



МАТЕРІАЛИ
ДРУКУЮТЬСЯ
УКРАЇНСЬКОЮ,
АНГЛІЙСЬКОЮ ТА
ПОЛЬСЬКОЮ
МОВАМИ

ЗБІРНИК НАУКОВИХ ПРАЦЬ

ВІСНИК
ЛЬВІВСЬКОГО
ДЕРЖАВНОГО УНІВЕРСИТЕТУ
БЕЗПЕКИ ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ

№ 15, 2017

заснований у 2007 році

РЕДАКЦІЙНА КОЛЕГІЯ:

д-р пед. наук	Козяр М.М. – головний редактор
д-р техн. наук	Рак Т.Є. – заступник головного редактора
д-р техн. наук	Семерак М.М. – науковий редактор
д-р пед. наук	Шуневич Б.І. – науковий редактор
д-р с.-г. наук	Кузик А.Д. – відповідальний секретар
д-р техн. наук	Агаманюк В.М.
д-р пед. наук	Васянович Г.П.
д-р техн. наук	Гивлюд М.М.
д-р техн. наук	Гудим В.І.
д-р техн. наук	Гуліда Е.М.
д-р техн. наук	Зачко О.Б.
д-р техн. наук	Знак З.О.
канд. пед. наук	Клос Л.Є.
д-р техн. наук	Ковалишин В.В.
канд. пед. наук	Коваль М.С.
д-р пед. наук	Козловська І.М.
д-р пед. наук	Курляк І.Є.
канд. філол. наук	Лабач М.М.
д-р пед. наук	Литвин А.В.
д-р техн. наук	Маргин Є.В.
д-р пед. наук	Мачинська Н.І.
д-р пед. наук	Микитенко Н.О.
д-р хім. наук	Михалічко Б.М.
д-р техн. наук	Нагурський О.А.
д-р пед. наук	Ничкало Н.Г.
д-р пед. наук	Пазюра Н.В.
д-р техн. наук	Пелешко Д.Д.
д-р техн. наук	Рач В.А.
д-р пед. наук	Руденко Л.А.
д-р техн. наук	Самотий В.В.
д-р техн. наук	Сидорчук О.В.
д-р пед. наук	Сікорський П.І.
д-р фіз.-мат. наук	Стародуб Ю.П.
д-р фіз.-мат. наук	Тацій Р.М.
д-р техн. наук	Цюцюра С.В.

ISSN 2078-4643

ЗАСНОВНИК ТА ВИКОНАВЕЦЬ Львівський державний університет
безпеки життєдіяльності (ЛДУ БЖД)

ЗАРЕЄСТРОВАНО Державною реєстраційною службою України
12.03.2015 р. Серія КВ №20328-11128Р

**ВНЕСЕНО ВАК УКРАЇНИ
ДО ПЕРЕЛІКУ ФАХОВИХ ВИДАНЬ** Наказами Міністерства освіти і науки України
№147 від 13.07.15 р. (технічні науки);
№1021 від 07.10.15 р. (педагогічні науки).

**ВНЕСЕНО ДО БІБЛІОГРАФІЧНОЇ БАЗИ ДАНИХ
«ULRICH'S PERIODICALS DIRECTORY**

**Рекомендовано до видання рішенням Вченої ради ЛДУ БЖД
(Протокол № 10 від 08.06.2017 р.)**

Літературний редактор	Падик Г.М.
Редактор англійської мови	Хлевной О.В.
Технічний редактор	Сорочич М.П.
Комп'ютерна верстка	Хлевной О.В.
Друк на різнографі	Трачук О.В.
Відповідальний за друк	Фльорко М.Я.

АДРЕСА РЕДАКЦІЇ: ЛДУ БЖД, вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007
Контактні телефони: (032) 233-24-79, 233-14-97, тел/факс 233-00-88
E-mail: ndr@ubgd.lviv.ua

Збірник наукових праць "Вісник Львівського державного університету безпеки життєдіяльності" видається в університеті з 2007 року. Запланована періодичність 2 рази на рік. Тематична спрямованість: оригінальні та оглядові праці в галузі технічних та педагогічних наук – з напрямів: інформатика та автоматизація, інформаційні технології, інформаційна безпека, управління проектами і програмами, безпека життєдіяльності, охорона праці, техногенна та екологічна безпека, теорія та методика професійної освіти, педагогіка вищої школи, теорія та методика навчання, інформаційно-комунікаційні технології в освіті.

Здано в набір 09.06.2017. Підписано до друку 12.06.2017.
Формат 60x84^{1/3}. Папір офсетний. Ум. друк. арк. 20,7.
Гарнітура Times New Roman. Друк на різнографі
Наклад: 100.
Друк: ЛДУ БЖД
вул. Клепарівська, 35, м. Львів, 79007.

Р.М. Тацій, О.О. Карабин, О.Ю. Чмир
ПРЯМИЙ МЕТОД ДОСЛІДЖЕННЯ
КОЛИВНИХ ПРОЦЕСІВ ДЛЯ
ХВИЛЬОВОГО РІВНЯННЯ З КУСКОВО-
НЕПЕРЕРВНИМ РОЗПОДІЛОМ
ПАРАМЕТРІВ

Р. О. Ткаченко, О.С. Ковалишин
МЕТОД ОЦІНКИ ВІДГУКІВ ПАЦІЄНТІВ
МЕДИЧНИХ ЗАКЛАДІВ З
ВИКОРИСТАННЯМ НЕЧІТКОЇ ЛОГІКИ

ТЕХНОГЕННА ТА ЕКОЛОГІЧНА БЕЗПЕКА

О.Г. Левицька, О.В. Січевий
СОРБЦІЯ СВІТЛИХ НАФТОПРОДУКТІВ
ВІДХОДАМИ ОЧИЩЕННЯ, ЛУЩЕННЯ І
ШЛІФУВАННЯ ПШЕНИЦІ, ЖИТА ТА
ВІВСА

**В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк,
Б.М. Михалічко**
ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ
СИЛІЦІЙУМІСНИХ АНТИПРЕНІВ
ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ
ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ

І. С. Федів, К. В. Степова
ОЦІНЮВАННЯ ЗАБРУДНЕНОСТІ ҐРУНТІВ
ТА ВИЗНАЧЕННЯ
ФІЗИКО-ХІМІЧНОГО СКЛАДУ
ВІДХОДІВНА НЕСАНКЦІОНОВАНОМУ
ЗВАЛИЩІ У М.СТРИЙ

**Ю.І. Юрас, Я.С. Коробейникова,
Л.М. Архипова, М.В. Корчемлюк**
УДОСКОНАЛЕННЯ СИСТЕМИ
ВЕНТИЛЯЦІЇ В МОБІЛЬНИХ САНВУЗЛАХ

БЕЗПЕКА ЖИТТЄДІЯЛЬНОСТІ ТА ОХОРОНА ПРАЦІ

А.П. Бочковський, Н. Ю. Сапожнікова,
ФОРМАЛІЗАЦІЯ СИСТЕМИ
АВТОМАТИЗОВАНОГО КОНТРОЛЮ
І ПІДВИЩЕННЯ БЕЗПЕКИ ВИРОБНИЦТВ

П.М. Гащук, С.В. Нікіпчук
АЛГОРИТМ СТРУКТУРУВАННЯ
ТРАНСМІСІЙ МОБІЛЬНИХ МАШИН
У СЕРЕДОВИЩІ АВТОМАТИЗОВАНОГО
ПРОЕКТУВАННЯ

С.О. Ємельяненко, О.М. Щербина
СТРАХУВАННЯ, ЯК МЕТОД
УПРАВЛІННЯ МАЙНОВИМИ РИЗИКАМИ

68

R.M. Tatsij, O.O. Karabyn, O.Yu. Chmyr
THE DIRECT METHOD OF RESEARCH OF
THE OSCILLATION PROCESSES
FOR THE WAVE EQUATION WITH THE
PIECEWISE CONTINUOUS DISTRIBUTION
PARAMETERS

81

R. O. Tkachenko, O. S. Kovalyshyn
A METHOD OF ASSESSING OF CLINIC
PATIENTS FEEDBACK WITH FUZZY LOGIC

TECHNOGENEOUS AND ENVIRONMENTAL SAFETY

89

O.G. Levytska, O.V. Sichevyi
SORPTION OF LIGHT PETROLEUM
PRODUCTS BY WASTES OF CLEANING,
PEELING AND GRINDING OF WHEAT, RYE
AND OATS

94

**V.-P. Parhomenko, O. Lavrenyuk,
B. Mykhalichko**
UTILIZATION PROSPECTS OF THE SILICON-
CONTAINING FIRE RETARDANTS FOR THE
COMBUSTIBILITY SUPPRESSING OF THE
EPOXY COMPOSITES

101

I.S. Fediv, K.V. Stepova
ASSESSMENT OF SOIL POLLUTION AND
DETERMINATION OF WASTE CHEMI-CAL
COMPOSITION AT UNAUTHORIZED
STORAGE IN STRYI

107

**Iu.I. Iuras, Ya.S. Korobeinykova,
L.M. Arkhypova, M.V. Korchemliuk**
IMPROVEMENT OF THE VENTILATION
SYSTEM IN MOBILE TOILETS

LIFE SAFETY AND LABOUR PROTECTION

114

A.P. Bochkovskiy, N.Y. Sapozhnikova
FORMALIZATION OF AN AUTOMATED
CONTROL AND INDUSTRIES SAFETY
ENHANCEMENT SYSTEM

124

P.M. Hashchuk, S.V. Nikipchuk
THE ALGORITHM FOR MODELLING
VEHICLE TRANSMISSION STRUCTURES IN
THE COMPUTER-AIDED DESIGN
ENVIRONMENT

147

S. Yemelyanenko, O. Scherbina
INSURANCE AS A METHOD OF
ADMINISTRATION PROPERTY RISKS

*В.-П.О. Пархоменко, О.І. Лавренюк, канд. техн. наук, доцент,
Б.М. Михалічко, д-р хім. наук, професор
(Львівський державний університет безпеки життєдіяльності)*

ПЕРСПЕКТИВИ ЗАСТОСУВАННЯ СИЛІЦІЙУМІСНИХ АНТИПІРЕНІВ ДЛЯ ЗНИЖЕННЯ ГОРЮЧОСТІ ЕПОКСИДНИХ КОМПОЗИЦІЙ

Проаналізовано та узагальнено літературні дані щодо зниження горючості епоксидних композицій шляхом застосування силіційумісних антипіренів. Розглянуті механізми дії запропонованих сполук та пожежонебезпечні властивості епоксидних композицій, що містять сповільнювачі горіння. Передбачено перспективність застосування купрум(II) гексафлуорсилікату в складі іонно-молекулярних комплексів з амінними затвердниками епоксидних смол в якості антипіренів епоксидних композицій.

Ключові слова: епоксидні композиції, силіційумісні антипірени, купрум(II) гексафлуорсилікат, іонно-молекулярний комплекс.

V.-P. Parhomenko, O. Lavrenyuk, B. Mykhalichko

UTILIZATION PROSPECTS OF THE SILICON-CONTAINING FIRE RETARDANTS FOR THE COMBUSTIBILITY SUPPRESSING OF THE EPOXY COMPOSITES

The analysis and survey of the literature data relating to the combustibility lowering of the epoxy composites with the using the silicon-containing fire retardants are considered in this article. The action mechanisms of the proposed compounds and fire hazard indices of the epoxy composites containing combustion retarders have been analyzed.

Utilization prospects of the copper(II) hexafluorsilicate, included in ion-molecular complexes with amine curing agents of epoxy resins as a fire retardant of the epoxy-amine composites has been foreseen.

Key words: epoxy composites, silicon-containing fire-retardants, copper(II) hexafluorsilicate, ion-molecular complex.

Постановка проблеми. Унікальне поєднання хімічних, фізичних, механічних та діелектричних властивостей є передумовою широкого застосування епоксидних композиційних матеріалів в різних галузях промисловості та будівництва. Дедалі частіше їх пропонують застосовувати в нових сферах для заміни таких традиційних конструкційних матеріалів, як метали, деревина, бетон, природні мінерали.

В зв'язку з цим, вимоги щодо горючості, схильності до займання, димоутворювальної здатності та токсичності продуктів горіння полімерних матеріалів на основі епоксидних смол стали набагато жорсткішими. Це в свою чергу спричинило зменшення попиту на світовому ринку на епоксиполімери, що містять у своєму складі традиційні антипірени, які спроможні ефективно знижувати їх горючість. Тому на даний час надзвичайно актуальним є пошук нових рецептур епоксидних композицій, які, поряд з високими експлуатаційними та технологічними характеристиками, мали б понижену пожежну небезпеку.

Аналіз останніх досліджень і публікацій свідчить, що найбільш поширеним і ефективним способом зниження пожежної небезпеки епоксидних композиційних матеріалів є застосування інертних чи реакційноздатних антипіренів та наповнювачів. В якості антипіренів найчастіше використовують галоген-, фосфор-, нітроген- та борвмісні неорганічні або органічні речовини.

На даний час [1], на неорганічні антипірени, а зокрема амонію поліфосфат, алюмінію гідроксид, магнію гідроксид, червоний фосфор тощо, припадає приблизно 50% обсягу світового виробництва сповільнювачів горіння. 25% займає група галогенвмісних антипіренів, яка представлена в основному хлор- та бромвмісними сполуками. Фосфорорганічні антипірени, в основному похідні ефірів, становлять 20% від запропонованих на світовому ринку. Значно рідше (6%) використовують азотвмісні антипірени.

Втім, традиційні галоген- чи фосфоровмісні антипірени мають цілу низку негативних властивостей. Шкідливий вплив їх на навколишнє середовище та організм людини зумовлюють необхідність пошуку нових екологічно безпечних способів зниження пожежної небезпеки полімерних матеріалів на основі епоксидних смол. Новими доволі перспективними напрямками сповільнення горіння є застосування інтумесцентних систем, полімерних нанокompatитів, прекурсорів кераміки, низькоплавких стекел, різних типів коксоутворювачів, а також систем, які модифікують морфологію полімеру.

На особливу увагу заслуговують силіційвмісні антипірени. Однак дослідженню впливу цього класу антипіренів на горючість епоксидних композиційних матеріалів присвячена незначна кількість робіт. Насамперед, очевидно, це зумовлено уявленнями про такі сполуки як про інертні до полімерної матриці, які спроможні впливати на горючість композиції лише завдяки зменшенню кількості горючого матеріалу та затрат тепла на нагрівання неорганічної фази.

Метою роботи є аналіз та узагальнення наявних відомостей щодо перспектив застосування силіційвмісних антипіренів для зниження горючості епоксидних композицій, а також пошук нових хімічних речовин цього класу, які б ефективно знижували горючість композиційних матеріалів на основі епоксидних смол.

Виклад основного матеріалу. Основна увага в проаналізованих роботах приділяється застосуванню в якості силіційвмісних антипіренів епоксидних смол лінійних силанів чи силоксанів, які утворюють основну або бічну групу полімерів.

При синтезі епоксидних композицій з високим значенням кисневого індексу добре зарекомендували себе полідиметилсилоксани з кінцевими гідроксильними групами (схема 1) [2]. Затверднення гібридизованих силіційвмісних епоксидних матричних систем проводили з використанням аліфатичних, ароматичних амінів, поліамідоаміну чи амінопропілтриетоксисилану. Введення силоксанових ланок в епоксидну матрицю сприяло ще й підвищенню діелектричної міцності з невеликою втратою механічних властивостей. Показано, що армовані волокнами силіційвмісні епоксидні матричні системи з успіхом можуть бути використані як аерокосмічні та інші високоефективні інженерні добавки.

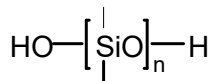


Схема 1

Авторами робіт [3, 4] синтезований новий силіційвмісний епоксидний олігомер – тригліцидилоксифенілсилан (схема 2). Затверднена 4,4'-діамінодифенілметаном силіційвмісна композиція характеризується вищою термостійкістю в порівнянні з класичною епоксіамінною композицією. Введення силіційвмісних угруповань сприяє підвищенню карбонізації композиції, що є важливим аргументом у зниженні горючості. Кисневий індекс композиції становить 35.

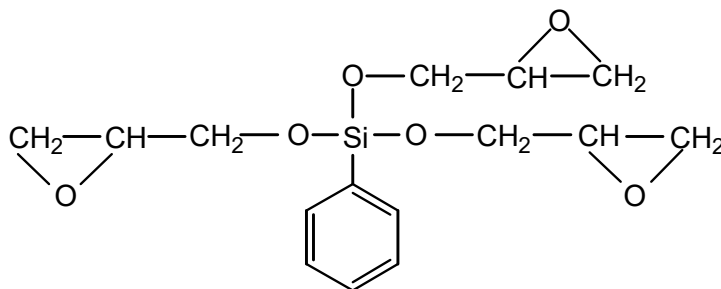


Схема 2

Окрім того, виявлено [5] синергічний ефект сумісного використання фосфор- та силіційумісних епоксидних олігомерів для одержання епоксіамінних композицій зі зниженою горючістю. Так, кисневий індекс композицій з вмістом фосфору 4,8% і вмістом силіцію 12,7% становить 41. Передбачено, що зниження горючості досягається завдяки утворенню на поверхні матеріалу суцільного шару кремнезему, який, в свою чергу, зменшує інтенсивність термічного окиснення фосфору.

Епоксидні полімери з різним вмістом силіцію були одержані з силіційвмісних епоксидних олігомерів (схеми 3-5) шляхом затверднення 4,4'-діамінодифенілметаном [6, 7]. Зазначено, що введення атомів силіцію в епоксидний олігомер призвело до зростання термічної стійкості та збільшення виходу коксу епоксіамінних композицій. Отримані епоксидні полімери мали високе значення кисневого індексу. Втім, при сумісному поєднанні таких фосфор- та силіційвмісних епоксидних олігомерів, як (2,5-дигідроксіфеніл)дифеніл фосфіноксид, дигліцидилоксиметилфеніл силан та 1,4-біс(гліцидилоксидиметилсиліл)-бензен синергічного ефекту в сповільненні горіння не спостерігалось [8].

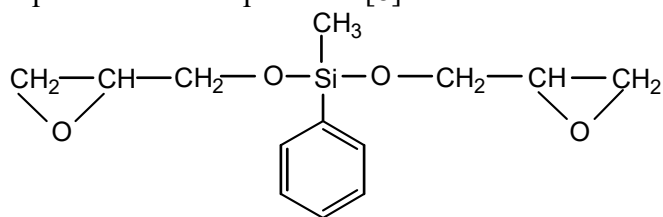


Схема 3

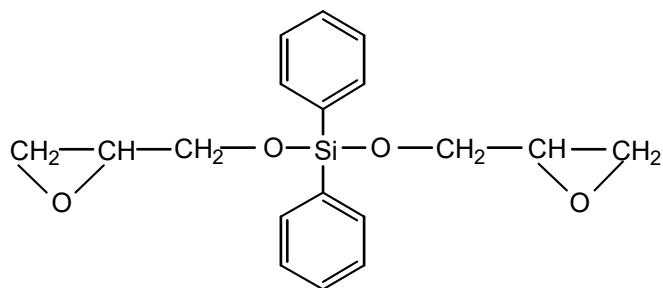


Схема 4

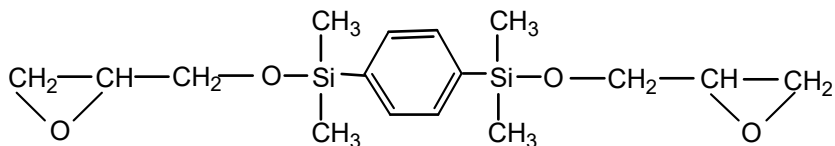


Схема 5

Запатентована композиція [9], яка може бути застосована для покращення вогне- та високотемпературної стійкості підкладок чи конструкцій, містить епоксидну смолу чи суміш епоксидних смол та полісилоксан чи суміш полісилоксанів. Таке поєднання компонентів гарантує отримання композиції, яка спучується. Покриття на основі силіційвмісної епоксидної композиції сповільнює швидкість збільшення температури підкладки в умовах пожежі. Таким чином покриття забезпечує збільшення тривалості виходу з ладу конструкції.

Для зниження горючості епоксидних композицій запропоновано нові органічні / неорганічні інтумесцентні системи [10], що містять фосфор, нітроген та силіцій. В якості силіційвмісної складової було використано вінілтриметоксісилан та 3-триетоксісилілпропіламін. Застосування запропонованих систем дало змогу отримати композиції з високим значенням кисневого індексу та з мінімальною швидкістю поширення полум'я.

Рідкий силіцій / фосфоровмісний антипірен (схема 6) синтезовано [11] з використанням 9,10-дигідро-9-окса-10-фосфафенантрен-10-оксиду і триетоксівінілсилану. Модифікована епоксидна композиція з вмістом запропонованого антипірену 10% мас. характеризується не лише підвищеною термостійкістю та зниженою горючістю, а й підвищеними механічними характеристиками.

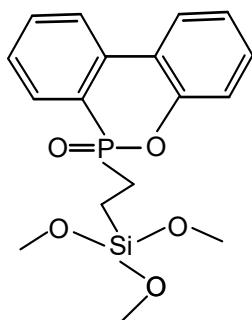


Схема 6

Запропонований спосіб підвищення термостабільності і зниження горючості епоксиполімерів шляхом застосування різноманітних дисперсних силікатів та алюмосилікатів [12-14], а саме: аеросилу, кварциту, каолініту, відходів глиноземного виробництва – залізоалюмінієвих оксидів та продуктів їх відпалу діанасу, шамоту і периклазу. Зокрема встановлено, що на процеси термоокисної деструкції суттєво впливає наявність на поверхні дисперсних наповнювачів кислотно-основних центрів, а горючість епоксиполімерів залежить лише від хіміко-мінералогічного складу наповнювачів.

Отже, наявні дослідження [15-17] показали, що додавання невеликої кількості сполук силіцію до епоксиполімерних матеріалів може суттєво знизити їх горючість, в основному завдяки впливу на напрямок деструкції полімеру в сторону збільшення виходу коксу. Такі антипірени вважають екологічно безпечними, оскільки вони не чинять шкідливого впливу на навколишнє середовище.

Втім, роботи зі зниження горючості епоксиполімерів шляхом використання силіціумісних сполук розвиваються в двох напрямках: 1) введення атомів силіцію в структуру епоксидного олігомеру на стадії його синтезу, 2) застосування інертних антипіренів. Новим, доволі перспективним способом модифікації епоксидних композицій з метою зниження їх горючості є введення силіціймісних антипіренів у складі затвердника. Зокрема, передбачено ефективність застосування з цією метою гексафлуорсилікатів *d*-металів, а саме купрум(II) гексафлуорсилікату.

Як відомо, атоми купруму виявляють неабияку електроноакцепторну спроможність стосовно електронодонорних гетероатомів різних горючих органічних речовин [18]. Результати структурних досліджень координаційних сполук купруму з органічними нітрогенісними речовинами [19] свідчать про їх винятково високу схильність до комплексоутворення з нітрогенісними вуглеводнями. Чимала хімічна спорідненість акцепторних атомів купруму до донорних атомів нітрогену органічних амінів зумовлює можливість утворювати міцні координаційні σ -зв'язки типу $\text{Cu} \leftarrow \text{N}$ та $\text{H}^+ \rightarrow \text{N}$ [20]. Це дало змогу отримати новий антипірен-затвердник епоксидних смол на основі купрум(II) гексафлуорсилікату та поліетиленполіаміну у вигляді кристалічного комплексу.

Антипірен-затвердник готували шляхом ретельного перетирання в ступці еквімольного співвідношення $\text{CuSiF}_6 \cdot 6\text{H}_2\text{O}$ та поліетиленполіаміну до утворення однорідної суспензії синьо-фіолетового кольору, яка впродовж доби перероджувалась в пластинчасті синьо-фіолетові кристали. Методом рентгенофазового аналізу були встановлені основні структурні характеристики хелатного комплексу $[\text{Cu}(\text{eda})(\text{deta})]\text{SiF}_6$: просторова група симетрії – $P 2_1/n$, параметри елементарної комірки – $a = 8,99 (1)$, $b = 9,61 (1)$, $c = 15,74 (1) \text{ \AA}$, $\beta = 91,46 (1)^\circ$.

Варто зазначити, що перевагою застосування купрум(II) гексафлуорсилікату в якості антипірену окрім схильності до комплексоутворення, є здатність до термічного розкладу за невисоких температур з утворенням негорючого газу силіцій фториду [21]:



Ці гази, потрапляючи в полум'я, розбавлятимуть горючу газову суміш до негорючих концентрацій, що може призвести до гасіння полум'я. Запропонований антипірен недорогий, доступний, не проявляє токсичної, мутагенної чи канцерогенної дії на організм людини.

Висновки. Наведені дані свідчать про високу ефективність застосування силіціумісних антипіренів з метою зниження горючості епоксидних композицій. На підставі аналізу відомостей про електронну та кристалічну будову солей купруму, хімічних властивостей, а також структурних досліджень координаційних сполук купруму(II) з органічними амінами проведено теоретичне обґрунтування вибору купрум(II) гексафлуорсилікату в якості антипірену для епоксіамінних композицій.

Список літератури:

1. Lomakin S. M., Zaikov G. E. Ecological Aspects of Polymer Flame Retardancy / S. M. Lomakin, G. E. Zaikov – Utrecht, Netherlands: VSP International Science Publishers, 1999. – 158p.
2. Alagar M. Synthesis and characterisation of high performance polymeric siliconised epoxy composites for aerospace applications / M. Alagar, T. V. T. Velen, A. A. Kumar, V. Mohan // Mater. Manuf. Proc. – 1999. – № 14(1). – P. 67–83.
3. Wang W. J. Characterisation and properties of new silicone-containing epoxy resin / W. J. Wang, L. H. Perng, G. H. Hsiue, F. C. Chang // Polymer. – 2000. – № 41(16). – P. 6113–6122.
4. Hsiue G. H. Synthesis characterisation thermal and flame-retardant properties of silicon-based epoxy resins / G. H. Hsiue, W. J. Wang, F. C. Chang // J Appl Polym Sci. – 1999. – № 73(7). – P. 1231–1238.
5. Hsiue G. H. Phosphorus-containing epoxy resin for flame retardancy V. Synergistic effect of phosphorus-silicon on flame retardancy / G. H. Hsiue, Y. L. Liu, J. Tsiao // J Appl Polym Sci – 2000. – № 78(1). – P. 1–7.
6. Mercado L. A. Silicon-containing flame retardant epoxy resins: Synthesis, characterization and properties / L. A. Mercado, M. Galia, J. A. Reina // Polymer Degradation and Stability. – 2006. – V. 91, Issue 11. – P. 2588–2594.
7. Mercado L. A. Flame retardant Epoxy resins Based on Diglycidylmethoxyphenylsilane / L. A. Mercado, J. A. Reina, M. Galia, // J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. – 2006. – № 44. – P. 5580–5587.
8. Sponton M. Preparation, thermal properties and flame retardancy of phosphorus- and silicon-containing epoxy resins / M. Sponton, L. A. Mercado, J. C. Ronda, M. Galia, V. Cadiz // Polymer Degradation and Stability. – 2008. – № 93. – P. 2025–2031.
9. Пат. 2592524 RU, МПК С 08 L 63/00. Высокотермостойкая композиция / Деогон Малкит, Деогон Манмохан. – № 2013138361/05; заявл. 20.01.2012; опубл. 20.07.2016.
10. Qian X. Organic/inorganic flame retardants containing phosphorus, nitrogen and silicon: Preparation and their performance on the flame retardancy of epoxy resins as a novel intumescent flame retardant system / X. Qian, L. Song, Y. Bihe, Bin Yu, Y. Shi, Y. Hu, R. K. K. Yuen // Materials Chemistry and Physics. – 2014. – № 143 – P. 1243–1252.
11. Peng C. Synthesis, thermal and mechanical behavior of a silicon/phosphorus containing epoxy resin / C. Peng, Z. Wu, J. Li, Z. Wang, H. Wang, M. Zhao // J. Appl. Polym. Sci. – 2015. – V. 132, Issue 46. – P. 1–10.
12. Яковлева Р. А. Влияние кислотно-основных свойств дисперсных минеральных наполнителей на процессы термоокислительной деструкции и горючести эпоксиполимеров / Р. А. Яковлева, О. М. Семкив, Ю. В. Попов и др. // Проблемы пожарной безопасности. – 2001. – Вып. 9. – С. 249-258.
13. Яковлева Р. А. Эпоксиполимерные материалы пониженной горючести для наливных полов / Р. А. Яковлева, А. В. Рачковский, Е. А. Шаповалова, О. М. Семкив // Проблемы пожарной безопасности. – 2002. – Вып. 12. – С. 198–202.

14. Закордонский В. П. Влияние высокодисперсных минеральных наполнителей на термическую стабильность эпоксидных полимеров // В. П. Закордонский, С. Я. Гнатышин, М. Н. Солтыс // Журнал прикладной химии. – 1998. – № 9. – С. 1524–1528.
15. Gerard C. New Trends in Reaction and Resistance to Fire of Fire-retardant Epoxies / C. Gerard, G. Fontaine, S. Bourbigot. – Materials. – 2010. – № 3. – P. 4476–4499.
16. Lu Shui-Yu. Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers / Lu Shui-Yu, I. Hamerton // Prog. Polym. Sci. – 2002 – № 27. – P. 1661–1712.
17. Levchik S. Thermal decomposition, combustion and flame-retardancy of epoxy resins – a review of the recent literature / S. Levchik, E. Weil // Polym. Int. – 2004. – № 53. – P. 1901–1929.
18. Модифіковані купрум(II) сульфатом самозгасаючі епоксиамінні композиції: технологія отримання та горючі властивості / О. І. Лавренюк, Б. М. Михалічко, П. В. Пастухов, В. Л. Петровський // Пожежна безпека: Зб. наук. праць. – Львів, 2014. – №25. – С. 69–73.
19. Мыхаличко Б. М. Синтез и структура комплекса $Rb_{11}[Cu_{15}Cl_{16}Br_6(CuHCuCl_6)CuC\equiv CH]$, содержащего моноацетиленид меди(I) / Б. М. Мыхаличко, Т. Гловяк, М. Г. Мыськив // Журн. неорг. химии. – 1995. – Т. 40, № 5. – С. 757–762.
20. Нощенко Г. В. Структурні особливості взаємодії галогенідів купруму(I) з функціональними похідними термінальних алкінів: дис. ... канд. хім. наук: 02.00.01 / Нощенко Григорій Володимирович. –Л., 2008. – 154с.
21. Рипан Р., Четяну И. Неорганическая химия. Химия металлов / Р. Рипан, И. Четяну – М.: Мир, 1972. – Т. 2. – 871 с.

References:

1. Lomakin S.M., Zaikov G.E. Ecological Aspects of Polymer Flame Retardancy / S.M. Lomakin, G.E. Zaikov – Utrecht, Netherlands: VSP International Science Publishers, 1999. – 158 p.
2. Alagar M. Synthesis and characterisation of high performance polymeric siliconised epoxy composites for aerospace applications / M. Alagar, T.V.T. Velen, A.A. Kumar, V. Mohan // Mater. Manuf. Proc. – 1999. – № 14(1). – P. 67–83.
3. Wang W.J. Characterisation and properties of new silicone-containing epoxy resin / W.J. Wang, L.H. Perng, G.H. Hsiue, F.C. Chang // Polymer. – 2000. – № 41(16). – P. 6113–6122.
4. Hsiue G.H. Synthesis characterisation thermal and flame-retardant properties of silicon-based epoxy resins / G.H. Hsiue, W.J. Wang, F.C. Chang // J Appl Polym Sci. – 1999. – № 73(7). – P. 1231–1238.
5. Hsiue G.H. Phosphorus-containing epoxy resin for flame retardancy V. Synergistic effect of phosphorus-silicon on flame retardancy / G.H. Hsiue, Y.L. Liu, J. Tsiao // J Appl Polym Sci – 2000. – № 78(1). – P. 1–7.
6. Mercado L.A. Silicon-containing flame retardant epoxy resins: Synthesis, characterization and properties / L.A. Mercado, M. Galia, J.A. Reina // Polymer Degradation and Stability. – 2006. – V. 91, Issue 11. – P. 2588–2594.
7. Mercado L.A. Flame retardant Epoxy resins Based on Diglycidylloxymethylphenylsilane / L.A. Mercado, J.A. Reina, M. Galia, // J. Polym. Sci., Part A: Polym. Chem. – 2006. – № 44. – P. 5580–5587.
8. Sponton M. Preparation, thermal properties and flame retardancy of phosphorus- and silicon-containing epoxy resins / M. Sponton, L.A. Mercado, J.C. Ronda, M. Galia, V. Cadiz // Polymer Degradation and Stability. – 2008. – № 93. – P. 2025–2031.
9. Patent 2592524 RU, High-thermostable composite / Deogon Malcit, Deogon Manmohan – 2016.
10. Qian X. Organic/inorganic flame retardants containing phosphorus, nitrogen and silicon: Preparation and their performance on the flame retardancy of epoxy resins as a novel intumescent flame retardant system / X. Qian, L. Song, Y. Bihe, Bin Yu, Y. Shi, Y. Hu, R.K.K. Yuen // Materials Chemistry and Physics. – 2014. – № 143 – P. 1243–1252.

11. Peng C. Synthesis, thermal and mechanical behavior of a silicon/phosphorus containing epoxy resin / C. Peng, Z. Wu, J. Li, Z. Wang, H. Wang, M. Zhao // *J. Appl. Polym. Sci.* – 2015. – V. 132, Issue 46. – P. 1–10.
12. Yakovleva R.A. The influencing the acid-base properties of the dispersed mineral fillers onto processes of the thermal-oxidative degradation and combustibility of epoxy polymers / R.A. Yakovleva, O.M. Semkiv, Yu.V. Popov *et al.* // *Fire Safety Problems.* – 2001. – Issue 9. – P. 249–258.
13. Yakovleva R.A. Epoxy polymer materials of the lowered combustibility for the pouring floors / R.A. Yakovleva, A.V. Ratchkovskii, E.A. Shapovalova, O.M. Semkiv // *Fire Safety Problems.* – 2002. – Issue 12. – P. 198–202.
14. Zakordonsrii V.P. Influence of the superfine mineral fillers onto thermal stability of the epoxy polymers / V.P. Zakordonsrii, S.Ya. Gnatyshyn, M.N. Soltys // *Journal of applied chemistry.* – 1998. – № 9. – P. 1524–1528.
15. Gerard C. New Trends in Reaction and Resistance to Fire of Fire-retardant Epoxies / C. Gerard, G. Fontaine, S. Bourbigot. – *Materials.* – 2010. – № 3. – P. 4476–4499.
16. Lu Shui-Yu. Recent developments in the chemistry of halogen-free flame retardant polymers / Lu Shui-Yu, I. Hamerton // *Prog. Polym. Sci.* – 2002 – № 27. – P. 1661–1712.
17. Levchik S. Thermal decomposition, combustion and flame-retardancy of epoxy resins – a review of the recent literature / S. Levchik, E. Weil // *Polym. Int.* – 2004. – № 53. – P. 1901–1929.
18. Self-extinguishing epoxy-amine composites modified by copper(II) sulfate: obtaining technology and burning properties / O.I. Lavrenyuk, B.M. Mykhalichko, P.V. Pastuchov, V.L. Petrovskii // *Fire Safety.* – 2014. – №25. – P. 69–73.
19. Mykhalichko B.M., Synthesis and crystal structure of Синтез и структура комплекса $Rb_{11}[Cu_{15}Cl_{16}Br_6(CuIICl_6) CuC\equiv CH]$ complex, containing the copper(I) monoacetylenide / B.M. Mykhalichko, T.Gloviak, M.G. Mys'kiv // *J. Inorg. Chem.* – 1995. – Vol. 40, № 5. – P. 757–762.
20. Noshchenko G. V. Structural peculiarities of the interaction of the copper(I) halides with functional derivatives of terminate alkynes: Ph.D. thesis (Chemistry) / Lviv, 2008. – 154 p.
21. Ripan R., Chetianu I. *Inorganic Chemistry. Metal Chemistry.* – M.: Mir, 1972. – Vol. 2. – 871 p.

