

УДК 614.842

**ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ СКЛАДОВИХ ОРГАНО-МІНЕРАЛЬНОЇ
ВОГНЕЗАХИСНОЇ КОМПОЗИЦІЇ НА КОЕФІЦІЄНТ СПУЧЕННЯ**

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ СОСТАВЛЯЮЩИХ ОРГАНО-
МИНЕРАЛЬНЫХ ОГНЕЗАЩИТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ НА
КОЭФФИЦИЕНТ ВСПУЧИВАНИЯ**

**STUDY OF EFFECT OF INGREDIENTS OF ORGANO-MINERAL FIRE
PROTECTION COMPOSITION BY A FACTOR OF SWELLING**

Кравченко А. В., м.н.с., Цапко Ю. В., д.т.н., с.н.с., Гузій С. Г., к.т.н., с.н.с.
(Київський національний університет будівництва і архітектури, Науково-
дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського,
м. Київ)

Кравченко А. В., м.н.с., Цапко Ю. В., д.т.н., с.н.с., Гузій С. Г., к.т.н., с.н.с.
(Киевский национальный университет строительства и архитектуры, Научно-
исследовательский институт вяжущих веществ и материалов им.
В.Д. Глуховского, г. Киев)

**Kravchenko A.V., junior researcher, Tsapko Yu.V., doctor of technical sciences,
prof., Guzii S.G., candidate of technical sciences, senior researcher.** (Kyiv National
University of Construction and Architecture, Scientific Research Institute for Binders and
Materials named V.D. Glukhovsky, Kyiv)

**За допомогою оптимізації органічної складової отримані результати
впливу на спучення органо-мінеральної вогнезахисної композиції, та
обрана методика для його визначення. Обрано базовий склад
характеризується коефіцієнтом спучення – 26,8.**

**С помощью оптимизации органической составляющей получены
результаты влияния на вспучивание органо-минеральной огнезащитной
композиции, и выбрана методика для его определения. Выбранный
базовый состав характеризуется коэффициентом вспучивания - 26,8.**

**The literature data on the conditions for the synthesis of coatings and their
properties are analyzed. It is established that the detachment of the coal seam
from the protected surface leads to thermal destruction of the loss of load-
bearing capacity of the building structure. An alternative solution to the
problem of fire protection of building structures has been found, namely the
use of a coating based on modified organo-mineral knitting compositions in**

which additives modifiers contribute to the formation of a more stable fine-meshed coal seam. By means of optimization of the organic component, the obtained results of the effect on the swelling of the organo-mineral flame-retardant composition, and the method for its determination was chosen. The basic composition of the flame retardant organo-mineral composition was chosen: PVA dispersion 16%, ammonium polyphosphate 18%, pentaerythritol 10%, melamine 13%, the rest water. For this composition, the highest value of the swelling coefficient is 26.8.

Ключові слова:

Органо-мінеральна композиція, оптимізація, коефіцієнт спучення, вогнезахист.

Органо-минеральная композиция, оптимизация, коэффициент вспучивания, огнезащита.

Organo-mineral composition, optimization, swelling ratio, fire protection.

Вступ. Важливою проблемою забезпечення життєдіяльності та безпечного функціонування об'єктів будівництва є розроблення з економічної, технологічної та екологічної точок зору, спучуючих вогнезахисних покриттів для будівельних конструкцій, що можуть використовуватись не тільки нарівні з існуючими аналогами, але і бути високоефективними у спеціальних галузях будівництва.

Спучуючі вогнезахисні покриття набули широкого застосування за рахунок утворення дрібнопористого вугільного шару низької теплопровідності, який утворюється внаслідок розм'якшення складових з одночасним ендотермічним розкладанням антипіренів і газотворювачів, що уповільнюють прогрів підкладу, подовжуючи фазу його підготовки до активної участі в процесі горіння. [1].

Аналіз літературних даних та постановка проблеми. Відомі роботи, в яких розкрито умови синтезу покриттів з використанням органічних лаків, тугоплавких оксидів, силікатів і лужних гідроалюмосилікатів [2, 3]. Такі вогнезахисні композиції в процесі нагрівання утворюють термо- і жаростійкі керамічні каркаси зниженої теплопровідності та характеризуються значною жорсткістю та зниженою адгезією до підкладу при дії змінних теплових потоків, внаслідок чого мають тенденцію до відшарування вугільного шару від поверхні, що захищається, призводячи її до термічного руйнування з втратою несучої здатності та незабезпечення вогнестійкості будівельних конструкцій протягом заданого терміну експлуатації [4, 5].

У якості альтернативного вирішення проблеми вогнезахисту будівельних конструкцій пропонуються використати покриття на основі модифікованих органо-мінеральних в'язучих композицій, в яких добавки модифікатори сприяють утворенню більш стійкого дрібнопористого вугільного шару.

Постановка мети і задач досліджень. Мета – встановлення оптимального складу органічної складової вогнезахисної органо-мінеральної композиції.

Для досягнення мети були поставлені наступні задачі:

- дослідити процеси зміни коефіцієнту спучення при різних значеннях полівінілацетатної дисперсії та неорганічних модифікаторів (поліфосфату амонію, пентаеритриту і меламіну);
- вибір оптимального складу органо-мінеральної композиції.

Матеріали та методи дослідження. Дослідження проводили з використанням органо-мінеральної композиції, яка складається з поліфосфату амонію (ПФА), меламіну, пентаеритриту (ПЕР) та в'язучого на основі ПВА-дисперсії, наповнювачів – діоксиду титану, тальку, гідроксиду алюмінію і магнію та їх сумішей.

Експериментальні зразки покриттів мали склад: 18÷20 % ПФА, 12÷14 % меламіну, 10÷12 % ПЕР, 16 % ПВА-дисперсія та вода. Отриману масу перемішували, вводили наповнювачі у кількості 10 % і наносили на сталю пластину товщиною 0,5÷0,6 мм.

Визначення коефіцієнту спучення проводили на пристрої для визначення кінетики спучування вогнезахисного покриття [6,7].

За допомогою трьохфакторного методу планування експерименту в математичному середовищі Statistica 12 проведено оптимізацію органічної складової вогнезахисної органо-мінеральної композиції при витраті основного в'язучого – ПВА-дисперсії в кількості 14, 16 і 18 мас. %.

У якості факторів варіювання були обрані: кількість поліфосфату амонію ПФА, %, (фактор X1); кількість пентаеритриту, П, % (фактор X2); кількість меламіну М, %, (фактор X3), зміна яких наведена в таблиці 3.1.

Таблиця 1

Фактори варіювання

Фактори, вигляд		Рівні варіювання		Інтервал варіювання
натуральний	кодовий	нижній 0	верхній 1	
ПФА, %	X ₁	15	20	5
П, %	X ₂	8	14	6
М, %	X ₃	10	16	6

Примітка – ПФА – поліфосфат амонію, (NH₄)_m(HPO₄)_n; П – пентаеритрит, 2,2-біс(гідроксиметил)пропан-1,3-діол, C₃H₁₂O₄; М – меламін, (1, 3, 5-триазин-2, 4, 6-тріамін), C₃H₆N₆

Результати досліджень. У якості вихідного параметру було обрано коефіцієнт спучення, значення якого фіксували на зразках, термооброблених при температурі 500°C. Матриця планування експерименту та її математична реалізація наведена в табл. 3.2.

У результаті моделювання отримані рівняння регресії та побудовані тернарні поверхні змін вихідного параметру в залежності від змін факторів варіювання (рис. 3.1).

Рівняння регресії:

– при витраті ПВА-дисперсії в кількості 14%

$$K_{сп} = 22.3x_1 + 12.3x_2 + 18.4x_3 - 2x_1x_2 - 4.6x_1x_3 + 25x_2x_3 + 10.5x_1x_2x_3 + 0. \quad (1)$$

– при витраті ПВА-дисперсії в кількості 16%

$$K_{сп} = 26.8x_1 + 15.6x_2 + 16.3x_3 - 14.4x_1x_2 + 6.6x_1x_3 + 45.4x_2x_3 + 9.6x_1x_2x_3 + 0. \quad (2)$$

– при витраті ПВА-дисперсії в кількості 18%

$$K_{сп} = 22.3x_1 + 14.3x_2 + 15.4x_3 - 6x_1x_2 + 15.4x_1x_3 + 41.8x_2x_3 - 76.5x_1x_2x_3 + 0. \quad (3)$$

Таблиця 2

Матриця експерименту та її математична реалізація

Точки плану	Матриця плану в кодованих величинах			Матриця плану в натуральних величинах, %			Вихідний параметр		
	X1	X2	X3	ПФА	П	М	K _{сп}	K _{сп}	K _{сп}
1	0,00	1,00	0,00	15	14	10	10,3	15,6	14,3
2	0,33	0,33	0,33	16,7	10	12	18,6	24,1	20,1
3	1,00	0,00	0,00	20	8	10	27,6	26,8	22,3
4	0,50	0,50	0,00	17,5	11	10	18,2	17,6	16,8
5	0,00	0,00	1,00	15	8	16	14,6	16,3	15,4
6	0,50	0,00	0,50	17,5	8	13	21,8	23,2	22,7
7	0,00	0,50	0,50	15	11	13	24,8	27,3	25,1
Вміст ПВА-дисперсії, %							14	16	18

Найбільш вагомо на коефіцієнт спучення при витраті ПВА-дисперсії в кількості 14% (рис. 1) впливає сумісна дія факторів X2X3 і X1X2X3; при витраті ПВА-дисперсії в кількості 16% (рис. 2) – сумісна дія факторів X1X3, X2X3 і X1X2X2; при витраті ПВА-дисперсії в кількості 18% (рис. 3) – сумісна дія факторів X1X3 і X2X3.

Характер зміни ізоліній коефіцієнту спучення на тернарних поверхнях органічної складової ідентичний, різниця тільки в числових показниках, значення яких напряму залежить від варіацій концентрацій складових органо-мінеральної композиції (рис. 1-3).

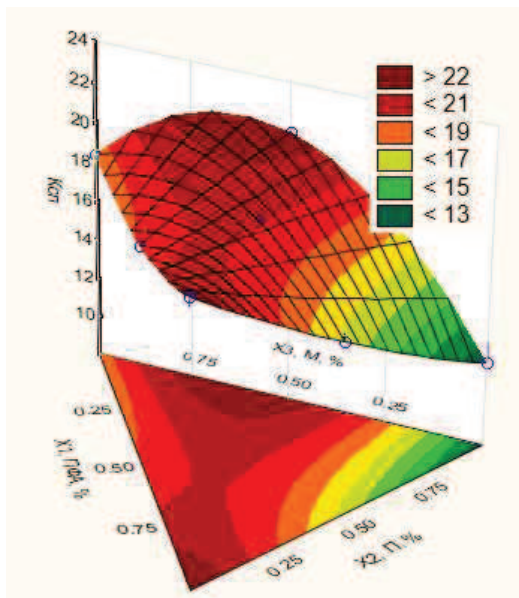


Рис. 1. Тернарні поверхні зміни коефіцієнту спучення K_{сп} органічної складової вогнезахисної органо-мінеральної композиції при витраті ПВА-дисперсії в кількості 14%.

При витраті ПВА-дисперсії в кількості 16% фіксується найбільш високий показник коефіцієнту спучення, який характерний для композиції складу: поліфосфат амонію в кількості 20%; пентаеритрит в кількості 8% та меламін в кількості 10%. Характер зміни ізоліній на тернарній поверхні аналогічний попередньому. Збільшення коефіцієнта спучення від 15,6 до 26,8 раз відбувається при одночасовому збільшенні поліфосфату амонію від 17,5 до 20% (фактор x_1) і меламіну від 10,5 до 15,5% (фактор X_2) при зменшенні пентаеритриту від 11,5 до 8% (фактор X_3).

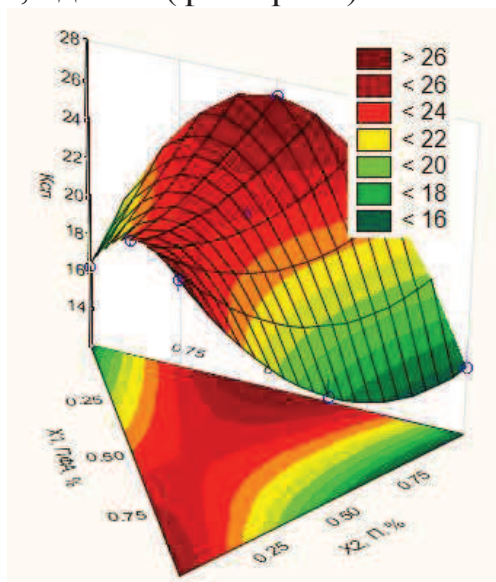


Рис. 2. Тернарні поверхні зміни коефіцієнту спучення K_{sp} органічної складової вогнезахисної органо-мінеральної композиції при витраті ПВА-дисперсії в кількості 16%.

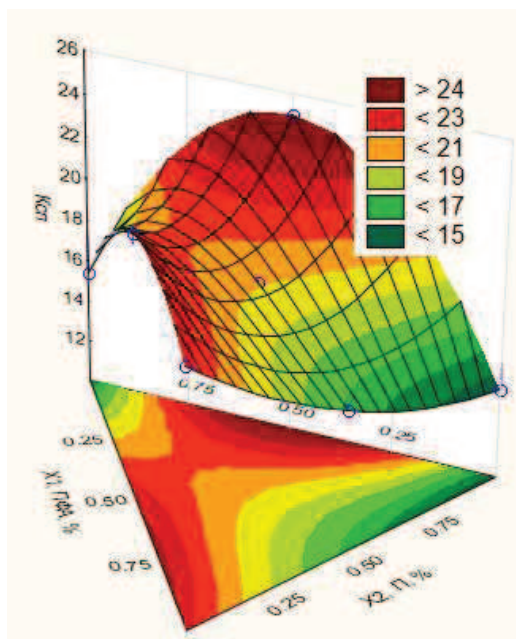


Рис. 3. Тернарні поверхні зміни коефіцієнту спучення K_{sp} органічної складової вогнезахисної органо-мінеральної композиції при витраті ПВА-дисперсії в кількості 18 %.

При витраті ПВА-дисперсії в кількості 18% значення коефіцієнту спучення значно менше, ніж в попередньому випадку – 25,1 і характерне для композиції складу: поліфосфат амонію в кількості 15%; пентаеритрит в кількості 11% та меламін в кількості 13%. Характер зміни ізоліній на тернарній поверхні аналогічний попередньому. Збільшення коефіцієнта спучення від 14,3 до 25,1 відбувається при одночасовому збільшенні в складі поліфосфату амонію від 16,5 до 20% (фактор X1) і меламіну від 10,5 до 15,5% (фактор X2) при зменшенні пентаеритриту від 11,5 до 8% (фактор X3).

Висновки.

Виконано оптимізацію органічної складової і досліджено процесу зміни коефіцієнту спучення при різних значеннях полівінілацетатної дисперсії та неорганічних модифікаторів (поліфосфату амонію, пентаеритриту і меламіну). Обрано базовий склад вогнезахисної органо-мінеральної композиції: ПВА-дисперсія 16%, поліфосфат амонію 18%, пентаеритрит 10%, меламін 13%, інше – вода. Для даного складу встановлено найвище значення коефіцієнту спучення – 26,8.

1. Собурь, С. В. Огнезащита материалов и конструкций: Справочник – 2-е изд., доп. (с изм.) / С. В. Собурь. – М.: Спецтехника, 2003. – 240 с.

2. P.V. Krivenko, E.K. Pushkarjeva, M.V. Sukhanevich, S.G. Guziy, Fireproof coatings on the basis of alkaline aluminum silicate systems, *Developments in Strategic Materials: Ceramic Engineering and Science Proceedings*, Vol. 29, Issue 10, 2009, pp. 129–142.

3. Kravchenko A. Research of fire-retardant properties of timber constructions, protected geocement-based coating, after their operation / A. Kravchenko, Guzii S, Tsapko Yu, Petranek Vit // *Advanced Materials Research*. – 2015. – Vol 1122. – pp. 7-10.

4. Еремина Т.Ю. Особенности и принципы построения рецептур огнезащитных вспучивающих композиций на основе эпоксидных смол / Т.Ю. Еремина, М.В. Гравит, Т.Ю. Дмитриева // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2012. – Т. 21. №7. – С. 52-56.

5. Ненахов С.А. Динамика вспенивания огнезащитных покрытий на основе органо-неорганических составов / С.А. Ненахов, В.П. Пименова // *Пожаровзрывобезопасность*. – 2011. – Т. 20. №8. – С. 17-24.

6. Патент на корисну модель 11355 Україна, МПК G01N 23/00. Пристрій для визначення кінетики спучування вогнезахисного покриття / [Цапко Ю.В., Кривенко П.В., Гузій С.Г. і ін.]; Заявл. 12.05.2016; Опубл. 10.02.2017; Бюл. № 3. – 3 с.

7. Патент на корисну модель 11356 Україна, МПК C09K 15/02; E04B 1/92. Експрес-метод визначення кінетики спучування вогнезахисного покриття / Цапко Ю.В., Кривенко П.В., Гузій С.Г. і ін.]; Заявл. 12.05.2016; Опубл. 10.02.2017; Бюл. № 3. – 3 с.