вуглецю - в 35-40 разів) та збільшується вміст негорючих газів (діоксиду вуглецю - в 1,2-2 рази, азоту - в 1,4-5 разів).

Експериментально встановлено, що під час дії теплового потоку (при значенні критичної поверхневої густини теплового потоку 20 кВт/м²) відбувається займання необроблених зразків бавовняної тканини та паперу. Займання вогнезахисних зразків тканин і паперу при значенні поверхневої густини теплового потоку 50 кВт/м² протягом 900 с не відбувалось.

4. Експериментально встановлено, що в залежності від хімічної природи матеріалів за різних витрат розробленої просочувальної композиції (для віскозної тканини поглинання

Встановлено, що розроблена просочувальна композиція підвищує рівень біостійкості (згідно з ГОСТ 26603) оброблених зразків тканин і паперу (порівняно з необробленими) в 19-20 разів за показником біоруйнування.

ЧЕТВЕРТИЙ РОЗДІЛ присвячено практичній реалізації розробленого способу вогнебіозахисту тканин і паперу. Результати експериментальних досліджень, викладені у розділі 3, зокрема щодо визначення оптимальної рецептури композиції (співвідношення компонентів) для вогнебіозахисту тканин і паперу, лягли в основу розроблення технічних умов ТУ У 24.6-32528450-002-2004 “Композиція просочувальна для поверхневого вогнетривого біозахисту тканин і паперу”. Комітетом з питань гігієнічного регламентування МОЗ України надано токсико-гігієнічний висновок, згідно з яким композицію віднесено до 4 класу небезпечності (малонебезпечні речовини). Для впровадження у практику нового способу вогнебіозахисту тканин і паперу розроблено “Рекомендації по застосуванню композиції просочувальної для поверхневого вогнетривого біозахисту тканин і паперу”. Розроблено елементи технології нанесення просочувальної композиції, а саме: вогнезахисне оброблення здійснюється шляхом занурення або оббризування.

В цьому розділі також розглянуто результати випробувань, яким піддавалась тканина “Runotex” фірми “Fabryka Wyrobów Runowych S.A.” (Польща), що використовується для виготовлення диванів пасажирських вагонів виробництва фірми “Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A.H.” (Польща) і оброблена просочувальною композицією ФСГ-1, а також зразків плит із паперових матеріалів “Isotex”, які виробляються ПП “For-Sage”, що використовуються для внутрішнього облаштування приміщень.

Проведено випробування з визначення пожежонебезпечних властивостей необроблених та оброблених зразків тканини “Runotex”. Необроблена тканина класифікується як легкозаймистий матеріал. Для оброблених зразків тканини проведено: визначення займистості - згідно з НАПБ В.03.003 “Норми пожежної безпеки для пасажирських вагонів” (додаток Б) зразки вогнебіо захищеної тканини класифікуються як важкозаймистий матеріал; визначення індексу поширення полум'я по поверхні зразків тканини - згідно з ГОСТ 12.1.044 зразки вогнебіо захищеної тканини повільно поширюють полум'я по поверхні (середнє значення індексу поширення полум'я становить 5,89); визначення коефіцієнта димоутворення - згідно з ГОСТ 12.1.044 зразки вогнебіо захищеної тканини класифікуються як матеріали з помірно димоутворювальною здатністю (середнє значення коефіцієнта димоутворення в режимі тління становить 318,0 м²/кг); визначення токсичності продуктів згоряння вогнебіо захищеної тканини - згідно з ГОСТ 12.1.044 досліджувані зразки відносяться до класу помірно небезпечних матеріалів. Проведено випробування з визначення пожежної безпеки зразків макетів диванів пасажирських вагонів - згідно з НАПБ В.03.003 (додаток В) макет диванів пасажирських вагонів, в конструкцію якого входить вогнебіо захищена тканина, вважається таким, що не поширює горіння. Для випробувань використовували зразки тканини за умови поглинання просочувальної композиції в перерахунок на безводну речовину 685 г/м².

Проведено випробування з визначення групи горючості зразків плит із паперових матеріалів “Isotex”, що використовуються для внутрішнього облаштування приміщень згідно з ГОСТ 12.1.044: необроблені зразки відносяться до горючих легкозаймистих матеріалів, а

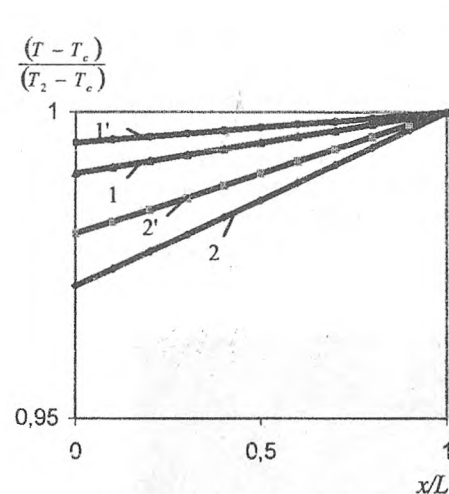


Рис. 3. Розподіл температури по товщині зразка: 1 – папір; 2 – бавовняна тканина; 1' – папір – вогнезахисна речовина; 2' – бавовняна тканина – вогнезахисна речовина.

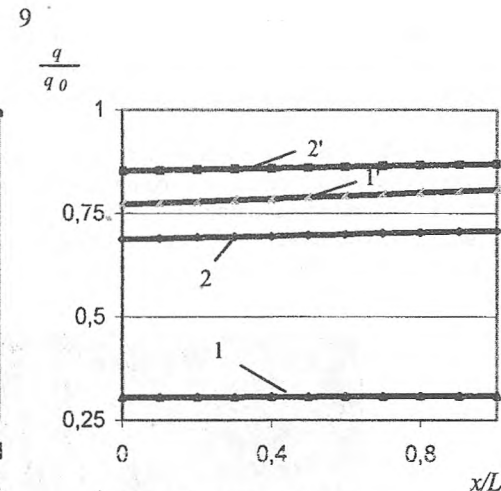


Рис. 4. Розподіл відносної густини теплового потоку по товщині зразка: 1 – папір, 1' – папір – вогнезахисна речовина, 2 – бавовняна тканина, 2' – бавовняна тканина – вогнезахисна речовина.

У ТРЕТЬОМУ РОЗДІЛІ наведено результати досліджень з розроблення рецептури просочувальної композиції на основі фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом та експериментального визначення ефективності вогнезахисту тканин і паперу при їх обробленні просочувальною композицією.

При розробленні рецептури просочувальної композиції на основі фосфату сечовини було проведено фізико-хімічні дослідження з визначення залежності густини розчинів від концентрації, водного показника від співвідношення компонентів композиції $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 : (\text{H}_3\text{PO}_4) = 1:1; 2:1; 3:1; 5:1$. Встановлено, що стехіометричним співвідношенням компонентів є 2:1. В результаті проведених ІЧ-спектроскопічних досліджень встановлено, що в ІЧ-спектрі композиції фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом (рис. 5) зменшується частота

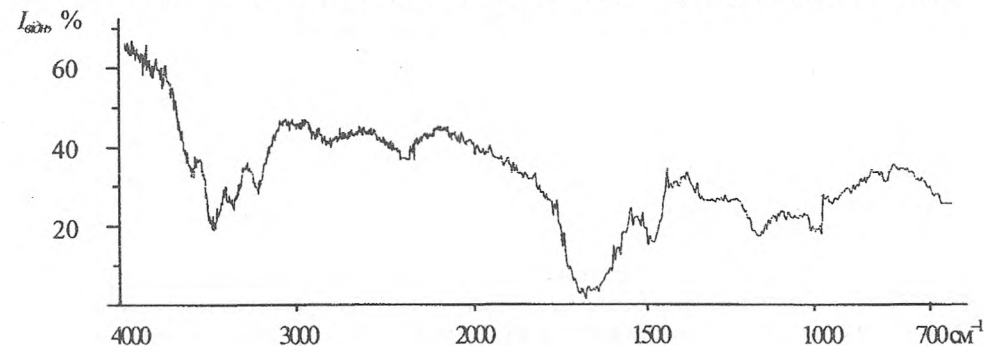


Рис. 5. ІЧ- спектр зразка зі співвідношенням компонентів $\text{CO}(\text{NH}_2)_2 : \text{H}_3\text{PO}_4 = 2:1$ з “Гембаром”.

валентного коливання $C=O$ (1675 см^{-1} – для комплексу фосфату сечовини, 1630 см^{-1} – для комплексу фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом) при незмінних значеннях частот валентних коливань NH , що свідчить про утворення комплексу через атом кисню.

Методом інфрачервоної спектроскопії встановлено та морфологічними дослідженнями підтверджено, що просочувальна композиція являє собою нову комплексну сполуку фосфату сечовини з полігексаметиленгуанідинфосфатом. Лінійні та голчасті утворення комплексу (так звані сфероліти) (рис. 6), що з'являються після стадії в'язкоплинного стану здатні добре обволікати волокна, зберігаючи їх пластичність.

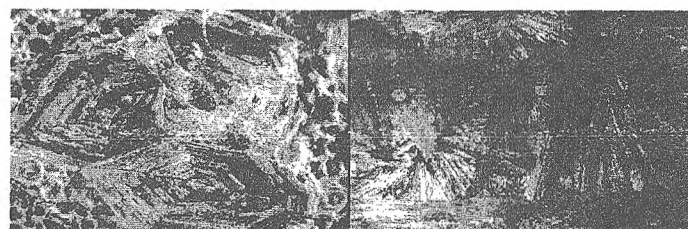


Рис. 6. Кристали фосфату сечовини (1) та фосфату сечовини з “Гембаром” (2).

Проведено експериментальні дослідження процесу взаємодії активних радикалів полум'я з фосфатом сечовини та встановлено, що зміна концентрації водних розчинів речовин в сумішах, які подаються в пальник, по-різному впливає на інтенсивність випромінювання OH -радикалів (рис. 7).

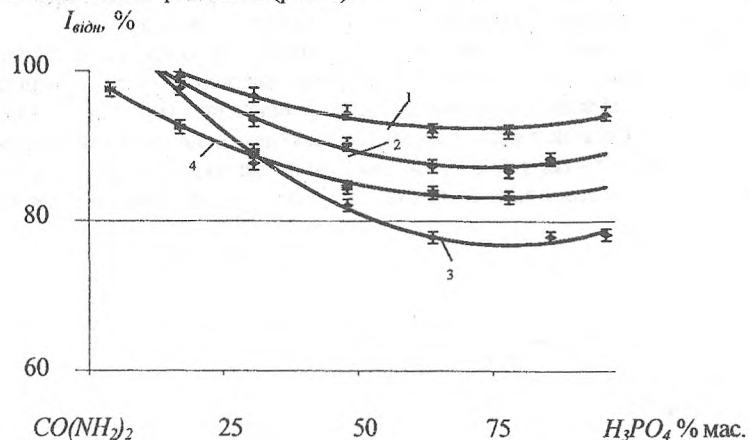


Рис. 7. Залежність відносної інтенсивності випромінювання гідроксильних радикалів (I_{oh} , %) від масового співвідношення розчину ортофосфорної кислоти і розчину сечовини в суміші, яка подається в полум'я н-гептану: 1 – 5 %; 2 – 10 %; 3 – 20 %; 4 – 30 %.

Виявлено, що при концентрації фосфату сечовини у водному розчині в діапазоні 15÷25% мас. посилюється спільна дія та зменшується відносна інтенсивність випромінювання OH -радикалів на 24 %.

Встановлено, що під час дії теплового потоку з критичною поверхневою густиною 20 кВт/м^2 відбувалось займання необроблених зразків тканин і паперу. Займання оброблених зразків тканин і паперу при значенні поверхневої густини теплового потоку 50 кВт/м^2 протягом 900 с не відбувалось.

Для вирішення комплексної задачі поєднання вогнебізахисних властивостей паперу з його експлуатаційними характеристиками запропоновано вводити у просочувальну композицію модифікований крохмаль (ФСГ-1К), який сприяє підвищенню міцності пакувального паперу. Для перевірки показника експлуатаційних властивостей пакувального паперу вимірювали опір його протискування. Такі дослідження проводились спільно з ВАТ “УкрНДІ паперу” на вимірювачі опору протискування паперу (ВОПІ-8035). Необроблений зразок паперу має значення показника опору протискування $1,95\text{ кг/см}^2$, оброблений ФСГ-1 – $1,8\text{ кг/см}^2$, а оброблений ФСГ-1К – $3,56\text{ кг/см}^2$.

Для перевірки зміни експлуатаційних властивостей необроблених та оброблених просочувальною композицією зразків тканин згідно з ГОСТ 3813 проводили випробування з визначення розривних характеристик тканин. Випробування проводились зі зразками ($200 \times 50\text{ мм}$) текстильних матеріалів (бавовняної та віскозної тканини) після витримки протягом певного проміжку часу в лабораторних умовах. Дослідження проводились спільно з ВАТ “УкрНДІ паперу” з використанням установки ФМПІ-500. Встановлено, що розривні характеристики обробленої бавовняної тканини протягом 8 місяців витримки зменшились всього на 7 %, а віскозної – на 6 %.

Проведено дослідження з визначення біологічної стійкості тканин і паперу до дії мікрофлори лісового ґрунту, враженого культурами грибів роду *Ceratocystus*, *Sporodemium*, *Penicillium* протягом двох календарних місяців при нормальних умовах в лабораторії хімічної обробки та захисту деревини і клеїв УкрНДІ “Ресурс” (ГОСТ 26603). Дослідженням піддавались необроблені та оброблені зразки тканин (лянової, віскозної, бавовняної, бавовняно-поліефірної, поліефірної) і паперу (рис. 13).

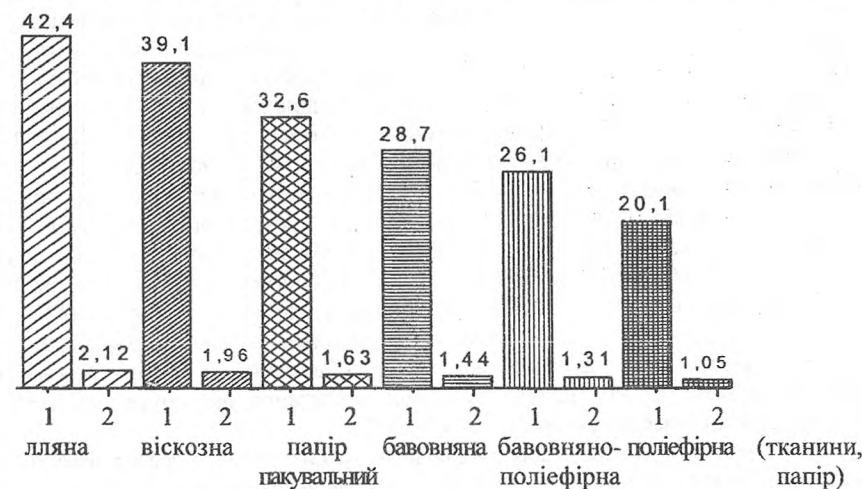


Рис. 13. Втрата маси (% мас.) тканин і паперу за період випробувань згідно з ГОСТ 26603: 1 – необроблені зразки; 2 – оброблені зразки.

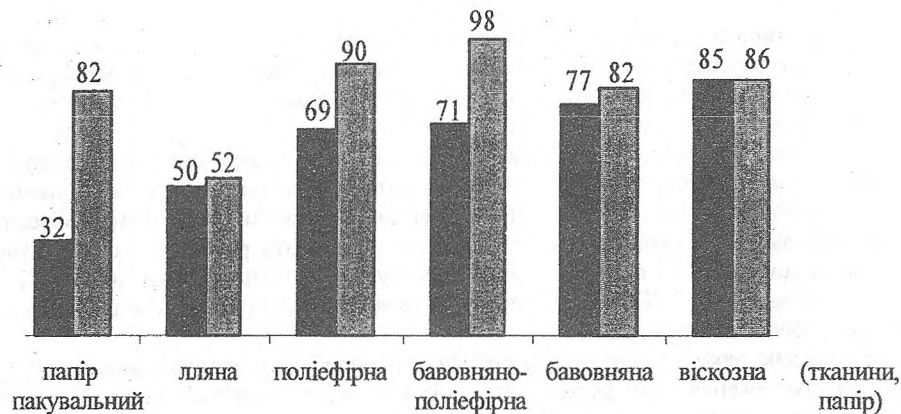


Рис. 11. Результати визначення коефіцієнта передавання тепла (КПТ, %):

■ – необроблені зразки; □ – оброблені зразки.

Зафіксовано підвищення коефіцієнта передавання тепла для оброблених зразків (порівняно з необробленими), що пояснюється дією сольового антипірену, а саме: при нагріванні оброблених зразків тканин і паперу компоненти композиції випаровуються з поглинанням тепла, достатнім для запобігання можливості підвищення температури захищеного матеріалу до температури загоряння.

З метою обґрунтування вогнезахисної дії розробленої просочувальної композиції проведено дослідження параметрів займистості тканин і паперу при заданих рівнях впливу на поверхню зразків теплового потоку та полум'я від джерела запалювання згідно з ДСТУ Б В.1.1-2 (ГОСТ 30402) (рис. 12).

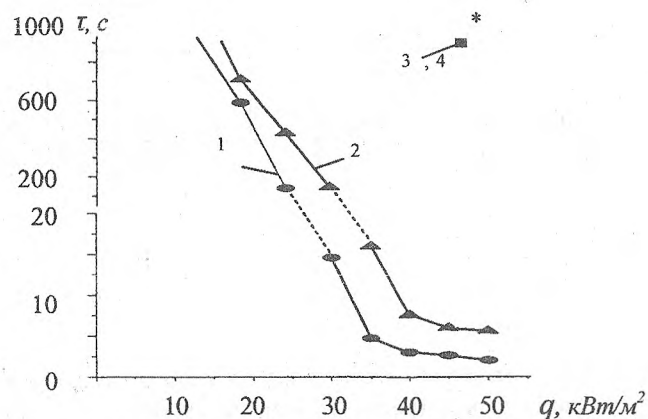


Рис. 12. Залежність часу спалахування (τ , с) від поверхневої густини теплового потоку (q , кВт/м²): необроблені зразки бавовняної тканини (1) та пакувального паперу (2); оброблені зразки (3, 4) (* - займання за умови дії нормованого теплового впливу згідно з ДСТУ Б В.1.1-2 не відбувалось).

Проведено оцінювання характеристик горіння тканин і паперу згідно з ДСТУ 4155. Встановлено, що за короткий проміжок часу відбувалось повне згоряння досліджуваних необроблених матеріалів. Результати досліджень (табл. 1) зразків тканин, виготовлених з матеріалів природного і штучного походження та паперу, оброблених розробленою просочувальною композицією, показали відсутність залишкового полуменевого горіння, прогоряння матеріалу та поширення поверхневого спалаху, а для оброблених зразків тканин, виготовлених з матеріалів синтетичного походження та їх сумішей з природними зафіксовано залишкове полуменеве горіння в межах, встановлених ДСТУ 4155.

Таблиця 1

Результати визначення тривалості залишкового полуменевого горіння тканин і паперу згідно з ДСТУ 4155

Досліджувані матеріали	Тривалість залишкового полуменевого горіння, с.	
	випробування з поверхні	випробування з краю
Бавовняна тканина (вміст бавовни 100%): необроблена	45,6	38,2
оброблена	відсутнє	
Віскозна тканина (вміст віскози 100%): необроблена	35,6	28,2
оброблена	відсутнє	
Лляна тканина (вміст льону 100%): необроблена	204	172
оброблена	відсутнє	
Бавовняно-поліефірна тканина (вміст бавовни та поліефіру 50%:50%): необроблена	144,8	89,6
оброблена	3,8	відсутнє
Поліефірна тканина (вміст поліефіру 100%): необроблена	39,6	27,2
оброблена	4,35	відсутнє
Папір пакувальний: необроблений	51,8	49,8
оброблений	відсутнє	

Згідно з ДСТУ 4155 зразки тканин і паперу, оброблені просочувальною композицією, класифікуються як важкозаймистий матеріал.

Показником вогнезахисної ефективності розробленої композиції є масова швидкість вигорання зразків (рис. 8), яку розраховано на підставі експериментальних досліджень.

Встановлено, що масова швидкість вигорання зразків тканин та паперу, оброблених розробленою просочувальною композицією (порівняно з необробленими) зменшується в 2-3 рази.

Розраховано швидкість тепловиділення при горінні текстильного матеріалу. Встановлено, що при горінні оброблених зразків бавовняної тканини вона зменшується в 30 разів (порівняно з необробленими).

(тканини, папір)

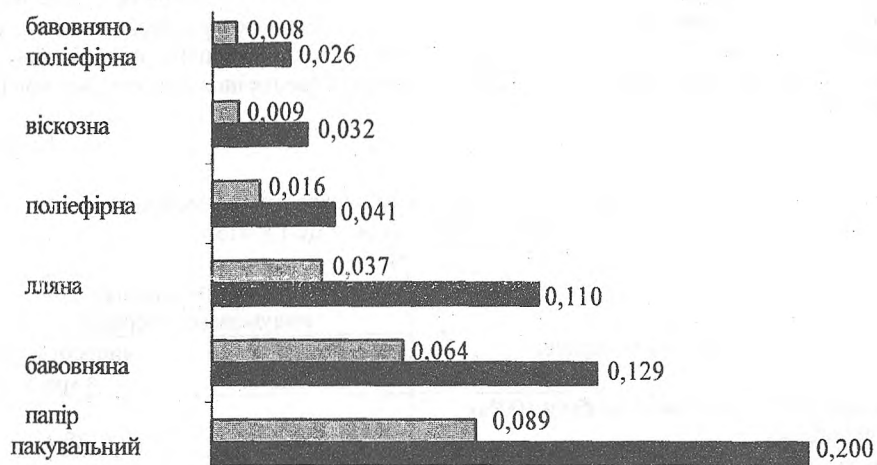


Рис. 8. Масова швидкість вигорання (кг/(м²·с)) зразків тканин та паперу: — оброблені зразки; — необроблені зразки.

Згідно з ГОСТ 12.1.044 визначено димоутворювальну здатність необроблених та оброблених розробленою просочувальною композицією зразків поліефірної тканини та пакувального паперу (рис. 9, 10).

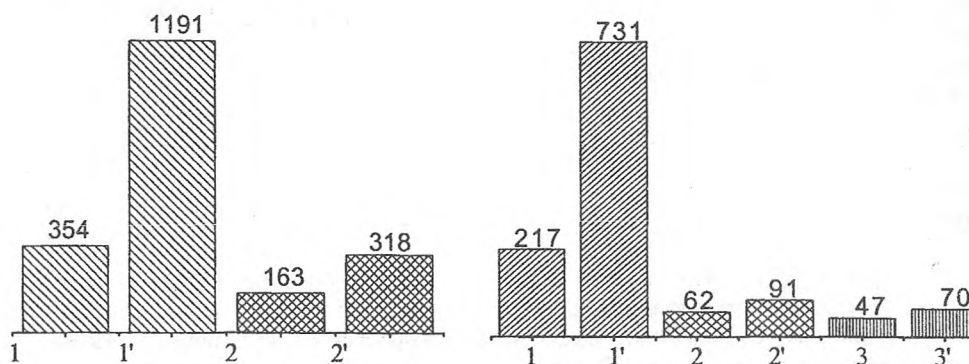


Рис. 9. Значення коефіцієнтів димоутворення у режимах повоменного горіння та тління необроблених (1, 1') та оброблених (2, 2') зразків тканини.

Рис. 10. Значення коефіцієнтів димоутворення у режимах повоменного горіння та тління необроблених (1, 1'), оброблених ФСГ-1 (2, 2') та ФСГ-1К (3, 3') зразків паперу.

Дослідження показали зменшення в 4-8 разів коефіцієнта димоутворення ($D_{\text{м}}, \text{м}^2/\text{кг}$) для оброблених зразків тканин і паперу та їх перехід з групи матеріалів з високою димоутворювальною здатністю (необроблені зразки) до групи матеріалів з помірною димоутворювальною здатністю.

Під час розроблення просочувальної композиції на основі фосфату сечовини з полімерним антисептиком "Гембар" проведено математичне планування експерименту шляхом реалізації повно факторного експерименту за методом Бокса-Уілсона. Експериментальними дослідженнями підтверджено результати розрахунку оптимальної концентрації компонентів у водному розчині просочувальної композиції, що містить 22 % фосфату сечовини та 1 % "Гембару", яка здатна ефективно захищати тканини і папір від загорання і біологічного руйнування.

Проведено термодеструкцію необроблених та оброблених зразків тканин і паперу. В процесі дослідження були зібрані леткі продукти термодеструкції та проведено їх газохроматографічний аналіз (табл. 2).

Встановлено, що леткі суміші продуктів піролізу суттєво відрізняються за вмістом горючих газів. Так, для оброблених зразків кількість метану зменшується в 30 разів, водню - в 25-30 разів, оксиду вуглецю - в 35-40 разів та збільшується кількість негорючих газів: діоксиду вуглецю - в 1,2-2 рази, азоту - в 1,4-5 разів.

Таблиця 2
Результати газохроматографічного аналізу продуктів термодеструкції матеріалів

Матеріал	Вміст компонентів (% об.) в летких продуктах деструкції матеріалів												
	CH ₄	C ₂ H ₆	i-C ₃ H ₈	n-C ₃ H ₈	i-C ₄ H ₁₀	n-C ₄ H ₁₀	i-C ₅ H ₁₂	n-C ₅ H ₁₂	CO ₂	O ₂	N ₂	CO	H ₂
Папір:													
необроблений	7,33	0,52	0,05	0,15	-	0,10	0,03	0,17	34,00	0,84	4,90	47,26	4,85
оброблений	0,19	1,07	0,13	0,13	0,01	0,03	0,04	0,15	70,00	0,24	26,84	1,01	0,16
Бавовняна													
тканина:													
необроблена	10,36	0,12	0,02	0,04	-	Сліди	-	-	40,00	0,60	1,97	39,30	7,59
оброблена	0,7	-	-	Сліди	-	-	-	-	67,00	0,17	30,88	1,61	0,27
Синтетична													
тканина:													
необроблена	0,32	0,58	-	0,03	-	-	-	-	29,50	0,56	41,89	22,72	4,40
оброблена	0,04	0,20	0,09	0,28	-	-	-	-	39,30	0,38	58,01	0,34	1,36

Згідно з ГОСТ 4125 визначено коефіцієнт передавання тепла для необроблених та оброблених зразків тканин і паперу (рис. 11). Значення густини теплового потоку, що падав на зразок, (q_0) становило 15 кВт/м², час дії - 90 с.