

ДЕРЖАВНА СЛУЖБА УКРАЇНИ З НАДЗВИЧАЙНИХ СИТУАЦІЙ

Львівський державний університет безпеки життєдіяльності



ПАРХОМЕНКО ВОЛОДИМИР-ПЕТРО ОЛЕГОВИЧ

УДК 614.841:678

**ПІДВИЩЕННЯ ПОЖЕЖНОЇ БЕЗПЕКИ МАТЕРІАЛІВ
НА ОСНОВІ ЕПОКСІАМІННИХ КОМПОЗИЦІЙ
МОДИФІКОВАНИХ КУПРУМ(II) ГЕКСАФЛУОРСИЛКАТОМ**

21.06.02 – пожежна безпека

АВТОРЕФЕРАТ

дисертації на здобуття наукового ступеня
кандидата технічних наук

Львів – 2018

Дисертацією є рукопис.

Робота виконана у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності Державної служби України з надзвичайних ситуацій.

Науковий керівник: кандидат технічних наук, доцент
Лавренюк Олена Іванівна,
Львівський державний університет безпеки
життєдіяльності, доцент кафедри процесів горіння та
загальної хімії

Офіційні опоненти: доктор технічних наук, доцент
Кірсєв Олександр Олександрович,
Національний університет цивільного захисту України,
професор кафедри спеціальної хімії та хімічної
технології

кандидат технічних наук, доцент
Маладика Ігор Григорович,
Черкаський інститут пожежної безпеки ім. Героїв
Чорнобиля, начальник факультету оперативно-
рятувальних сил

Захист відбудеться “28” грудня 2018 р. о 11⁰⁰ годині на засіданні спеціалізованої вченої ради К 35.874.01 у Львівському державному університеті безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

З дисертацією можна ознайомитись у бібліотеці Львівського державного університету безпеки життєдіяльності за адресою: 79007, м. Львів, вул. Клепарівська, 35.

Автореферат розісланий “27” листопада 2018 р.

Вчений секретар
спеціалізованої вченої ради
кандидат технічних наук, доцент



В.М. Баланюк

ЗАГАЛЬНА ХАРАКТЕРИСТИКА РОБОТИ

Актуальність теми. В умовах стрімкого технологічного прогресу різко зростає попит на полімерні композиційні матеріали. Заміна дорогих матеріалів зі сталі та кольорових металів, дерева, натуральних волокон і каучуку на синтетичні дає можливість не тільки зберегти дефіцитну сировину, але і в багатьох випадках зменшити витрати на виробництво та експлуатацію отриманих виробів. Однак широке застосування полімерних матеріалів в будівництві, виробництві транспортних засобів та в побуті призвело до того, що за останні роки різко збільшилася кількість пожеж, викликаних займанням виробів з полімерів. Такі пожежі супроводжуються значними економічними, екологічними та соціальними збитками.

Особливим класом полімерних матеріалів з надзвичайно широкими можливостями застосування в різних галузях промисловості та будівництва є композиційні матеріали на основі епоксидних смол. В зв'язку з цим вимоги до горючості, схильності до займання, димоутворювальної здатності та токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів на основі епоксидних смол постійно зростають. Це спричинило зменшення попиту на світовому ринку тих епоксиполімерів, що містять у своєму складі традиційні антипірени. Тому проблема пошуку нових шляхів зниження схильності до займання та горючості епоксиполімерів, створення пожежобезпечних матеріалів на їх основі є вкрай важливою та потребує нагального вирішення.

Відтак назріла необхідність у створенні фундаментальних наукових основ керованого модифікування епоксидних композицій для зниження їх пожежної небезпеки, а також раціональної технології отримання пожежобезпечних матеріалів на їх основі, що запобігатиме виникненню та швидкому поширенню пожеж. Перспективним напрямком вирішення цього питання є модифікування епоксидних композицій солями різних *d*-металів, зокрема, солями купруму. Висока схильність акцепторних атомів перехідних металів неорганічних солей до хімічного зв'язування з різними донорними гетероатомами органічних речовин обумовлює можливість їх застосування в якості антипіренів реакційноздатного типу.

У зв'язку з цим актуальність дисертаційної роботи полягає у виявленні особливостей впливу модифікувальних добавок на процеси займання та горіння епоксидних композицій, що дасть змогу обрати найефективніші способи зниження їх пожежної небезпеки.

Зв'язок роботи з науковими програмами, планами, темами. Дисертаційна робота виконана на кафедрі процесів горіння та загальної хімії Львівського державного університету безпеки життєдіяльності відповідно до "Концепції Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки", затвердженої розпорядженням Кабінету Міністрів України від 29 грудня 2010 р. № 2348-р, та "Державної цільової соціальної програми забезпечення пожежної безпеки на 2012-2015 роки", затвердженої постановою Кабінету Міністрів України від 27 червня 2012 р. № 590, у рамках виконання науково-дослідної роботи кафедри та університету "Композиційні

матеріали на основі епоксидних смол з пониженою горючістю” (номер державної реєстрації 0116U005258), в якій здобувач був виконавцем.

Ідея роботи полягає в підвищенні пожежної безпеки матеріалів на основі епоксіамінних композицій шляхом їх модифікування купрум(II) гексафлуорсилікатом.

Мета і задачі дослідження. Метою дисертаційної роботи є розробка важкогорючих епоксіамінних композицій, модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом, та визначення його впливу на пожежну небезпеку епоксиполімерних матеріалів.

Для реалізації мети передбачено виконання таких завдань:

- проаналізувати взаємозв'язок між структурою та показниками пожежної небезпеки епоксидних композицій;
- виявити особливості процесу зниження пожежної небезпеки епоксидних композицій за участю антипіренів;
- розробити методику отримання антипірену-затвердника та вивчити його властивості;
- розробити методику інкорпорування антипірену-затвердника в епоксидну матрицю та дослідити показники пожежної небезпеки модифікованих епоксіамінних композицій;
- визначити сфери практичного застосування розроблених епоксіамінних композицій.

Об'єкт дослідження – самозгасаючі епоксіамінні композиції, модифіковані купрум(II) гексафлуорсилікатом та показники їх пожежної небезпеки.

Предмет дослідження – вплив купрум(II) гексафлуорсилікату на показники пожежної небезпеки епоксіамінних композицій.

Методи досліджень. Основні наукові результати було отримано з використанням таких методів досліджень: рентгеноструктурного, диференційно-термічного та термогравіметричного аналізів, методу ІЧ-спектроскопії та квантово-хімічних розрахунків. Температуру займання та самозаймання, горючість, коефіцієнт димоутворення, швидкість поширення полум'я визначено за стандартними методиками із застосуванням метрологічно атестованого обладнання та повірених засобів вимірювання. Результати експериментальних досліджень обробляли з використанням комп'ютерної техніки та прикладних програмних пакетів (CSD, HyperChem Pro 6, Diamond 2.1b, CorelDraw X4, Chem Sketch). Вірогідність отриманих результатів підтверджено статистичною обробкою з використанням комп'ютерного програмного забезпечення MathCAD.

Наукова новизна отриманих результатів полягає в розкритті особливостей керованого модифікування епоксіамінних композицій купрум(II) гексафлуорсилікатом з метою підвищення їх пожежної безпеки, при цьому:

- вперше розроблено та отримано новий антипірен-затвердник епоксіамінних композицій на основі поліетиленполіаміну та купрум(II) гексафлуорсилікату у вигляді хелатного комплексу $[Cu(eta)(deta)]SiF_6$;
- встановлено, що ефективно зв'язування (комплексоутворення) між купрум(II) гексафлуорсилікатом та поліетиленполіаміном, аміним

затвердником епоксидних смол, яке супроводжується утворенням міцних координаційних зв'язків, відіграє вирішальну роль у формуванні важкогорючих самозгасаючих епоксіамінних композицій;

– удосконалено технологію виготовлення матеріалів на основі епоксіамінних композицій з підвищеною пожежною безпекою, яка полягає в інкорпоруванні антипірена-затвердника в епоксидну матрицю.

Практичне значення отриманих результатів. Розроблено принципово нові епоксіамінні композиції з підвищеною пожежною безпекою. Встановлено, що модифіковані купрум(II) гексафлуорсилікатом епоксіамінні композиції порівняно з традиційними характеризуються підвищеними температурами займання та самозаймання, зниженим коефіцієнтом димоутворення, належать до важкогорючих, що не поширюють полум'я. Такі композиції на практиці можна використовувати в якості клею для виготовлення деревно-стружкових плит, в якості вогнезахисних покриттів для деревини, для монтажу підвісних стель вестибюлів, сходових кліток, ліфтових холів, а також в якості наливних підлог в промислових та адміністративних будівлях. Це забезпечить зниження пожежного навантаження та ймовірності виникнення пожеж.

Результати дисертаційних досліджень пройшли апробацію та впроваджені в роботу ТзОВ “Будівельна компанія “Гідростоп-Буд” та в навчальний процес Львівського державного університету безпеки життєдіяльності при викладанні дисциплін: “Теорія розвитку та припинення горіння”, “Теорія горіння та вибуху”, “Теоретичні основи пожежовибухонебезпечності”.

Особистий внесок здобувача полягає в аналізі стану проблеми, науковому обґрунтуванні, формулюванні мети та основних напрямків дисертаційних досліджень, виборі об'єкта та методик досліджень, виконанні експериментальної частини. Інтерпретація отриманих результатів та основні висновки зроблені автором самостійно, згідно з вказівками наукового керівника.

Апробація результатів роботи. Основні результати досліджень були представлені на XII Міжнародній науково-практичній конференції молодих вчених, курсантів та студентів “Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності” (Львів, 2017), XI Международной научно-практической конференции молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов) “Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы” (Минск, 2017), XVI Науковій конференції “Львівські хімічні читання – 2017” (Львів, 2017), Fifth Caucasian International Symposium on Polymers and Advanced Materials (Tbilisi, 2017), 19 Всеукраїнській науково-практичній конференції “Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку” (Київ, 2017), VII Всеукраїнській науково-практичній конференції з міжнародною участю “Надзвичайні ситуації: безпека та захист” (Черкаси, 2017), VIII Міжнародній науково-практичній конференції “Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій” (Черкаси, 2017), Всеукраїнській науково-практичній конференції “Пожежна безпека: проблеми та перспективи” (Харків, 2018).

Публікації. Основний зміст роботи висвітлено у 14 друкованих працях, з яких 6 статей у фахових виданнях (з них 1 стаття у закордонному виданні та 1

стаття у виданні, яке входить до міжнародної наукометричної бази Scopus) та 8 тез доповідей на науково-технічних конференціях. За результатами роботи оформлено заявку на отримання патенту України на винахід.

Структура та обсяг дисертації. Дисертаційна робота складається зі вступу, п'яти розділів, висновків, переліку використаних в роботі літературних джерел і додатків. Матеріали дисертаційної роботи викладені на 185 сторінках друкованого тексту, що містить: 25 рисунків, 35 таблиць.

ОСНОВНИЙ ЗМІСТ РОБОТИ

У вступі обґрунтовано актуальність дисертаційної роботи, сформульовано мету та задачі дослідження, відображено наукову новизну роботи та практичне значення отриманих результатів. Описано структуру та короткий зміст дисертації. Наведено відомості щодо апробації та опублікування основних результатів досліджень.

У першому розділі на підставі проведеного огляду літературних джерел зазначено основні переваги та недоліки матеріалів на основі епоксидних смол. Висвітлено взаємозв'язок між структурою та пожежною небезпекою епоксидних композицій. Окреслено перспективи керованої зміни хімічної будови і структури епоксиолімерів з метою оптимізації їх властивостей та, зокрема, параметрів пожежної небезпеки.

Проаналізовано фізико-хімічні закономірності та механізми зниження пожежної небезпеки епоксидних композицій за участі антипіренів. Обґрунтовано переваги хімічної модифікації епоксиолімерів та застосування антипіренів реакційноздатного типу. Розкрито нові можливості зниження пожежної небезпеки епоксиамінних композицій за допомогою металовмісних сполук. Особлива увага приділена комплексним сполукам металів – як новому, досі не вивченому та не впроваджені класу антипіренів.

На основі наведених даних зроблено висновки та сформульовано основні задачі досліджень.

У другому розділі обґрунтовано вибір матеріалів для досліджень, наведено їх основні характеристики. Для отримання нового антипірену-затвердника в роботі використовували традиційний затвердник епоксидних смол – поліетиленполіамін (*пера*) та неорганічну сіль – купрум(II) гексафлуорсилікат. Як зв'язуюче епоксиамінних композицій застосовували епоксидіановий олігомер марки ЕД-20.

Для встановлення точної просторової будови антипірену-затвердника, виявлення взаємозв'язку між його структурними характеристиками та фізико-хімічними властивостями і, зокрема, здатністю до горіння використовували рентгено-структурний аналіз. Можливість хімічної взаємодії між компонентами антипірену-затвердника та епоксиамінних композицій вивчали методом ІЧ-спектроскопії. Числове моделювання електронної й атомної структури систем здійснювали за допомогою квантово-хімічного аналізу.

Стійкість до термоокисної деструкції досліджуваних речовин оцінювали використовуючи диференційно-термічний (ДТ), термогравіметричний (ТГ) та диференційно-термогравіметричний (ДТГ) аналізи.

Параметри пожежної небезпеки оцінювали за тепловмістом речовин і їх теплотворною спроможністю та визначали за стандартними методиками: групу горючості – методом керамічної труби, швидкість поширення полум'я – з використанням пальника Бунзена, температуру займання та самозаймання – на приладі ОТП, а коефіцієнт димоутворення – в камері згоряння.

У третьому розділі описано результати синтезу антипірену-затвердника епоксіамінних композицій, вивчення його будови та властивостей.

В результаті прямої взаємодії безводного купрум(II) гексафлуорсилікату та *пера* отримували кристалічний комплекс, який надалі використовували в якості антипірену-затвердника епоксіамінних композицій. Будову антипірену-затвердника вивчали за допомогою рентгеноструктурного аналізу. Аналіз дифракційної картини, отриманої від полікристалічного зразка комплексу показав, що всі відбиття від атомних площин кристалічної решітки індексуються в таких параметрах елементарної комірки: $a = 8,9945(4)$, $b = 9,6067(3)$, $c = 15,7357(8)$ Å, $\alpha = 90,00$, $\beta = 91,460(4)$, $\gamma = 90,00^\circ$, просторова група симетрії $P 1 2_1/n 1$. Отже, отриманий полікристалічний зразок виявився хелатним комплексом $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$.

Окрім рентгеноструктурного аналізу комплекс також був ідентифікований за допомогою ІЧ-спектроскопічного аналізу. В результаті підтверджено факт взаємодії негорючого купрум(II) гексафлуорсилікату з *пера*, що супроводжується виникненням п'яти міцних донорно-акцепторних зв'язків $\text{Cu(II)} \leftarrow \text{N}$. Саме цей факт в багатьох відношеннях визначатиме антипіренові властивості хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$.

Для виявлення найбільш вірогідного механізму впливу процесів комплексоутворення на зниження горючості амінів під впливом купрум(II) гексафлуорсилікату проведено математичне моделювання взаємодії *пера* з CuSiF_6 методом квантової хімії та термохімічний аналіз реакцій горіння етилендіаміну (*eda*) та діетилентриаміну (*deta*) у вільному та зв'язаному станах.

Як показали результати квантово-хімічних обчислень, електронна густина у вільних молекулах етилендіаміну та діетилентриаміну, яка здебільшого концентрувалась на електронегативних атомах нітрогену, після хелатування атомів металу ефективно переноситься на іон Cu^{2+} комплексного катіона завдяки утворенню донорно-акцепторних зв'язків $\text{Cu(II)} \leftarrow \text{N}$. Цей факт зайвий раз підтверджує, що процес комплексоутворення супроводжується вивільненням значної енергії (обчислена квантово-хімічно енергія хелатування атома купруму молекулами *eda* і *deta* становить 337,5 кДж).

Згідно з результатами термохімічних розрахунків (табл. 1), теплотворна спроможність хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$ (г), стосовно молекул *eda* і *deta* в газоподібному стані знижується майже вдвічі. Такі зміни в енергетичному стані етилендіаміну та діетилентриаміну в момент утворення комплексу зумовлюватимуть зниження їх горючості.

З метою прогнозування ефективності запропонованого антипірену-затвердника проведено порівняльну оцінку горючості традиційного затвердника епоксидних смол *пера* та синтезованого. Оскільки горіння розпочинається зі стадії деструкції зразка, тому оцінювали поведінку *пера*, CuSiF_6 та $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$ під час термоокисної деструкції.

Результати термохімічних обчислень, виконаних для етилендіаміну, діетилентриаміну та хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$

Речовина	$\Delta H_{\text{утв.}}, \text{кДж/моль}$	$\Delta H_{\text{зг.}}, \text{кДж/моль}$	$Q_{\text{зг.}}, \text{кДж/кг}$
$\text{eda} (\text{г}) + \text{deta} (\text{г})$	-45,65	-4854,25	29780,0
$[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6 (\text{г})$	-56,35	-5748,6	15600,0

Згідно з результатами дериватографічних досліджень, випаровування *pera* з повною втратою маси зразка відбувається в температурному інтервалі 20-170°C. Термоокисна деструкція отриманого антипірену-затвердника $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$ протікає за складнішим механізмом впродовж чотирьох стадій і завершується за температури 544°C (рис. 1). Ці дані є додатковим підтвердженням хімічного зв'язування молекул *pera* з купрум(II) гексафлуорсилікатом в запропонованому антипірені-затверднику, що утруднює його випаровування, а відтак і займання.

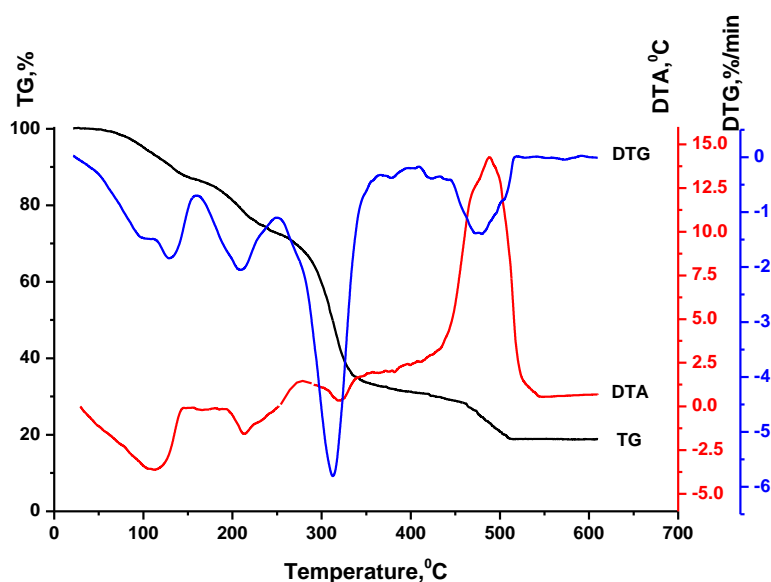


Рисунок 1 – Термограма $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$

Отримані дані добре узгоджуються з результатами визначення температур займання та самозаймання. Експериментальне визначення температур займання й самозаймання, проведене для кристалів хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$, вказує на те, що етилендіамін і діетилентриамін у зв'язаному в комплекс стані взагалі перетворюються у негорючі речовини. Так, займання і самозаймання поліетиленполіаміну, до складу якого власне входить етилендіамін і діетилентриамін, після зв'язування в комплекс взагалі не відбувається при нагріванні його до 450°C та 600°C відповідно. Температури займання та самозаймання для вільного поліетиленполіаміну становлять відповідно 136°C і 393°C.

Поза всяким сумнівом, причиною цього є додаткові хімічні зв'язки, які виникають між горючими молекулами етилендіаміну і діетилентриаміну і негорючою неорганічною сіллю CuSiF_6 . На руйнування саме цих зв'язків

(Cu(II)←N) і витрачається лівова частка теплової енергії, яка надходить від джерела запалювання. Все це є важливою ланкою на шляху до реалізації складного механізму антипіренового впливу солей *d*-металів, а саме купрум(II) гексафлуорсилікату на горіння епоксіамінних композицій.

В четвертому розділі відображено результати розробки важкогорючих самозгасаючих епоксіамінних композицій, модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом, та дослідження параметрів пожежної небезпеки.

Можливість інкорпорування синтезованого антипірену-затвердника в епоксидну композицію вивчали методом ІЧ-спектроскопії. Згідно з отриманими результатами, в процесі структурування модифікованої епоксіамінної композиції відбувається зв'язування купрум(II) гексафлуорсилікату з *пера* в хелатний комплекс завдяки утворенню міцних координаційних зв'язків Cu–N.

Для прогнозування ймовірності впливу процесів комплексоутворення на зниження горючості епоксіамінних полімерних композицій проводили математичне моделювання їх горючих властивостей. Термохімічний аналіз реакцій горіння епоксіамінних композицій показав, що теплотворна спроможність полімерної композиції модифікованої CuSiF₆ ЕД/[Cu(*eda*)(*deta*)]SiF₆ стосовно немодифікованої композиції ЕД/*пера* в газоподібному стані є меншою майже у півтора раза (табл. 2). Очевидно, що саме координаційні зв'язки є відповідальними за пониження горючості металкоординованих епоксіамінних полімерів.

Таблиця 2

Результати термохімічних обчислень, виконаних для епоксіамінних композицій

Речовина	$\Delta H_{\text{утв.}}^{\circ}$, кДж/моль	$\Delta H_{\text{зг.}}^{\circ}$, кДж/моль	$Q_{\text{зг.}}$, кДж/кг
ЕД/ <i>пера</i> (г)	-126,25	-25439,75	32490,1
ЕД/[Cu(<i>eda</i>)(<i>deta</i>)]SiF ₆ (г)	-136,95	-26344,15	26640,5

Ефективність застосування купрум(II) гексафлуорсилікату в якості антипірену оцінювали за поведінкою епоксіамінних композицій при термоокисній деструкції (табл. 3). Було встановлено, що зразок модифікованої композиції відзначається вищою термостійкістю порівняно з вихідною композицією. Про це свідчить менш інтенсивна втрата маси зразка композиції ЕД/[Cu(*eda*)(*deta*)]SiF₆ ($\Delta m = 21,2\%$), порівняно із зразком ЕД/*пера* (32,0%), в процесі термоокисної деструкції на другій стадії термолізу. Температура початку інтенсивної втрати маси модифікованої композиції зміщена в область вищих температур на 13°C, а температура максимального екзотермічного ефекту – на 94°C. Максимальна швидкість втрати маси епоксіамінної композиції, що містить антипірен, на 2,14% за хвилину нижча порівняно з вихідною композицією. Причому температура зафіксованої максимальної швидкості втрати маси є вищою для композиції ЕД/[Cu(*eda*)(*deta*)]SiF₆.

Згоряння піролітичних залишків органічної складової зразка ЕД/[Cu(*eda*)(*deta*)]SiF₆ протікає у більш вузькому інтервалі температур порівняно із зразком ЕД/*пера*. В той час, коли згоряння карбонізованого

залишку зразка ЕД/репа завершується за температури 900°C, згорання органічної складової зразка ЕД/[Cu(eda)(deta)]SiF₆ припиняється за температури 580°C. Це свідчить про самозгасаючий характер горіння зразка композиції, затвердненої новим антипіреном-затвердником.

Таблиця 3

Результати дослідження процесів термоокисної деструкції епоксіамінних композицій

Показник властивостей композицій	Композиції	
	ЕД/репа	ЕД/[Cu(eda)(deta)]SiF ₆
Температура початку інтенсивної втрати маси, °С	180	193
Температура максимального екзотермічного ефекту, °С	300	394
Максимальна швидкість втрати маси, %/хв.	4,17	2,03
Температура максимальної швидкості втрати маси, °С	316	400
Температура завершення процесу згорання, °С	900	580

Параметри пожежної небезпеки епоксіамінних композицій оцінювали за різного вмісту купрум(II) гексафлурсилікату. Введення антипірену в кількості 11, 22 і 44 мас. ч. сприяє зниженню показників групи горючості епоксіамінних композицій (табл. 4).

Таблиця 4

Результати експериментального визначення показників групи горючості епоксіамінних композицій з різним вмістом CuSiF₆ (згідно з ГОСТ 12.1.044-89)

Показник властивостей композицій	Вміст CuSiF ₆ , мас. ч.				
	0	11	22	44	66
Температура реакційної камери до введення зразка, t_0 , °С	200	200	200	200	200
Максимальна температура газоподібних продуктів згорання, t_{max} , °С	867	663	657	630	220
Максимальний приріст температури, Δt_{max} , °С	667	463	457	430	20
Тривалість досягнення максимальної температури, τ , с	150	130	184	240	300
Втрата маси, Δm , %	89,0	81,2	78,6	79,6	4,9
Група горючості	горючі, середньої займистості				важко-горючі

Максимальний приріст температури модифікованої купрум(II) гексафлуорсилікатом епоксіамінної композиції знижується на 204-327°C, а втрата маси – на 7,8-10,4% порівняно з вихідною композицією. При цьому тривалість досягнення максимальної температури газоподібних продуктів згоряння коливається в межах 130-240 с. Такі зразки класифікують як матеріали середньої займистості.

Стрімке зниження показників групи горючості спостерігається при введенні в композицію 66 мас. ч. купрум(II) гексафлуорсилікату. Оскільки максимальний приріст температури зразка такої композиції не перевищує 60°C ($\Delta t_{max} = 20^\circ\text{C}$), а втрата маси при горінні менша за 60% ($\Delta m = 4,9\%$), то її можна віднести до важкогорючих матеріалів. Максимальна температура газоподібних продуктів згоряння досягається за 300 с.

Кероване модифікування епоксіамінних композицій купрум(II) гексафлуорсилікатом призводить до підвищення температури займання на 15-34°C та температури самозаймання на 25-58°C порівняно з вихідною композицією (рис. 2). Встановлено, що найнижче значення температур займання (325°C) та самозаймання (530°C) має композиція без антипірену, а найвище (359°C і 588°C відповідно) – композиція, яка містить 88 мас.ч. купрум(II) гексафлуорсилікату.

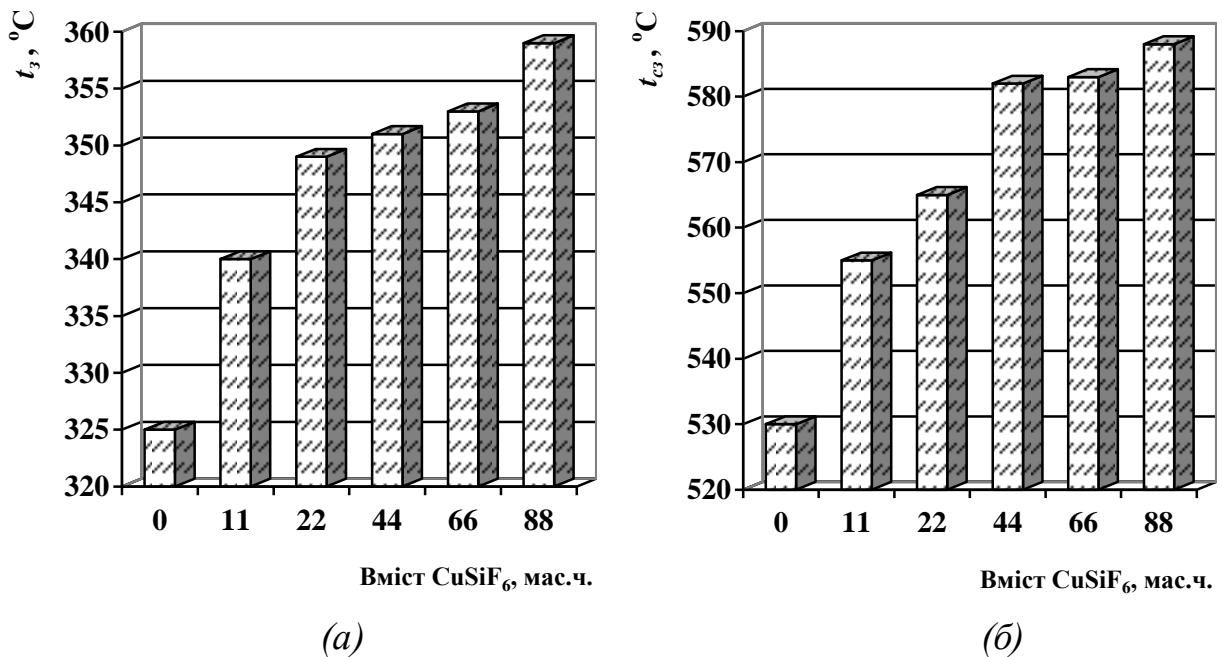


Рисунок 2 – Залежність температури займання (а) та самозаймання (б) епоксіамінних композицій від вмісту антипірену

Результати вивчення закономірностей поширення полум'я по поверхні зразків епоксиолімерних матеріалів, розташованих в горизонтальному положенні, наведені в табл. 5. Отримані дані свідчать, що зразки вихідної композиції не припиняли горіти до моменту вимушеного їх гасіння. Середня швидкість горіння становила 25,13 мм/хв. Оскільки швидкість горіння на ділянках між позначками зразків цієї композиції не перевищувала 40 мм/хв, то такий матеріал, згідно з ГОСТ 28157-89, можна віднести до категорії ПГ.

Результати експериментального визначення швидкості поширення полум'я по зразках полімерних композицій з різним вмістом CuSiF_6 , розташованих в горизонтальному положенні (згідно з ГОСТ 28157-89)

Вміст CuSiF_6 , мас. ч.	Тривалість горіння на довжину, с						Середня швидкість горіння, мм/хв	Тривалість самостійного горіння, с
	1см	2см	3см	4см	5см	6см		
0	22	51	80	101	125	146	25,13	горить до моменту вимушеного гасіння
11	не поширюють полум'я, згасають до нульової відмітки							41
22								42
44								41
66	зразок згасає після видалення полум'я							0
88								0

Додавання навіть невеликої кількості купрум(II) гексафлуорсилікату (11 мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язуючого) до епоксіамінної композиції суттєво впливає на швидкість поширення полум'я по поверхні зразка, розташованого в горизонтальному положенні. При дії полум'я пальника на зразок композиції з вмістом купрум(II) гексафлуорсилікату 11, 22 та 44 мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язуючого спостерігали горіння зразка, однак після видалення полум'я самостійне горіння підтримувалось короткочасно, зразок сам гаснув до досягнення полум'ям нульової відмітки. Тривалість самостійного горіння цих композицій не перевищувала 45 с. Займання підкладеної під зразок вати не відбувалося.

При дії полум'я пальника на зразок композицій з вмістом купрум(II) гексафлуорсилікату 66 та 88 мас.ч. на 100 мас.ч. зв'язуючого спостерігалась деформація зразків під дією полум'я, але після видалення полум'я зразки взагалі самостійно не горіли.

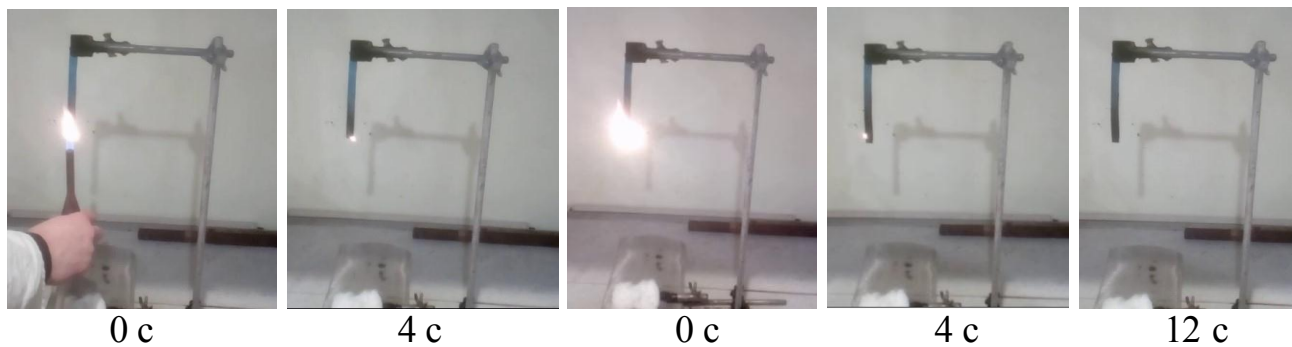
Оскільки полум'я по зразках композицій, що містять антипірен, в горизонтальному напрямку не поширюється, то для таких зразків визначали швидкість поширення полум'я по зразках, розташованих у вертикальному положенні.

Відтак встановлено (табл. 6), що найкращі критерії мають зразки композицій з вмістом антипірену 44 та 66 мас.ч. Тривалість горіння цих зразків не перевищувала 10 с після двократного піднесення полум'я пальника, а сумарний час горіння серії із п'яти зразків – не перевищував 50 с. Жоден із зразків не горів та не тлів до затискача, а підкладена вата не займалася, оскільки не відбувалося падіння палаючих крапель. Зразки не горіли та не тліли більш як 30 с після другого видалення полум'я (рис. 3).

Таблиця 6

Результати експериментальних досліджень з визначення швидкості поширення полум'я по зразках полімерних композицій з різним вмістом CuSiF_6 , розташованих у вертикальному положенні (згідно з ГОСТ 28157-89)

Критерії оцінки	Вміст антипірену, мас. ч.				
	11	22	44	66	88
Сумарний час горіння зразка, с	404	28	8	9	11
Сумарний час горіння серії із п'яти зразків, с	2022	138	41	47	56
Тривалість горіння і тління зразка після другого піднесення полум'я, с	218	21	14	11	15
Кількість зразків, які прогоріли до затискача	5	0	0	0	0
Наявність палаючих крапель, від яких займалася вата	+	-	-	-	-



0 с
Перше піднесення полум'я

0 с 4 с 12 с
Друге піднесення полум'я

Рисунок 3 – Кінограми, які демонструють поширення полум'я по вертикально закріплених зразках модифікованої епоксіамінної композиції

Отже, згідно з ГОСТ 28157-89, композиції з вмістом купрум(II) гексафлуорсилікату 44 та 66 мас. ч. належать до найвищої категорії стійкості до горіння ПВ-0 (табл. 7).

Таблиця 7

Категорії стійкості до горіння зразків композицій з різним вмістом антипірена (згідно з ГОСТ 28157-89)

Композиції	Вміст антипірену, мас. ч.					
	0	11	22	44	66	88
Категорія стійкості до горіння	ПГ	-	ПВ-1	ПВ-0	ПВ-0	ПВ-1

Димоутворювальну здатність композицій оцінювали за значенням коефіцієнта димоутворення в режимі тління та горіння (рис. 4). Найнижче значення коефіцієнта димоутворення в режимі тління визначене для композиції з вмістом антипірену 44 мас. ч., тому така композиція відноситься до матеріалів

з помірною димоутворювальною здатністю. Оскільки коефіцієнт димоутворення в цьому ж режимі для інших композицій перевищує $500 \text{ м}^2/\text{кг}$, вони належать до матеріалів з високою димоутворювальною здатністю.

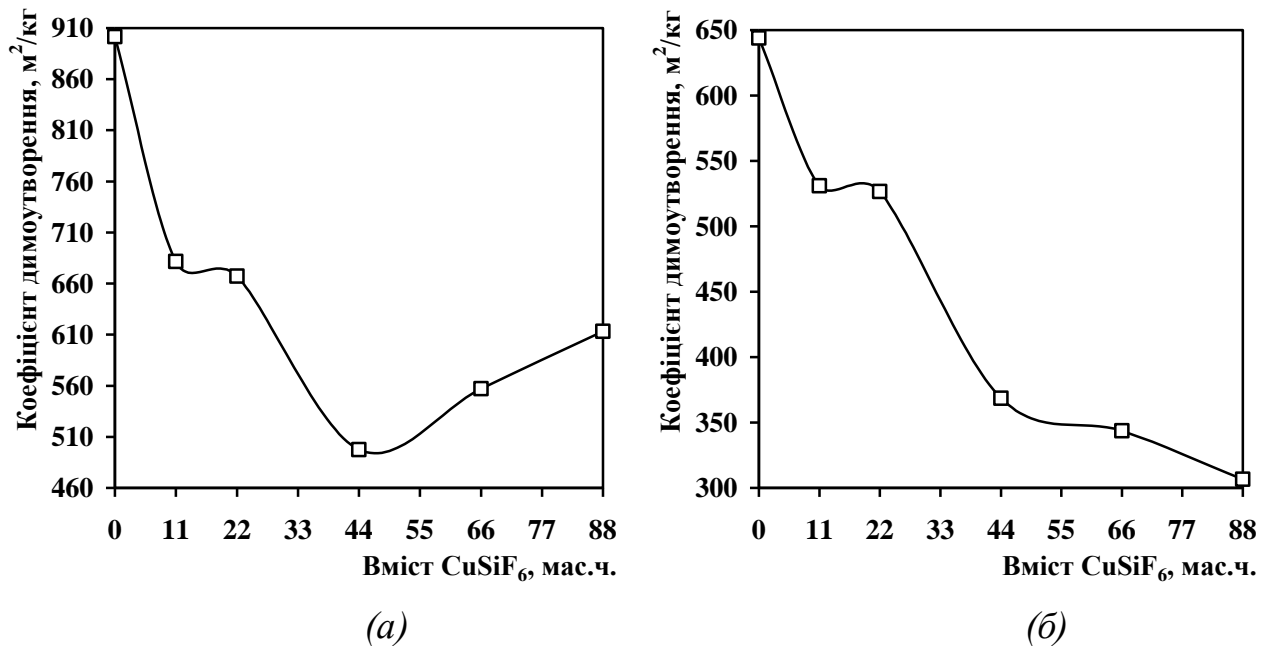


Рисунок 4 – Результати експериментальних досліджень з визначення коефіцієнта димоутворення епоксіамінних композицій в режимі тління (а) та горіння (б) (згідно з ГОСТ 12.1.044-89)

При визначенні коефіцієнта димоутворення в режимі горіння матеріалів простежується інша закономірність. Введення антипірену в кількості 44 мас. ч. і вище переводить композиції із групи матеріалів з високою димоутворювальною здатністю в групу матеріалів з помірною димоутворювальною здатністю. Коефіцієнт димоутворення композиції з вмістом антипірену 88 мас. ч. приблизно вдвічі менший, ніж вихідної композиції.

В п'ятому розділі за результатами експериментальних досліджень обґрунтовано оптимальний склад епоксіамінних композицій з підвищеною пожежною безпекою та розглянуто перспективи їх використання для протипожежного захисту деревини.

Зокрема, переваги та доцільність використання купрум(II) гексафлуорсилікату в якості антипірену епоксидних клейових композицій при виготовленні деревостружкових плит було експериментально підтверджено на підставі дериватографічних досліджень, визначення групи горючості та швидкості поширення полум'я. Для цього проводили порівняльну оцінку властивостей деревостружкових зразків з використанням вихідної та модифікованої композицій.

На підставі результатів дериватографічних досліджень (рис. 5) встановлено, що зразок із вмістом антипірену порівняно зі зразком без антипірену вирізняється вищою термічною стійкістю. Початок деструктивних процесів у зразку з антипіреном зміщений в область вищих температур (182°C) порівняно із зразком без антипірену (176°C).

Деструктивні та термоокисні процеси у модифікованому зразку на третій стадії термолізу протікають менш інтенсивно порівняно із немодифікованим зразком. Про це свідчить менша втрата маси зразка з антипіреном (17,6%) порівняно із зразком без антипірену (18,5%) та меншим екзотермічним ефектом.

Слід відмітити, що остання стадія термолізу зразка, який містить антипірен, завершується за більш низьких температур (571°C) порівняно із зразком без антипірену. Максимум екзотермічного ефекту згоряння залишку зразка з антипіреном зміщений в область нижчих температур та є меншим ніж у зразка без антипірену. Це свідчить про самозгасаючий характер горіння купрумвмісного зразка.

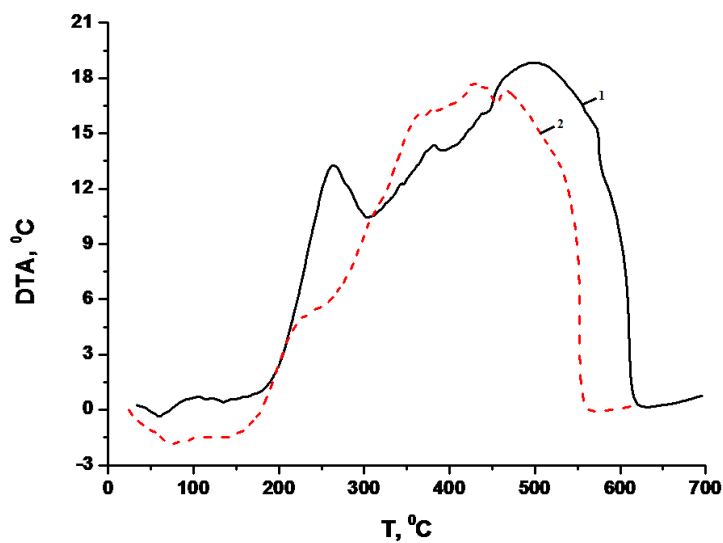


Рисунок 5 – Термограма деревостружкових зразків з використанням епоксидної клейової композиції: 1 – без антипірену, 2 – з антипіреном

Експериментально визначені показники групи горючості (максимальний приріст температури та втрата маси) свідчать про те, що деревостружковий зразок, отриманий з використанням епоксидної клейової композиції, яка не містить антипірену, належить до горючих матеріалів середньої займистості (табл. 7).

Вплив антипірену купрум(II) гексафлуорсилікату проявляється у зростанні тривалості досягнення максимальної температури газоподібних продуктів згоряння деревостружкового зразка приблизно на 200 с. При цьому максимальна температура газоподібних продуктів згоряння деревостружкового зразка з використанням епоксидної клейової композиції з антипіреном знижується на 645°C порівняно із зразками без антипірену. Суттєвою перевагою модифікованих зразків є значне зниження втрати маси. Отже, на підставі отриманих даних зразок з антипіреном є більш стійким до горіння і належить до важкогорючих матеріалів.

Введення антипірену в епоксиамінну композицію впливає на швидкість поширення полум'я по деревостружкових зразках (табл. 8).

Таблиця 7

Результати експериментального визначення показників групи горючості деревно-стружкових зразків з використанням епоксидних клейових композицій (згідно з ГОСТ 12.1.044-89)

Показник властивостей композицій	Епоксидна композиція	
	без антипірена	з антипіреном
Температура реакційної камери до введення зразка, t_0 , °С	200	200
Максимальна температура газоподібних продуктів згоряння, t_{max} , °С	910	265
Максимальний приріст температури, Δt_{max} , °С	710	65
Тривалість досягнення максимальної температури, τ , с	100	300
Втрата маси, Δm , %	84,0	9,4
Група горючості	горюча, середньої займистості	важкогорюча

Таблиця 8

Результати експериментального визначення швидкості поширення полум'я по деревно-стружкових зразках з використанням епоксидних клейових композицій, розташованих в горизонтальному положенні (згідно з ГОСТ 28157-89)

Показник властивостей композицій	Епоксидна композиція	
	без антипірена	з антипіреном
Тривалість горіння на довжину, с:		не поширює полум'я, згасає до нульової відмітки
1 см	27	
2 см	51	
3 см	80	
4 см	104	
5 см	127	
Середня швидкість горіння, мм/хв	23,87	
Тривалість самостійного горіння, с	горить до моменту вимушеного гасіння	19

Деревостружкові зразки, отримані з використанням епоксидних клейових композицій без антипірену, легко займаються від полум'я пального та горять до моменту вимушеного гасіння. Швидкість поширення полум'я по зразках, розташованих в горизонтальному положенні, не перевищує 40 мм/хв, тому їх можна віднести до категорії ПГ.

По деревостружковому зразку з вмістом антипірену полум'я практично не спроможне поширюватися і після займання полум'я швидко згасає ще до

досягнення нульової відмітки. Сумарна тривалість самостійного горіння та тління такого горизонтально розташованого зразка не перевищує 19 с. Оскільки швидкість поширення полум'я для такого зразка неможливо визначити, то матеріал не може бути класифікований як ПГ.

За результатами досліджень тривалості горіння і тління вертикально закріпленого зразка деревостружкові зразки, отримані з використанням епоксидних клейових композицій з антипіреном, можна віднести до категорії стійкості матеріалу до горіння ПВ-0.

Ще одним із можливих варіантів використання самозгасаючих епоксіамінних композицій модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом є застосування їх в якості вогнезахисних покриттів дерев'яних конструкцій. Для визначення ефективності вогнезахисної дії покриття по деревині на основі розробленої композиції, випробовували зразки сосни, покриті епоксидною композицією без антипірену, та композицією, модифікованою купрум(II) гексафлуорсилікатом. Покриття наносили двома шарами, загальна витрата вогнезахисного засобу становила в середньому 100-150 г/м².

Проведені дослідження з визначення ефективності захисту деревини, згідно з ГОСТ 16363-98 (табл. 9), показали, що втрата маси зразків деревини, обробленої модифікованою епоксіамінною композицією становила 7,2%. Це дозволило віднести розроблене покриття до I групи вогнезахисної ефективності, що гарантує отримання важкогорючої деревини. Покриття на основі епоксіамінної композиції, що не містить антипірену, взагалі не забезпечує вогнезахисту деревини, оскільки втрата маси зразка значно перевищує 25%.

Таблиця 9

Результати випробувань вогнезахисної ефективності епоксіамінних композицій, нанесених на поверхню деревини, згідно з ГОСТ 16363-98

Показник властивостей покриття	Покриття на основі епоксидної композиції	
	без антипірена	з антипіреном
Втрата маси після випробувань, %	83,5	7,2
Група вогнезахисної ефективності	покриття не забезпечує вогнезахисту	I

Отримані дані засвідчили високу ефективність застосування модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом епоксіамінних композицій для протипожежного захисту матеріалів з деревини.

Розроблена принципова технологічна схема одержання модифікованих епоксіамінних композицій. Обґрунтовані технологічні параметри переробки та розроблено технологічні рекомендації щодо створення епоксиполімерних матеріалів з підвищеною пожежною безпекою.

ВИСНОВКИ

1. На підставі аналізу пожежної небезпеки епоксидних композицій та чинників, які впливають на неї, виявлено, що одним із способів зниження пожежної небезпеки таких матеріалів є хімічна модифікація із застосуванням реакційноздатних антипіренів, зокрема купрум(II) гексафлуорсилікату.

2. Розроблено методику синтезу та отримано новий антипірен-затвердник епоксіамінних композицій у вигляді хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eta})(\text{deta})]\text{SiF}_6$. Встановлено, що, на відміну від традиційних затвердників епоксидних смол, запропонований антипірен-затвердник має значно вищу термоокисну стійкість та не спроможний займатися та самозайматися при нагріванні до температур 450°C та 600°C відповідно.

3. Показано, що інкорпорування антипірену-затвердника в епоксіамінні композиції зумовлює підвищення термостійкості композиції на 13°C та збільшення величини коксового залишку на 7%. Згоряння органічної складової модифікованої композиції завершується за температури на 320°C нижчої аніж у немодифікованої композиції.

4. Застосування запропонованого антипірену-затвердника призводить до зростання температур займання та самозаймання, зниження максимальної температури газоподібних продуктів згоряння та втрати маси при горінні епоксіамінних композицій.

5. Встановлено, що модифікована композиція належить до важкогорючих матеріалів з помірною димоутворювальною здатністю, не поширює полум'я та є самозгасаючою.

6. Результати проведених досліджень підтверджують перспективність застосування розроблених композицій в якості клею деревостружкових плит, а також для вогнезахисту дерев'яних конструкцій, для монтажу підвісних стель вестибюлів, сходових кліток, ліфтових холів, покриттів підлог коридорів, холів, фойє.

СПИСОК ОПУБЛІКОВАНИХ ПРАЦЬ ЗА ТЕМОЮ ДИСЕРТАЦІЇ

У наукових фахових виданнях:

1. *Пархоменко В.-П.О.* Визначення групи горючості епоксіамінних композицій, модифікованих солями купруму(II) / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Проблемы пожарной безопасности. – 2017. – Вып. 41. – С. 124-128.

2. *Пархоменко В.-П.О.* Роль антипірена-затвердника у формуванні самозгасаючих епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Науковий вісник: Цивільний захист та пожежна безпека. – 2017. – №1 (3). – С. 84-89.

3. *Пархоменко В.-П.О.* Вплив купрум(II) гексафлуорсилікату на термоокисну стійкість самозгасаючих епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, В.В. Кочубей, Б.М. Михалічко, О.І. Лавренюк, Ю.П. Павловський // Пожежна безпека. – 2017. – №30. – С. 132-136.

4. *Пархоменко В.-П.О.* Перспективи застосування силіційумісних антипіренів для зниження горючості епоксидних композицій /

В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності. – 2017. – №15. – С. 94-100.

5. *Пархоменко В.-П.О.* Трудногорючие эпоксиаминные композиции: принципы формирования и регулирования показателей пожарной опасности / В.-П.О. Пархоменко, Е.И. Лавренюк, Б.М. Мыхаличко // Вестник Кокшетауского технического института КЧС МВД Республики Казахстан. – 2018. – № 1 (29). – С. 56-61.

6. Лавренюк О.І. Квантово-хімічне моделювання поведінки хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)(\text{H}_2\text{NC}_2\text{H}_4\text{NHC}_2\text{H}_4\text{NH}_2)]\text{SiF}_6$ – антипірену-затвердника епоксидних смол в умовах горіння / О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко, В.-П.О. Пархоменко // Вопросы химии и химической технологии. – 2018. – № 3 (118). – С. 31-36.

Особистий внесок здобувача у роботах, які опубліковані у співавторстві:

[1–5] – проведення аналізу літературних даних щодо зниження горючості епоксидних композицій, отримання антипірену-затвердника та епоксіамінних композицій, визначення основних показників пожежовибухонебезпеки, а саме групи горючості, температур займання, самозаймання та швидкості поширення полум'я по полімерних зразках, коефіцієнта димоутворення, участь в проведенні та обговоренні результатів дериватографічних досліджень, обробка результатів та формулювання висновків.

[6] – проведення термохімічних обчислень, а саме встановлення стандартної ентальпії утворення та теплотворної спроможності речовин, аналіз результатів та формулювання висновків.

Публікації апробаційного характеру:

1. *Пархоменко В.-П.О.* Вплив купрум(II) гексафлуорсилікату на горючість епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк // Проблеми та перспективи розвитку системи безпеки життєдіяльності: Зб. наук. праць XII Міжнар. наук.-практ. конф. молодих вчених, курсантів та студентів: Ч. 1. – Львів: ЛДУ БЖД, 2017. – С. 60.

2. *Пархоменко В.-П.О.* Особенности формирования самозатухающих эпоксиаминных композиций с использованием нового антипирена-отвердителя / В.-П.О. Пархоменко, Е.И. Лавренюк // Обеспечение безопасности жизнедеятельности: проблемы и перспективы: сб. материалов XI междунар. науч.-практ. конф. молодых ученых: курсантов (студентов), слушателей магистратуры и адъюнктов (аспирантов). – Минск: УГЗ, 2017. – С. 76.

3. *Пархоменко В.-П.О.* Виняткова роль комплексоутворення в системі сіль купруму(II) – амінний затвердник – епоксидна смола у зниженні горючості епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Збірник наукових праць: XVI наукова конференція “Львівські хімічні читання – 2017”. – Львів: Видавничий центр ЛНУ ім. Івана Франка, 2017. – С. Н 1.

4. *Parhomenko V.-P.* Technological peculiarities of the obtaining the epoxyamine composites with suppressed combustibility / V.-P. Parhomenko, H. Lavrenyuk, B. Mykhalichko // Fifth Caucasian International Symposium on Polymers and Advanced Materials. – Tbilisi, 2017. – P. 94.

5. *Пархоменко В.-П.О.* Металокомплекси – як перспективні антипірени епоксиполімерів / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Сучасний стан цивільного захисту України та перспективи розвитку: Матеріали 19 Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Київ: ІДУЦЗ, 2017. – С. 330-331.

6. *Пархоменко В.-П.О.* Висока опірність до термоокисної деструкції як передумова зниження горючості металумісних епоксиполімерів / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Надзвичайні ситуації: безпека та захист: Матеріали VII Всеукраїнської науково-практичної конференції з міжнародною участю. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля НУЦЗ України, 2017. – С. 6.

7. *Пархоменко В.-П.О.* Фізико-хімічні передумови зниження пожежної небезпеки епоксіамінних композицій, модифікованих хелатними купрокомплексами / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Теорія і практика гасіння пожеж та ліквідації надзвичайних ситуацій: Матеріали VIII Міжнародної науково-практичної конференції. – Черкаси: ЧПБ ім. Героїв Чорнобиля, 2017. – С. 231-232.

8. *Пархоменко В.-П.О.* Новий підхід у створенні важкогорючих матеріалів на основі епоксіамінних композицій / В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, Б.М. Михалічко // Пожежна безпека: проблеми та перспективи: збірник тез доповідей Всеукраїнської науково-практичної конференції. – Харків: НУЦЗУ, 2018. – С. 195-196.

АНОТАЦІЯ

Пархоменко В.-П.О. Підвищення пожежної безпеки матеріалів на основі епоксіамінних композицій модифікованих купрум(II) гексафлуорсилікатом. – Рукопис.

Дисертація на здобуття наукового ступеня кандидата технічних наук за спеціальністю 21.06.02 – пожежна безпека. – Львівський державний університет безпеки життєдіяльності, Львів, 2018.

Дисертаційна робота присвячена вирішенню актуального науково-технічного завдання – підвищенню пожежної небезпеки матеріалів на основі епоксіамінних композицій шляхом їх модифікування купрум(II) гексафлуорсилікатом.

Вивчено вплив хімічної взаємодії між негорючою неорганічною сіллю купрум(II) гексафлуорсилікатом та горючим амінім затвердником епоксидних смол поліетиленполіаміном в процесі структурування епоксіамінних композицій на утруднення займання та зниження їх горючості. Проведена комплексна оцінка параметрів пожежної небезпеки епоксіамінних композицій за різного вмісту антипірену.

Показано, що ефективність застосування купрум(II) гексафлуорсилікату в якості антипірену епоксіамінних композицій проявляється в підвищенні її термостійкості, температур займання і самозаймання, тривалості досягнення максимальної температури газоподібних продуктів горіння, зниженні температури завершення процесу згоряння композиції і втрати маси при

горінні. Встановлено, що модифікована композиція належить до важкогорючих матеріалів з помірною димоутворювальною здатністю, не поширює полум'я і є самозгасаючою.

Подано рекомендації щодо застосування розроблених важкогорючих самозгасаючих епоксіамінних композицій з метою протипожежного захисту деревини. Оптимізовано рецептуру та технологію отримання епоксіамінних композицій для отримання матеріалів з підвищеною пожежною безпекою.

Ключові слова: пожежна безпека, епоксіамінні композиції, антипірен-затвердник, купрум(II) гексафлуорсилікат, важкогорюча самозгасаюча композиція.

АННОТАЦІЯ

Пархоменко В.-П.О. Повышение пожарной безопасности материалов на основе эпоксиаминных композиций модифицированных купрум(II) гексафторсиликатом. – Рукопись.

Диссертация на соискание ученой степени кандидата технических наук по специальности 21.06.02 – пожарная безопасность. – Львовский государственный университет безопасности жизнедеятельности, Львов, 2018.

Диссертационная работа посвящена решению актуального научно-технического задания – повышению пожарной безопасности материалов на основе эпоксиаминных композиций путем их модифицирования купрум(II) гексафторсиликатом.

Изучено влияние химического взаимодействия между негорючей неорганической солью купрум(II) гексафторсиликатом и горючим аминным отвердителем эпоксидных смол полиэтиленполиамином в процессе структурирования эпоксиаминных композиций на затруднение воспламенения и снижение их горючести. Проведена комплексная оценка параметров пожарной опасности эпоксиаминных композиций при разном содержании антипирина.

Показано, что эффективность применения купрум(II) гексафторсиліката в качестве антипирина эпоксиаминных композиций проявляется в повышении её термостойкости, температур воспламенения и самовоспламенения, времени достижения максимальной температуры газообразных продуктов горения, снижении температуры завершения процесса сгорания композиции и потери массы при горении. Установлено, что модифицированная композиция принадлежит к трудногорючим материалам с умеренной дымообразующей способностью, не распространяет пламя и является самозатухающей.

Подано рекомендації по применению разработанных трудногорючих самозатухающих эпоксиаминных композиций с целью противопожарной защиты древесины. Проведена оптимизация рецептуры и технологии получения эпоксиаминных композиций для получения материалов с повышенной пожарной безопасностью.

Ключевые слова: пожарная безопасность, эпоксиаминные композиции, антипирен-отвердитель, купрум(II) гексафторсилікат, трудногорючая самозатухающая композиция.

SUMMARY

Parhomenko V.-P.O. Fire safety enhancement of materials based on epoxy-amine composites modified by copper(II) hexafluoridosilicate – The manuscript.

Thesis for a candidate degree in Engineering by specialty 21.06.02 – Fire Safety. – Lviv State University of Life Safety, Lviv, 2018.

The work is devoted to the solution of the actual scientific and technical problems to improve fire safety of materials based on epoxy-amine composites by means of copper(II) hexafluoridosilicate modifying.

The influence of the chemical interaction between the non-combustible inorganic salt – copper(II) hexafluoridosilicate – and the combustible amine hardener of epoxy resins – polyethylenepolyamine – onto the difficulty of ignition and their inflammability reducing was studied in the process of the epoxy-amine composites structuring. A comprehensive assessment of the fire hazard parameters of epoxy-amine composites containing the different quantities of flame retardant has been carried out.

It is shown that the efficiency of the copper(II) hexafluoridosilicate application as a flame retardant epoxy-amine composites is exhibited in an increase of the thermostability, ignition point and self-ignition point, time to reach the maximum temperature at the composites combustion and weight loss. It was established that the modified composites belong to the reduced combustibility materials with moderate smoke-forming ability, these do not spread the flame and are self-extinguished.

Recommendations have been made to use the developed difficult-to-combustible, self-extinguishing epoxy-amine composites for the purpose of fire protection of wood. The formula and obtaining technology of the epoxy-amine composites have been optimized for the production of materials with increased fire safety.

Keywords: fire safety, epoxy-amine composites, flame retardant-hardener, copper(II) hexafluoridosilicate, reduced combustibility materials, self-extinguishing composites.

Підписано до друку 26.11.2018 р.
Друк різнограф.
Наклад 100 прим.

Формат 60x80/16
Ум. друк. арк. 1,0
Зам. № 09/2018
