

*О.М. Григоренко, к.т.н., доцент, доцент каф., НУЦЗУ,  
О.П. Михайлюк, к.х.н., доцент, професор каф., НУЦЗУ*

## ДОСЛІДЖЕННЯ ПОКАЗНИКІВ ПОЖЕЖНОЇ НЕБЕЗПЕКИ ЕПОКСИПОЛІМЕРІВ ДЛЯ ВОГНЕЗАХИСТУ ДЕРЕВИНИ

(представлено д.т.н. Кіреєвим О.О.)

Досліджено показники пожежної небезпеки епоксиполімерів, що можуть застосовуватись для вогнезахисту деревини. Встановлено, що завдяки модифікації епоксиполімерів димопригнічуючими добавками досягається зниження коефіцієнта димоутворення, як у режимі тління, так і полум'яного горіння, що призводить до зниження індексу потенційної небезпеки епоксиполімеру в 1,4-3,6 рази при горінні та 1,1-3,4 – при тлінні у порівнянні з аналогами.

**Ключові слова:** епоксиполімер, пожежна небезпека, токсичність продуктів горіння, коефіцієнт димоутворення, індекс потенційної небезпеки.

**Постановка проблеми.** На сьогодні величезне значення для різних галузей промисловості і будівництва мають полімерні матеріали на основі епоксидних олігомерів. Це пов'язано з тим, що вони мають ряд корисних властивостей: високу міцність, низьку теплопровідність, хімічну стійкість і стійкість до дії атмосферних опадів, високу адгезію, а також здатність до твердіння при кімнатній та підвищеній температурах без виділення побічних продуктів. Важкогорючі епоксидні композиційні матеріали можливо також використовувати для вогнезахисту будівельних конструкцій у тому числі і дерев'яних [1, 2].

Більшість композиційних матеріалів на основі епоксидних олігомерів, які використовуються для вогнезахисту деревини, дозволяють забезпечити I групу вогнезахисної ефективності за результатами випробувань згідно ГОСТ 16363 – 98, однак, суттєво відрізняються за такими показниками як кисневий індекс, коефіцієнт димоутворення, показник токсичності продуктів горіння та нижня теплота згоряння, що ускладнює оцінку їх пожежної небезпеки. Тому однією із проблем є комплексна оцінка пожежної небезпеки епоксиполімерів, які використовуються для вогнезахисту.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** У ряді робіт [3, 4] автори пропонують оцінювати пожежну небезпеку полімерних матеріалів за результатами комплексу випробувань за так званим індексом потенційної небезпеки РНІ (Potential High Index), який розраховується за такою формулою

$$\text{PHI} = \frac{W_{\max} \cdot D_m \cdot \Delta H_c}{H_{\text{CL50}} \cdot \text{KI} \cdot T_{\max}}, \quad (1)$$

де  $W_{\max}$  – максимальний відсоток втрати маси на будь-якій 100-градусній ділянці кривої «температура-втрата маси», %;  $D_m$  – питома оптична густина диму,  $\text{м}^2/\text{кг}$ ;  $\Delta H_c$  – теплота згоряння,  $\text{кДж}/\text{кг}$ ;  $KI$  – кисневий індекс, %;  $T_{\max}$  – температура, яка відповідає максимальній втраті маси,  $^{\circ}\text{C}$ ;  $N_{CL50}$  – показник токсичності продуктів горіння,  $\text{г}/\text{м}^3$ .

Таким чином, даний показник, як додатковий, можна використовувати для комплексного аналізу пожежної небезпеки полімерних матеріалів, у тому числі і вогнезахисних покриттів.

**Постановка завдання та його вирішення.** Метою даного дослідження є визначення та порівняння показників пожежної небезпеки відомих епоксиполімерів та розробленого [1, 5] вогнезахисного покриття для деревини. Для цього нами було проведено розрахунок індексу потенційної небезпеки епоксиполімерів на основі результатів визначення пожежної небезпеки і токсичності.

У якості об'єктів дослідження використовували композицію ЕКПДГ [5] на основі епоксидного олігомеру ЕД-20, отвердлі моноціанетилдиетилентриаміном марки УП-0633М. Для модифікації властивостей епоксидного олігомеру використовували реакційноздатний олігоєфір ГЕПТ-2. Для додання епоксиполімерам біоцидних властивостей використовували біоцидну добавку марки Гембар. Для зниження горючості використовували моноамонійфосфат (МАФ) та активовану базальтову луску (АБЛ). У якості димопригнічувача застосовували оксид міді (II).

Дослідження показників пожежної небезпеки епоксиполімерів здійснювали за методиками ГОСТ 12.1.044 – 89 [6] (кисневий індекс ( $KI$ ), коефіцієнт димоутворення ( $D_m$ ), показник токсичності продуктів горіння ( $N_{CL50}$ )). Визначення нижньої теплоти згоряння ( $\Delta H_c$ ) проводили згідно ДСТУ 3581-97 [7]. Максимальний відсоток втрати маси ( $W_{\max}$ ) визначали за результатами термогравіметричного аналізу попередніх досліджень [8].

Порівняльна оцінка пожежної небезпеки розробленого епоксиполімеру ЕКПДГ та інших відомих композицій наведені в табл. 1. Для порівняння були обрані композиції: ненаповнена горюча композиція ЕК, композиції зі зниженою горючістю ЕКнг-1, яка містить 26 мас. % бромиду, та ЕКнг-2, що містить 3,5 % фосфору.

Введення до складу композиції ЕКПДГ оксиду міді (II) призводить до значного зниження коефіцієнта димоутворення в порівнянні з бромовмісною композицією ЕКнг-1 в 1,2 рази – при тлінні і в 1,9 рази – при горінні. При порівнянні з ненаповненою композицією ЕК коефіцієнт димоутворення знижується в 1,2 рази при горінні, а при тлінні – в 1,3 рази. Якщо порівнювати з ЕКнг-2, то зниження димоутворення спостерігається тільки при тлінні в 1,3 рази.

За показниками токсичності усі представлені в табл. 1 покриття відносяться до класу помірно-небезпечних матеріалів. Однак, введення до складу вогнезахисного епоксиполімеру димопригнічуючої добавки оксиду міді (II) призводить до помітного підвищення (на 12-38 %) показника токсичності продуктів горіння у режимі тління. При цьому показник ток-

сичності у режимі полум'яного горіння майже не змінюється у порівнянні з ненаповненою композицією ЕК.

**Табл. 1. Пожежна небезпека та токсичність епоксиполімерів**

Показник (ГОСТ, ДСТУ)	Епоксиполімери			
	ЕК	ЕКПДГ	ЕКнг-1	ЕКнг-2
Група важкогорючих та горючих твердих речовин і матеріалів (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.3)	горючий, середньої займистості			
Кисневий індекс, КІ, % (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.14)	19	29	27	29
Нижня теплота згоряння, $\Delta H_c$ , кДж/кг (ДСТУ 3581-97)	31590	23500	21240	28140
Коефіцієнт димоутворення, $D_m$ , м <sup>2</sup> /кг (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.18):				
• при тлінні	1307,5	1040	1249	1339
• при горінні	552,61	480	901	487
Максимальний відсоток втрати маси, $W_{max}$ , % (за даними термогравіметричного аналізу):				
• при тлінні $T_{max} = 400^\circ\text{C}$	46,0	46,4	40	35,5
• при горінні $T_{max} = 600^\circ\text{C}$	99,8	64,8	83	75
Показник токсичності продуктів горіння, $H_{CL50}$ , г/м <sup>3</sup> (ГОСТ 12.1.044–89, п. 4.20):				
• при $400^\circ\text{C}$	66,2	91,2	81,4	70,7
• при $750^\circ\text{C}$	72,4	74,9	98,1	72,3
	помірно-небезп.	помірно-небезп.	помірно-небезп.	помірно-небезп.
Індекс потенційної небезпеки РНІ:				
• при тлінні	2244	637	717	969
• при горінні	1450	385	687	561

В комплексі показник РНІ для розробленого вогнезахисного покриття ЕКПДГ зменшується за рахунок зменшення коефіцієнта димоутворення та нижньої теплоти згоряння, а також збільшення показника кисневого індексу.

**Висновки.** Зниження коефіцієнта димоутворення покриття ЕКПДГ призводить до зменшення його індексу потенційної небезпеки в 1,4-3,6 рази при горінні і 1,1-3,4 – при тлінні у порівнянні з композиціями ЕК, ЕКнг-1 і ЕКнг-2. При цьому показник токсичності продуктів горіння у режимі тління досліджуваного вогнезахисного епоксиполімеру ЕКПДГ зростає на 12-38%.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Яковлева Р.А. Дослідження ефективності методів вогнезахисту деревини та розробка вогнезахисного покриття, що случується під впли-

вом высоких температур [Электронный ресурс] / Р.А. Яковлева, Ю.В. Попов, О.М. Григоренко, В.С. Хоменко // Проблемы пожарной безопасности. – 2008. – Вып. 24. – С. 236-240. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol24/ovleva.pdf>.

2. Афанасенко К.А. Снижение показателей пожарной опасности полимерных композиционных материалов путем применения связующих, склонных к карбонизации [Электронный ресурс] / К.А. Афанасенко, П.А. Билым, А.П. Михайлюк // Проблемы пожарной безопасности. – 2013. – Вып. 34. – С. 12-17. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol34/afanasenko.pdf>.

3. Яковлева Р.А. Оценка пожарной опасности и токсичности эпоксиполимеров пониженной горючести / Р.А. Яковлева, В.В. Нехаев, Н.А. Харченко, Ю.В. Попов, Н.В. Дмитриева // Полимерные материалы пониженной горючести: V междунар. науч.-техн. конф., 1-2 окт., 2003 г: тезисы докл. – Волгоград, 2003. – С. 77-78.

4. Шафран Л.М. Аналітичні дослідження методів визначення токсичності продуктів горіння речовин та матеріалів / Л.М. Шафран, О.Д. Гудович, І.О. Харченко, В.П. Бут // Науковий вісник УкрНДПБ. – 2004. – №1 (9). – С. 38-54.

5. Пат. 84988 Україна, МПК C08L 63/00, C08K 13/02, C09D 163/02, C09K 21/00. Епоксидна композиція зі зниженим димоутворенням / Григоренко О.М., Яковлева Р.А., Єфанова В.В., Попов Ю.В., Саєнко Н.В., Снагощенко Л.П., Кондратенко А.В., Новак С.В., Довбиш А.В.; заявник і патентовласник Харківський державний технічний університет будівництва та архітектури, Університет цивільного захисту МНС України. – № а 2007 05094; заяв. 08.05.2007; опубл. 10.12.2008, Бюл. № 23.

6. Пожаровзрывоопасность веществ и материалов. Номенклатура показателей и методы их определения: ГОСТ 12.1.044–89. – Чинний від 1991–01–01. – М.: Изд-во стандартов, 1990. – 143 с. – (Государственный стандарт СССР).

7. Энергозбереження. Методи вимірювання і розрахунку теплоти згоряння палива. Загальні положення: ДСТУ 3581-97– Чинний від 1999–07–01. – К.: Держстандарт України, 1998. – 30 с. – (Національний стандарт України).

8. Григоренко, О.М. Дослідження впливу димопригнічуючих добавок на процеси термічної деструкції наповнених епоксиполімерів [Електронний ресурс] / О.М. Григоренко, К.М. Карпець // Проблемы пожарной безопасности. – 2014. – Вып. 35. – С. 50-60. – Режим доступа до журн.: <http://nuczu.edu.ua/sciencearchive/ProblemsOfFireSafety/vol35/grigorenko.pdf>.

*Отримано редколегією 10.10.2017*

А.Н. Григоренко, А.П. Михайлюк

**Исследование показателей пожарной опасности эпоксиполимеров для огнезащиты древесины**

Исследовано показатели пожарной опасности эпоксиполимеров, которые могут

применяться для огнезащиты древесины. Установлено, что благодаря модификации эпоксиполимеров дымоподавляющими добавками достигается снижение коэффициента дымообразования, как в режиме тления, так и при пламенном горении, что приводит к снижению индекса потенциальной опасности эпоксиполимера в 1,4-3,6 раза при горении и 1,1-3,4 – при тлении по сравнению с аналогами.

**Ключевые слова:** эпоксиполимер, пожарная опасность, токсичность продуктов горения, коэффициент дымообразования, индекс потенциальной опасности.

О. Нрыхоренко, О. Михайлюк

**The study of fire hazard indicators of epoxy polymers for fire protection of wood**

The fire danger indicators of epoxy polymers, which can be used for fire protection of wood, are investigated. It has been established that due to the modification of epoxy polymers with smoke suppressant additives, a reduction in the smoke generation coefficient is achieved both in the smoldering and combustion modes, which leads to a decrease in the potential high index of epoxy-polymer 1.4-3.6 times during combustion and 1.1-3.4 – when smoldering compared to analogues.

**Keywords:** epoxy-polymer, fire hazard, combustion products toxicity, smoke generation coefficient, potential high index.