

## КОМПЛЕКСНА ОЦІНКА ЕКСПЛУАТАЦІЙНИХ ВЛАСТИВОСТЕЙ ЗАХИСНИХ ПОКРИТТІВ БУДІВЕЛЬНИХ КОНСТРУКЦІЙНИХ МАТЕРІАЛІВ

Розглянуто питання комплексної оцінки рівня якості та експлуатаційних властивостей розробленого захисного покриття для будівельних конструкційних матеріалів на основі поліметилфенілсилоксану. Доведено принципову можливість застосування комплексного показника якості, що враховує їх техніко-експлуатаційні характеристики.

**Ключові слова:** будівельний конструкційний матеріал, захисне покриття, експлуатаційні властивості, комплексне оцінювання.

Напрями розвитку матеріалознавства на сучасному етапі визначені значними досягненнями в галузі створення принципово нових типів покриттів для будівельних конструкційних матеріалів, які експлуатуються в умовах комплексної дії агресивних атмосферних факторів, високих температур, вогню тощо. Серед них значне місце посідають нові перспективні композиційні покриття на основі силіційорганічних зв'язок та мінеральних наповнювачів, зокрема, силіційелементорганічних сполук (зокрема полісилоксанів) [1, 2].

Роль розроблених багатокомпонентних складів захисних покриттів зростає з кожним роком, умови їх експлуатації стають жорсткішими, що зумовлює необхідність відходу від традиційних технологій і розроблення нових, при використанні яких можливо не тільки формувати різного виду вироби, але й використовувати компонентні зв'язки для інтенсифікації процесу синтезу новоутворів заданого фазового складу і структури, які сприяють підвищенню якості названих матеріалів.

Важливими факторами, які впливають на поведінку будівельних конструкційних матеріалів під час нагрівання, є фазовий склад, термічні характеристики покриття, структурні перетворення та зміни фазового складу в процесі експлуатації. У формуванні їх прогнозованого рівня якості, зокрема, функціональності та довговічності покриттів, важливе місце займають вид плівкоутворювача вихідної композиції, вид наповнювача та структура покриття. [3, 4]. У процесі розроблення системи оцінювання якості таких покриттів необхідно враховувати кожен із цих факторів, визначати їх взаємовплив. Ефективність захисної дії покриттів можна оцінити шляхом визначення таких експлуатаційних властивостей, як гідрофізичні (атмосферостійкість); теплофізичні, зокрема температурний коефіцієнт лінійного розширення (ТКЛР); адгезійна міцність; термічні – теплопровідність, теплоємність, жаро-, термо- і вогнетривкість; корозійна стійкість, суцільність тощо [5].

Зараз, зазвичай під час оцінювання рівня якості захисних покриттів, в т.ч. і спеціального призначення, які мають комплекс специфічних властивостей, користуються методиками, розробленими для лакофарбових покриттів [6]. Така оцінка, на наш погляд, не завжди буде об'єктивною, оскільки вона не враховує всю складність технологічної будови покриттів спеціального

<sup>1</sup> Наук. керівник: проф. М.М. Гивлюд, д-р техн. наук – НУ "Львівська політехніка"

призначення, зокрема вогневий та протипожежний захист покритих ними будівельних конструкцій.

Також, незважаючи на швидке розширення асортименту таких речовин та широке їх використання, у сучасних нормативних документах на захисні покриття спеціального призначення не розроблено чітко визначеної номенклатури показників якості. Тому завдання впорядкування номенклатури показників покриттів і вибору узагальненої системи їх оцінювання залишається актуальним.

Метою дослідження є встановлення можливості застосування комплексного показника ефективності прояву захисних властивостей досліджуваних покриттів, який враховує технічні характеристики. І використання його під час оцінювання рівня якості експлуатаційних характеристик температуро- і вогнестійких захисних покриттів, на прикладі нових вогнезахисних покриттів на основі наповнених поліметилфенілсилоксанів (ПМФС).

Об'єктом дослідження обрано розроблене захисне покриття на основі поліметилфенілсилоксану (лак КО-08), яке, враховуючи структуру та фазовий склад використаних компонентів (табл. 1), запропоновано для захисту металевих конструкцій та бетону у процесі експлуатації та дії атмосферних і температурних чинників зовнішнього навколишнього середовища.

Табл. 1. Склад вихідної композиції для захисного покриття

Вміст компонентів, мас. %					
КО-08	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	ZrO <sub>2</sub>	Каолін	Каолінове волокно	Шамотний бій
30	30	22	12,5	3,5	2,0

Експлуатаційні властивості та ефективність захисної дії покриття досліджували на сталях марок 09Г2С, 09Г5С та бетони, які широко використовують у будівництві та потребують відповідного захисту. У процесі досліджень показників рівня якості властивостей (табл. 2) використовували стандартизовані методики, які дають змогу вивчити фізико-хімічні та фізико-механічні властивості вихідних композицій для захисних покриттів та їх експлуатаційні характеристики.

Товарознавче оцінювання захисних покриттів проводили як з метою визначення їх якісних показників, так і вибору системи покриттів для конкретних конструкцій, залежно від їх призначення. Для оцінки якості захисних покриттів запропоновано використати комплексний показник захисної ефективності, що враховує технологічні, захисні, фізико-механічні і спеціальні властивості і залежить від призначення та умов експлуатації захисних покриттів.

Для проведення експертного оцінювання були залучені провідні спеціалісти в галузі розроблення і застосування температуро- і вогнетривких захисних покриттів. Завданням експерта було розташувати в кожній із груп показники за їх вагомістю. За результатами математичної обробки із врахуванням методу апіорного ранжування та використовуючи критерій згоди  $\chi^2$  (критерій Пірсона) для ступенів вільності, що дорівнюють  $(n - 1)$ , було обрано пріоритетні показники. За базові приймали значення показників відомого покриття "Ендотерм Х-150" (ТУ У 13481691.01-97). Порівняльну характеристику експлуатаційних властивостей захисних покриттів подано в табл. 2.

**Табл. 2. Порівняльна характеристика одиничних експлуатаційних властивостей захисних покриттів**

№ з/п	Показники	Вимоги ДБН В.1.1.7-2002	Зразок без покриття		Базовий зразок із покриттям Ендотерм Х-150		Зразок із запропонованим покриттям на основі ПМФС	
			сталь 09Г2С	бетон	сталь 09Г2С	бетон	сталь 09Г2С	бетон
1	Термостійкість, цикли	не менше ніж 3	–		2-3	–	16-18	–
2	Вогнетривкість, хв.: сталь 09Г2С бетон	не менше: ніж 15 ніж 45	18 –	– 52	28 –	– 72	32 –	– 126
3	Жаростійкість, мм/рік (Т = 1273 К)	–	6,2	–	4,8	–	2,1	–
4	Адгезійна міцність, МПа	не менше ніж 2,5	–		1,8	1,9	4,9	5,2
5	Водопоглинання, %	до 1,0	0	14,2	0,82	1,21	0,14-0,58	0,27-0,92
6	Крайовий кут змочування, град	не менше ніж 50	62	58	78	75	92-102	90-93
7	Займістість покриття	важкозаймісте	–		важкозаймісте		важкозаймісте	
8	Температура плавлення, К	не нижче ніж 1120	–		950	1080	1623	1623

Визначення відносних показників якості  $P_i$  експлуатаційних властивостей проводили з використанням графіка функцій бажаності Харрінгтона. Одержані значення кількісних і відносних показників рівня якості експлуатаційних показників покриттів наведено в табл. 3.

**Табл. 3. Визначення відносних показників експлуатаційних властивостей захисних покриттів**

№ з/п	Одиниці виміру	Кількісні показники якості			Відносні показники якості		
		умовне позначення	базовий зразок із покриттям Ендотерм Х-150	зразок із запропонованим покриттям на основі МФС	умовне позначення	базовий зразок із покриттям Ендотерм Х-150	зразок із запропонованим покриттям на основі ПМФС
1	Цикли	A <sub>1</sub>	2-3	16-18	ПА <sub>1</sub>	0,45	0,90
2	Хвилини	A <sub>2</sub>	28	32	ПА <sub>2</sub>	0,65	0,92
3	Мм/рік	A <sub>3</sub>	4,8	2,1	ПА <sub>3</sub>	0,53	0,90
4	МПа	B <sub>1</sub>	1,8	4,9	ПВ <sub>1</sub>	0,52	0,90
5	%	B <sub>2</sub>	0,82	0,14-0,58	ПВ <sub>3</sub>	0,55	0,95
6	Градус	C <sub>1</sub>	78	92-102	ПС <sub>1</sub>	0,40	1,00

Примітка. Приклад та результати розрахунків наведено для покриттів на сталі марки 09Г2С

За даними цих таблиць розраховано коефіцієнти вагомості (табл. 4).

**Табл. 4. Коефіцієнти вагомості (за даними експертної групи)**

Коефіцієнти вагомості						
групи властивостей			міжгрупові			
група I			група II		група III	
BA <sub>1</sub>	BA <sub>2</sub>	BA <sub>3</sub>	BB <sub>1</sub>	BB <sub>2</sub>	BC <sub>1</sub>	BA <sub>0</sub>
0,37	0,36	0,27	0,44	0,29	0,29	0,34
						BB <sub>0</sub>
						BC <sub>0</sub>
						0,29

Для зведення оцінок якості окремих властивостей приймали адитивну модель комплексної оцінки у вигляді середньозваженої арифметичної величини:  $P_0 = \sum_{i=1}^N B_i \cdot P_i$ . Розрахунок значення оцінки якості для групи властивостей I проводять за формулою:

$$PA_0 = (BA_1 \cdot PA_1) + (BA_2 \cdot PA_2) + (BA_3 \cdot PA_3). \quad (1)$$

Результати розрахунку:

- для захисного покриття на основі ПМФС:  $PA_0 = 0,91$ ;
- для захисного покриття Ендотерм Х-150:  $PA_0 = 0,54$ .

Розрахунок значення оцінки якості для групи властивостей II проводимо за формулою:

$$PB_0 = (BB_1 \cdot PB_1) + (BB_2 \cdot PB_2). \quad (2)$$

Отримали значення:

- для захисного покриття на основі ПМФС:  $PB_0 = 0,67$ ;
- для захисного покриття Ендотерм Х-150:  $PB_0 = 0,39$ .

Розрахунок значення оцінки якості для групи властивостей III проводили за формулою:

$$PC_0 = (BC_1 \cdot PC_1). \quad (3)$$

Отримали значення:

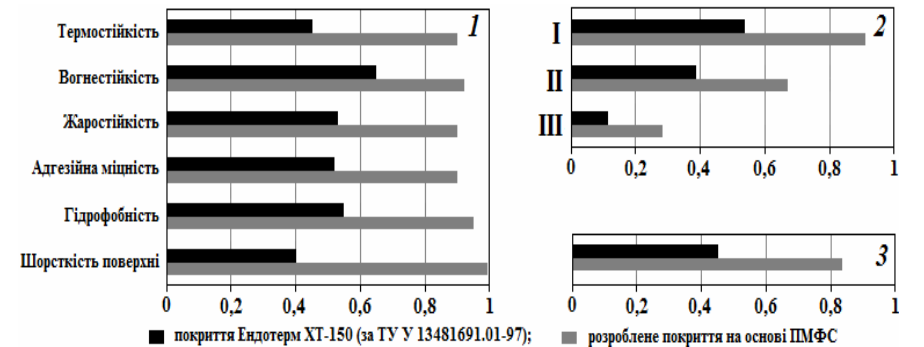
- для захисного покриття на основі ПМФС:  $PC_0 = 0,29$ ;
- для захисного покриття на основі Ендотерм Х-150:  $PC_0 = 0,12$ .

Узагальнену оцінку експлуатаційних властивостей захисного покриття на основі наповненого ПМФС та традиційного покриття Ендотерм Х-150 (базовий зразок) визначали за формулою:

$$P_0 = (BA_0 \cdot PA_0) + (BB_0 \cdot PB_0) + (BC_0 \cdot PC_0). \quad (4)$$

Отримали значення:

- для нового захисного покриття на основі ПМФС:  $P_0 = 0,83$ ;
- для захисного покриття на основі Ендотерм Х-150:  $P_0 = 0,45$  (рис.).



Отримана оцінка якості показала, що розроблене нове покриття на основі наповненого поліметилфенілсилоксану має кращі, порівняно з базовим покриттям Ендотерм Х-150, показники якості за всіма експлуатаційними властивостями, головним чином за рахунок покращення термотривкості, жаростійкості, адгезійної міцності та корозійної стійкості.

**Висновки.** Для оцінки експлуатаційних властивостей захисних покриттів доведено принципову можливість застосування комплексного показника ефективності захисної дії, що враховує їх техніко-експлуатаційні характеристики.

Доведені переваги нового захисного покриття на основі поліметилфенілсилоксану, порівняно з базовим покриттям Ендотерм Х-150.

Враховуючи отримані результати дослідження, можна стверджувати, що покриття на основі наповненого мінеральними та оксидними наповнювачами поліметилфенілсилоксану можна використовувати як атмосферо-, термо- та вогнезахисне покриття.

### Література

1. Мережко Н.В. Властивості та структура наповнених кремнійорганічних покриттів : монографія / Н.В. Мережко. – К. : Вид-во КДТЕУ, 2000. – 257 с.
2. Передрій О.І. Стан та перспективи застосування температуро- і вогнестійких захисних покриттів на основі наповнених силіційелементоорганічних сполук / О.І. Передрій // Вісник Хмельницького національного університету : наук. журнал. – Сер.: Технічні науки. – Хмельницький : Вид-во ХНУ. – 2010. – № 1 (144). – С. 248-251.
3. Гивлюд М.М. Температуростійкі силікатні захисні покриття для металів та сплавів на основі наповненого поліметилфенілсилоксану / М.М. Гивлюд, О.І. Башинський, С.Я. Вовк // Вісник Львівського державного університету БЖД : зб. наук. праць. – Львів : Вид-во Львівського ДУ БЖД. – 2011. – № 18. – С. 40-45.
4. Гивлюд М.М. Високотемпературні захисні покриття на основі наповнених поліорганосилоксанів / М.М. Гивлюд, І.В. Ємченко // Науковий вісник НЛТУ України : зб. наук.-техн. праць. – Львів : РВВ НЛТУ України. – 2007. – Вип. 17.6. – С. 95-99.
5. Мережко Н.В. Споживні властивості температуро- та вогнезахисних покриттів / Н.В. Мережко // Товарознавчий вісник : зб. наук. праць. – Луцьк : Вид-во Луцького НТУ. – 2010. – Вип. 2. – С. 127-132.
6. Брок Т. Европейское руководство по лакокрасочным материалам и покрытиям / Т. Брок, М. Гротеклаус, П. Мишке. – М. : Стройиздат, 2007. – 548 с.

### **Демидчук Л.Б. Комплексная оценка эксплуатационных свойств защитных покрытий строительных конструкционных материалов**

Рассмотрены вопросы комплексной оценки уровня качества и эксплуатационных свойств разработанного защитного покрытия для строительных конструкционных материалов на основе полиметилфенилсилоксана. Доказана принципиальная возможность использования комплексного показателя качества, которых учитывает их технико-эксплуатационные характеристики.

**Ключевые слова:** строительный конструкционный материал, защитное покрытие, эксплуатационные свойства, комплексное оценивание.

### **Demydchuk L.B. Complex estimation of operating properties of sheeting of build construction materials**

The considered questions of complex estimation of level of quality and operating properties of the worked out sheeting are for build construction materials on the basis of polymethylphenylsiloxan. Fundamental of possibility to application complex index of quality that takes into account them descriptions is well – proven.

**Keywords:** building construction material, sheeting, operating properties, complex evaluation.

УДК 691.53

Асист. Т.П. Кропивницька, канд. техн. наук –  
НУ "Львівська політехніка"

### МЕЗОСТРУКТУРА ТА МІЦНІСТЬ МОДИФІКОВАНИХ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ

Встановлено особливості формування мезоструктури будівельних розчинів залежно від ступеня наповнення порової структури дрібного заповнювача. Досліджено процеси структуроутворення розчинових сумішей та показано ефективність дії модифікаторів різного типу на легковкладальність сумішей та фізико-механічні властивості жирних і пісних будівельних розчинів.

**Постановка проблеми.** Сучасна практика ведення будівельних робіт потребує високоякісних будівельних розчинів для мурувальних та опоряджувальних робіт. Такі розчини повинні характеризуватись необхідною рухомістю та водоутримувальною здатністю, достатньою адгезією, проектною міцністю відповідно до використаних будівельних елементів та еластичністю для попередження релаксацій напружень без тріщиноутворення [1]. Разом з тим, традиційні розчинові суміші на основі портландцементу, вапна та піску з заданою рухомістю через годину після приготування стають практично непридатними до використання, а підвищення пластичності за рахунок збільшення витрати портландцементу та води негативно впливає на будівельно-технічні властивості затверділого будівельного розчину. Тому вдосконалення традиційних будівельних розчинів масового використання, покращення їх показників якості, зниження собівартості є актуальним завданням будівельної індустрії.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Будівельні розчини можна представити як гетерогенні матеріали, що складаються з матриці та дрібного заповнювача. Значний вплив на структуру розчину має крупність заповнювача: чим дрібніший пісок, тим вища його пористість і тим більше необхідно в'язучого тіста для одержання зливої структури. Відповідно межі між структурами зсуваються в бік складів з більшою витратою цементу. Однак одночасно відзначається зменшення розміру елементів структури (твердих частинок і пор), що відображається на властивостях розчинової суміші та будівельного розчину [2].

Однією з найважливіших властивостей будівельного розчину є підвищена рухомість розчинової суміші, що зумовлено особливостями технології її доставки і вкладання. Для покращення показників цієї характеристики на практиці часто збільшують водоцементне відношення. Надлишок води замішування за низької водопотреби цементу спричиняє зміну стабільності реологічних властивостей, розшарування складників будівельного розчину. Внаслідок випаровування води утворюються відкриті капілярні пори, які значно зменшують показники міцності, при цьому зростає водопоглинання цементного каменю, що призводить до погіршення його довговічності [3].

Перспективним напрямом вдосконалення традиційних розчинових сумішей є використання органічних пластифікуючих добавок – поверхнево-активних речовин (ПАР), особливістю яких є висока фізико-хімічна активність на границі розділу фаз у дисперсних системах. Введення хімічних добавок у