

## ДОСЛІДЖЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ІНТУМЕСЦЕНТНИХ ВОГНЕЗАХИСНИХ КОМПОЗИЦІЙ З ДОМІШКАМИ НАНОГЛИН ДЛЯ ЗАСТОСУВАННЯ НА ПОЖЕЖЕНЕБЕЗПЕЧНИХ ДІЛЯНКАХ ФАРМАЦЕВТИЧНИХ ВИРОБНИЦТВ

Кравчук В.В.<sup>1</sup>, Бессарабов В.І.<sup>1</sup>, Вахітова Л.М.<sup>2</sup>, Кузьміна Г.І.<sup>1</sup>,

Качалова Н.М.<sup>2</sup>, Гурєєва С.М.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Київський національний університет технологій та дизайну, Київ, Україна.

<sup>2</sup>Інститут фізико-органічної хімії та вуглехімії ім. Л.М. Литвиненка НАН України, Київ, Україна.

**Вступ.** Специфіка технологічних процесів виробництва та зберігання деяких лікарських засобів становить певний ступінь пожежної небезпеки. Наприклад, масштабна пожежа на фармацевтичному підприємстві «Біофарма», що сталась наприкінці вересня 2017 року, де внаслідок руйнівної дії вогню було пошкоджено близько 5000 м<sup>2</sup> складських та виробничих приміщень. Даний факт означає, що на сьогоднішній день питання вогнезахисту (зокрема, пасивного) виробничих та складських приміщень залишається актуальним.

Одним з перспективних рішень у напрямку пасивного вогнезахисту конструкцій є застосування інтумесцентних композицій (фарб) з домішками бентонітових наноглин [1-3]. Останні, будучи введеними до складу інтумесцентної вогнезахисної композиції (ІВК), у кількості до 3% зумовлюють покращення її як реологічних та вогнезахисних, так і експлуатаційних властивостей в цілому. Сукупність даних властивостей ІВК, в кінцевому результаті, дає змогу отримувати гладке, рівномірне та стійке вогнезахисне покриття на захищуваній поверхні стін, що є обов'язковою вимогою GMP [4]. Тому, ІВК з домішками бентонітових наноглин можуть розглядатись як потенційні засоби пасивного вогнезахисту на пожежебезпечних ділянках фармацевтичних виробництв. Але, на

сьогоднішній день, вплив різних бентонітових наноглин на реологічні, вогнезахисні та експлуатаційні властивості ІВК вивчено недостатньо.

**Ціль дослідження:** визначення реологічних та вогнезахисних властивостей ІВК з домішками наноглин, визначення стійкості висушених ІВК до вимивання з них компонентів.

**Матеріал та методи дослідження.** 9 зразків ІВК складу: співполімер стирол акрилату, поліфосфат амонію, меламін, пентаеритрит, титану діоксид, реологічні добавки та сольвент. В кожен зразок в певній кількості було додано свою окрему наноглину (табл. 1).

Таблиця 1.

Наноглини в досліджуваних зразках

Номер зразку	Наноглина	Кількість наноглини, мас. %
№ 1	Organoclay 801D	1
№ 2	Clayton HY	1
№ 3	Garamite 7305	1
№ 4	Tixogel MP	1
№ 5	Optibent 987	1
№ 6	Garamite 7303	1
№ 7	Laponite EP	1
№ 8	Optigel WA	1
№ 9	Organoclay 801D	3

Реологічні властивості випробуваних зразків ІВК досліджувались методом ротаційної реометрії з використанням ротаційного реометра Brookfield DV-III (Brookfield, США), вогнезахисні властивості – методом термогравіметричного аналізу, стійкість до вимивання компонентів з висушеної ІВК – методами гравіметричного аналізу та УФ-спектрофотометрії з використанням однопроменевого скануючого спектрофотометру Optizen POP (Mecasys, Південна Корея).

**Результати.** Було проведено вимірювання в'язкості досліджуваних зразків у діапазоні швидкостей зсуву  $10\text{-}230\text{ с}^{-1}$  з кроком в  $20\text{ с}^{-1}$  (I частина експерименту) та з послідуочим зниженням швидкості зсуву в діапазоні  $230\text{-}5\text{ с}^{-1}$  з вищезазначеним кроком (II частина експерименту). Ключовими значеннями швидкостей зсуву є  $10\text{ с}^{-1}$  (початок I частини експерименту),  $230\text{ с}^{-1}$  (кінець I – початок II частини експерименту) та  $5\text{ с}^{-1}$  (кінець II частини експерименту), які дозволили визначити поведінку ІВК при високій швидкості зсуву та при швидкостях зсуву, близьких до стану спокою ІВК. Аналіз реологічних досліджень зразків ІВК (табл. 2), при якому порівнювались значення в'язкості при ключових швидкостях зсуву, показав чіткий розподіл зразків з відносно високим (№ 1-4) та низьким (№ 5-8) рівнем в'язкості при даних швидкостях зсуву.

Таблиця 2.

Результати реологічних досліджень зразків ІВК

Назва зразку	В'язкість, Па·с			Середня різниця, %
	При $10\text{ с}^{-1}$	При $230\text{ с}^{-1}$	При $5\text{ с}^{-1}$	
№ 1	13,05	2,35	16,45	3,04
№ 2	18	2,99	28,80	0,83
№ 3	21,50	3,45	33,40	1,05
№ 4	18	2,82	27,20	1,51
№ 5	2,40	1,09	2,40	5,42
№ 6	2	1,04	2,40	2,92
№ 7	2,40	1,11	2,40	4,58
№ 8	3,40	1,23	4,20	3,09
№ 9	88,60	18,34	124	1,65

Найвищий рівень в'язкості показав зразок № 9. На прикладі зразків № 1 та № 9 встановлено, що збільшення вмісту наноглини з 1 до 3 мас. % зумовлює різке підвищення рівня в'язкості при даних швидкостях зсуву.

Значення середньої різниці (%) характеризує тиксотропність системи та чисельно дорівнює відношенню середнього значення різниці в'язкостей між I та II частинами експерименту при певних значеннях швидкості зсуву до значення в'язкості при швидкості зсуву в  $5 \text{ c}^{-1}$  (стан ІВК, близький до спокою). Чим меншим є це значення, тим фарба здатна швидше відновлювати свою структуру після припинення дії зсуву. Зразки № 1-4 та № 9 в середньому демонструють кращу тиксотропність, ніж зразки № 5-8.

Результати дослідження вогнезахисних властивостей, які було проведено відповідно до ДСТУ-Н-П Б В 1.1-29:2010 [5] представлено в табл. 3. Чим меншим є значення відносного зменшення маси та більшим є значення об'ємного коефіцієнта спучення, тим утворений ІВК пінококс на захищуваній конструкції здатний триваліше зберігати несучу здатність останньої при дії високих температур у разі виникнення пожежі.

Таблиця 3.

Результати досліджень вогнезахисних властивостей ІВК

Номер зразку	Відносне зменшення маси $\Delta m, \%$	Об'ємний коефіцієнт спучення $K, \text{cm}^3/\text{g}$
№ 1	40,92	31
№ 2	42,11	24
№ 3	41,09	27
№ 4	42,66	25
№ 5	48,35	16
№ 6	51,12	11
№ 7	50,74	13
№ 8	47,31	15
№ 9	37,20	49

Зразки № 1 та № 9 з вмістом наноглини Organoclay 801D 1 та 3 мас. % відповідно, показали найменші рівні відносного зменшення маси та найбільші значення об'ємного коефіцієнта спучення у порівнянні з іншими дослідними зразками.

За результатами дослідження по визначенню стійкості висушеної ІВК до вимивання з неї компонентів при інтенсивній дії вологи встановлено, що найменше значення частки вимитих компонентів показали зразки № 9 (5,74 %), № 6 (6,48 %), № 3 (6,51 %) та № 1 (8,21 %).

**Висновки.** За отриманими результатами експериментальних досліджень можна стверджувати, що введення бентонітової наноглини Organoclay 801D до складу ІВК у кількості 1 мас. % зумовлює більш інтенсивний ріст рівня в'язкості та тиксотропності, кращий рівень вогнезахисної здатності та стійкості ІВК при інтенсивній дії вологи у порівнянні з іншими наноглинами. Крім того, на прикладі зразків № 1 та № 9 встановлено, що збільшення кількості введеної наноглини до складу ІВК з 1 до 3 мас. % зумовлює значний ріст рівня в'язкості та тиксотропності в усьому досліджуваному діапазоні швидкостей зсуву, покращення стійкості утвореного покриття до дії вологи, значне підвищення значення об'ємного коефіцієнта спучування та зменшення відносної втрати маси, що говорить про високу ефективність такої ІВК як пасивного засобу вогнезахисту.

Отже, ІВК з вмістом бентонітової наноглини Organoclay 801D у кількості 3 мас. % може бути рекомендованою до застосування на пожеженобезпечних ділянках фармацевтичних виробництв у якості засобу пасивного вогнезахисту. Результати проведених досліджень можуть представляти практичний інтерес при розробці високоефективних ІВК з домішками наноглин.

#### **Список посилань:**

1. Вахитова Л.Н. Огнезащита стальных конструкций / Л.Н. Вахитова, К.В. Калафат. – К. : ТОВ «НВП «Інтерсервіс», 2014. – 151 с.

2. Хафизов Ф.Ш. Эффективные вспучивающиеся краски для огнезащиты металлических конструкций / Ф.Ш. Хафизов, Р.А. Халилова. – Нефтегазовое дело. – 2012. – Т. 10, № 3. – 174-178 с.
3. Вахитова Л.Н. Каталог средств огнезащиты стальных конструкций / Л.Н. Вахитова, К.В. Калафат. – К.: Украинский центр стального строительства. – 2014. – 97 с.
4. СТ-Н МОЗУ 42-4.0:2016 «Настанова. Лікарські засоби. Належна виробнича практика». – Київ. – МОЗ України. – 2016. – 375 с.
5. Захист від пожежі. Вогнезахисне оброблення будівельних конструкцій. Загальні вимоги та методи контролювання : ДСТУ-Н-П Б В.1.1-29:2010. – [ Чинний від 2011-11-01 ]. – К. : Мінрегіонбуд України, 2011. – 9 с. – (Національні стандарти України).