

УДК 678.664:678.066

DOI: [https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4\(28\).89-97](https://doi.org/1034169/2414-0651.2020.4(28).89-97)**Ю. В. САВЕЛЬЄВ**, доктор хімічних наук, професор
<https://orcid.org/0000-0003-3356-9087>**Л. А. МАРКОВСЬКА**, кандидат хімічних наук, старший науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0003-9427-9786>**Н. Й. ПАРХОМЕНКО**, провідний інженер
<https://orcid.org/0000-0001-7481-9113>**О. Р. АХРАНОВИЧ**, кандидат хімічних наук, науковий співробітник
<https://orcid.org/0000-0003-1652-9323>**О. О. САВЕЛЬЄВА**, провідний інженер
<https://orcid.org/0000-0002-3167-3493>**В. І. ЛИТВЯКОВ**, провідний інженер
<https://orcid.org/0000-0002-8740-9604>
(Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України, м. Київ)**К. А. ОЛІЙНИК**, начальник науково-дослідного відділу
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>
(Центральний науково-дослідний інститут озброєння та військової техніки Збройних Сил України, м. Київ)

НОВІ ЗАХИСНІ МАТЕРІАЛИ ДЛЯ ПІДВИЩЕННЯ ЕКСПЛУАТАЦІЙНОЇ НАДІЙНОСТІ ВІЙСЬКОВИХ ОБ'ЄКТІВ

З метою підвищення експлуатаційної надійності військових об'єктів створені поліфункціональні поліуретанові матеріали з високими показниками експлуатаційних і спеціальних властивостей для використання в якості захисних покриттів для забезпечення надійної пролонгованої експлуатації металевих, залізобетонних, дерев'яних конструкцій, будівель та споруд за умов динамічних абіотичних, біотичних і техногенних навантажень. Польові випробування створених матеріалів, проведені на об'єктах СВ і МВС ЗСУ та УкрОборонПрому протягом 1–2 років, підтвердили високу ефективність створених матеріалів. Їх використання гарантує: а) надійну пролонговану експлуатацію металевих, залізобетонних конструкцій, будівель і споруд за умов динамічних абіотичних, біотичних і техногенних навантажень; б) високий ступінь безпеки обслуговування екіпажем об'єктів і пролонговане їх збереження наданням покриттю неслизьких властивостей.

Ключові слова: військові об'єкти, інфраструктура, експлуатаційна надійність, руйнування, захист, покриття, адгезиви.

ВСТУП

Значні економічні збитки наносить передчасний фізичний знос капітальних будівель і споруд, металевих та залізобетонних конструкцій, об'єктів інфраструктури, що відбувається під дією агресивного середовища природного та техногенного походження. Ця проблема має загальний характер і на її розв'язання спрямовані зусилля науковців і практиків [1–5].

До останнього часу в Збройних силах України для підвищення живучості об'єктів інфраструктури як адгезиви, компаунди, зв'язуючі і захисні матеріали використовували клей ВК-3, (фенольно-каучукове зв'язуюче) [6], клей ВК-9 (розчин епоксидно-поліамідний) [7], компаунд К-300-61 (трикомпонентний набір – епоксикремнійорганічна смола, аміний твердник, наповнювач – пастоподібна маса) [8], клей К-153 (двокомпонентний склад на основі епоксидних смол для плитки) [9], клей ПУ-2 (еластичний двокомпонентний + клей для каменю, кераміки) [10]. Всі вони розроблені головним чином наприкінці минулого сторіччя, більшість з них вузько-профільні, не відповідають сучасним екологічним та технологічним вимогам і тому втратили свою актуальність, тому відтворення цих технологій не є доцільним.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Застосування полімерних композицій із запрограмованими властивостями дає змогу створювати принципово нові технології захисту поверхонь від корозії різного типу, а також технології ремонтно-відновлювальних робіт споруд і конструкцій. Виходячи з цього, з метою підвищення живучості військових об'єктів було розроблено та оптимізовано спосіб отримання поліфункціональних поліуретанових матеріалів (ППМ) на основі однієї синтетичної моделі шляхом структурно-хімічної модифікації макромолекули поліуретану [11–13] за умов адаптації до доступної сировинної бази, із застосуванням у тому числі відновлюваної сировини [14], для використання як адгезивів для з'єднання та покриттів для захисту поверхонь різного типу від руйнування під дією абіотичних, біотичних і техногенних деструктивних чинників.

Розроблені ППМ мають високі показники експлуатаційних і спеціальних властивостей: адгезійних до металу, бетону, каменя, цегли, деревини та стійкості хімічної, гідролітичної, біологічної, світло- і зносостійкості [стійкість до стертя], а також стійкості до соляного туману і солевих розчинів, до дії спеціальних реагентів за низьких температур, а також мають неслизькі властивості. Крім того, фіксування біоактивних сполук у полімерній матриці унеможливило їх дифузю на поверхню матеріалу з подальшим їх видаленням і, таким чином, пролонгує біозахисні функції покриття [12], що є перевагою цих ППМ щодо подібних. На основі ППМ створені: а) поліуретанполіепоксидні матеріали [15], б) неслизькі захисні покриття двох типів – ППМ / неорганічний наповнювач і ППМ/органічний наповнювач; в) ПКМ для біозахисту та підвищення вогнестійкості дерев'яних конструкцій; г) двокомпонентний герметик для герметизації стиків і пошкоджень бетонних та залізобетонних конструкцій.

ППМ на основі: 1) сітчастих/лінійних поліуретанів (СПУ/ЛПУ) та Ni/Cu/Zn-вмісних модифікаторів (MeM); і 2) лінійних поліуретанів з використанням природно поновлюваної сировини – рицинової олії та MeM характеризуються високими показниками фізико-механічних

і експлуатаційних властивостей, мають високі показники адгезії до металу, високі показники термостійкості покриттів і життєздатності їх розчинів (табл. 1).

Адгезійна міцність на відрив покриття до бетону дорівнює 19 – 22 МПа. Адгезія покриття (стійкість), визначена методом надрізів (X-cutting test), становить ≤ 1 бал.

Таблиця 1

Властивості ППМ

Ч.ч	ППМ	NiM, %	ZnM, %	Фізико – механічні властивості		Термо- стійкість, °С
				Адгезійна міцність до металу, (σ), Мпа	Еластичність (ϵ), %	
1	СПУ	1,43	-	35,0	93,0	250
2	ЛПУ	1,90	-	26,0	300,0	232
3	СПУ/ ЛПУ	0,95	-	34,0	200,0	260
4	СПУ	-	1,5	35,0	56,6	260
5	ПУ ЛПУ	-	2,0	25,0	250,0	230
6	ПУ-сіг /лін	-	1,0	33,7	80,0	260
7	СПУ	-	-	30,0	80	210
8	СПУ/ ЛПУ	-	-	17,0	400,0	180

*Життєздатність усіх досліджуваних зразків (ППМ-розчинів), міс. >12

Використання рицинової олії (РО) – відновлюваної сировини природного походження, замість нафто-хімічного продукту – поліетеру, сприяє підвищенню економічності та екологічності процесу при збереженні притаманних поліуретанам експлуатаційних властивостей.

Крім того, досягнуто підвищення міцнісних показників ППМ порівняно з ПУ-матрицею в 1,4–2,0 рази та адгезійних властивостей (сталь – сталь) в 1,2 і 1,7 рази (для СПУ і ЛПУ відповідно) (табл. 2).

Таблиця 2

Властивості ППМ на основі природних рослинних олій

ППМ	Фізико-механічні властивості				Термо- стійкість, °С	Життє- здат- ність, міс.
	Адгезійна міцність, (σ), МПа	Еластичність (ϵ), %	Паропроникність, (Pi), мг/(см ² год)	Волого- поглинання, %		
СПУ-М	30,00	80,00	0,80	1,20	210	>6
СПУ/РО	35,70-39,00	81,00-139,00	0,20-0,50	0,60-1,12	245-265	>10

Отримані ППМ мають підвищену стійкість до дії агресивних хімічних середовищ: води, автомобільного масла, бензину, дизельного палива, органічних

розчинників (зокрема етилацетату, бензолу), розчинів (2 %) H₂SO₄ і NaOH (табл. 3).

Таблиця 3

Стійкість ППМ до дії хімічних середовищ, мас. %

СПУ	Приріст маси зразків ПУ при витримці в хімічних агентах протягом 240 год, % мас.							
	вода	авт. масло	бензин	дизельне паливо	етил- ацетат	бензол	20% - овий розчин H ₂ SO ₄	20% -овий розчин NaOH
Сітчастий ПУ								
1 NiM	1,00	1,16	0,50	3,00	0,90	1,10	0,80	0,50
2 CuM	1,47	1,10	0,56	3,40	0,90	1,20	1,10	0,67
3 NiM+CuM	1,10	1,30	0,60	4,90	4,00	4,00	1,10	0,90
4 Матриця	1,03	0,57	0,50	5,85	7,00	1,10	0,60	0,50
Лінійний ПУ								
5 NiM	1,50	2,10	2,10	5,00	4,00	4,40	1,00	0,60
6 CuM	0,58	2,50	2,75	5,30	4,50	3,00	1,40	0,70
7 NiM+CuM	1,50	0,70	2,56	3,00	4,00	4,10	1,15	0,85
8 Матриця	1,60	4,10	5,60	12,00	7,00	4,60	1,10	0,85

Результати дослідження впливу комплексного атмосферного фактора: УФ- і ІЧ-опромінення (сонячне світло), підвищена температура (50 ± 5 °С) і вологість повітря (96 %) на ППМ показали, що всі зразки ППМ із вмістом у своїй структурі NiM мають високу стійкість до дії УФ- і ІЧ-опромінення і не втрачають своєї міцності. ППМ із вмістом CuM і ZnM дещо втрачають міцність (н/б 1–5 %).

Термічна стійкість ППМ підтверджена термогравіметричними дослідженнями. Стійкість зразків до тер-

моокиснювальної деструкції, визначена в атмосфері повітря, показала, що всі ППМ-зразки мають температуру початку розкладання в діапазоні 230 – 260 °С. Отже, всі зразки ППМ, незалежно від природи металу термостійкі. Серед них найбільш термостійкий зразок, що містить CuM і NiM одночасно.

Дослідження на стирання бетону, покритого різними ППМ (рис. 1), показали, що навіть один шар просочення (Бетон/ПУпрайм.) підвищує стійкість до стирання вихідного бетону (Бетон вих.) в 1,3 рази.

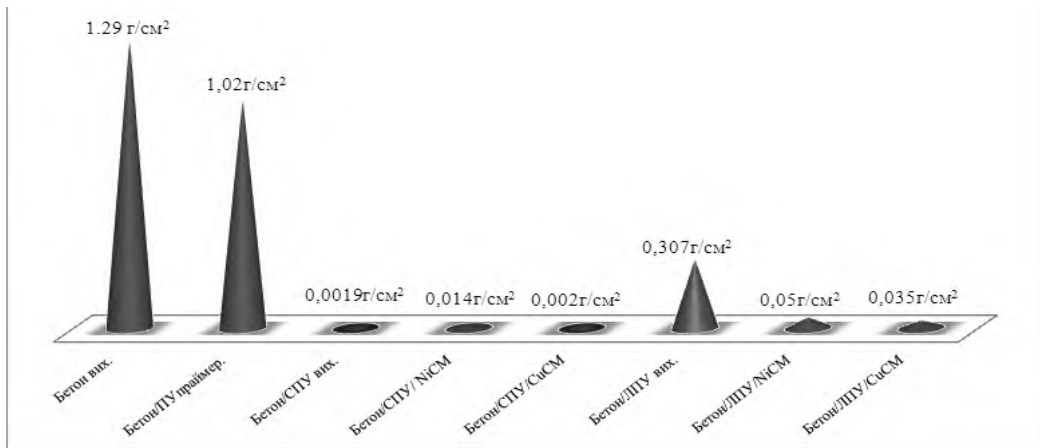


Рис. 1. Стійкість ППМ до стирання

При цьому стирання бетону, покритого вихідним СПУ (Бетон/СПУвих.) і СПУ, що містить Cu-модифікатор (Бетон/СПУ/CuM), становить 0,0019 і 0,0020 г/см² відповідно, що більше, ніж у 680 разів перевищує стійкість до стирання вихідного бетону. Бетон, покритий СПУ, що містить Ni-модифікатор (Бетон/СПУ/NiM), також характеризується високою стійкістю до стирання (0,014 г/см²).

Використання створених ППМ для захисту конструкцій від тиску води дає змогу істотно підвищити їх водонепроникність. Бетонні зразки, захищені лише праймером (рис. 2, №№ 1, 2), мають водонепроникність, яка перевищує цей показник вихідного бетону С25/30 (рис. 2, № 7) у 3 рази. Показники водонепроникності бетонних зразків, захищених одним шаром (рис. 2, №№ 3, 4) і двома шарами СПУ70/30 (рис. 2 № 5,6) перевищують цей показник вихідного бетону в 3,5 і 3,75 разів, відповідно.

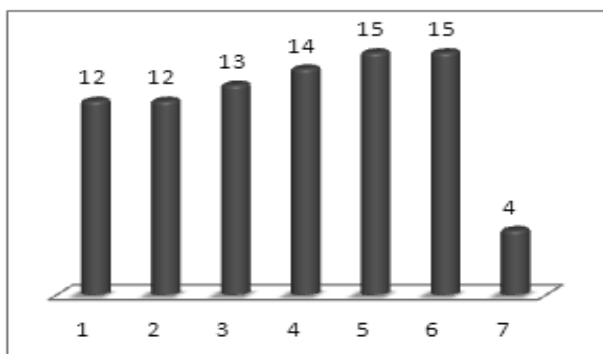


Рис. 2. Результати визначення водонепроникності

Доведено, що всі зразки ППМ із вмістом MeM: CuM, NiM+CuM і NiM+ZnM мають фунгіцидні властивості щодо найбільш активних біодеструкторів – пліснявих грибів, їхня грибостійкість оцінюється у 0 балів за результатами досліджень як у вологій камері на живильному середовищі без додаткового інфікування, так і на живильному середовищі з інфікуванням. ППМ із вмістом NiM мають фунгістатичні властивості (1 бал) [1].

На основі отриманих поліфункціональних полімерних матеріалів створено неслизькі захисні покриття двох типів: а) ППМ/неорганічний наповнювач; б) ППМ/органічний наповнювач на металевих і бетонних поверхнях.

Дослідження значень коефіцієнта тертя покриттів (μ) за різних умов (суха поверхня, волога поверхня, поверхня з маслом) показали, що цей показник регулюється в межах практично важливих характеристик неслизьких покриттів: 0,5 – 0,9. Наповнювач істотно підвищує коефіцієнт (μ) сухої, зволоженої та покритої маслом металевої чи бетонної поверхні, що надає їй неслизькі властивості і коефіцієнт тертя зростає більше ніж в 2 рази. Зі збільшенням навантаження зростає значення (μ) для неслизьких покриттів, що необхідно враховувати при переміщенні габаритних вантажів.

Середні значення (μ) різних покриттів на бетоні в різних середовищах наведені на рис. 3.

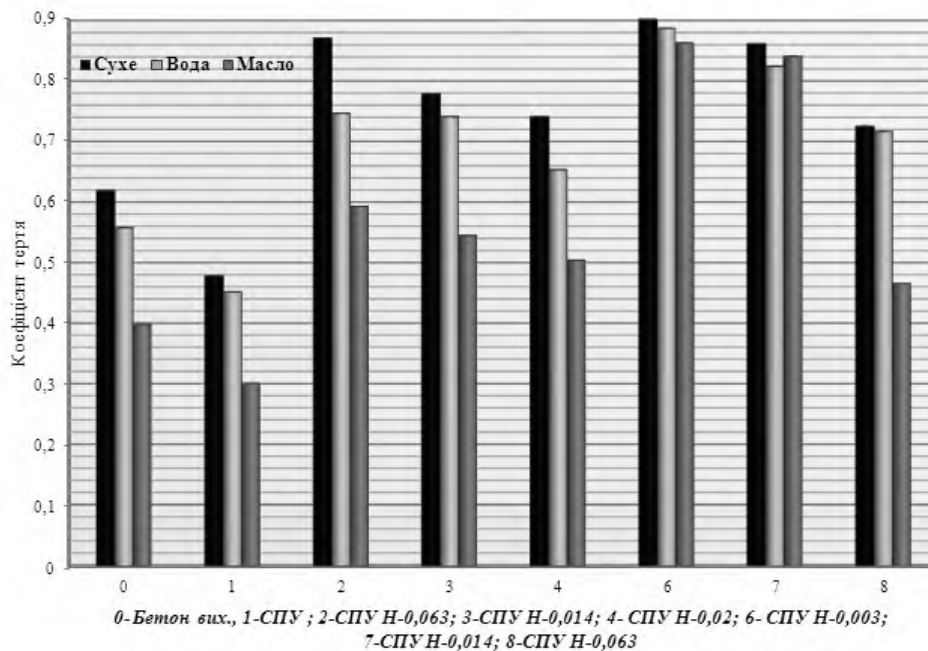


Рис. 3. Зразки покриттів з різною кількістю наповнювача (Нг/см²)

Результати дослідження стійкості ППМ на основі поліуретанів різної структури і різного складу до дії соляного туману і морської води показали, що всі зразки (металеві і бетонні) покриті повністю (з усіх боків) ППМ і ППМ/НіМ (неслизькі покриття) після витримування в морській воді 60 днів і не мають пошкоджень, тобто не виявлено змін поверхні зразків і поверхні покриття (рис. 4).

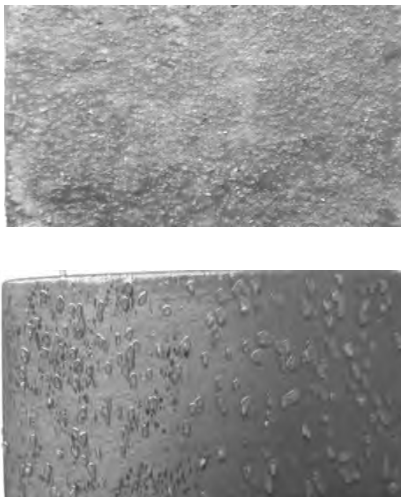


Рис. 4. Фотографія неслизького покриття

Дослідженнями стійкості ППМ до дії спеціальних реагентів (соляних розчинів) за низьких температур встановлено, що бетонні кубики, повністю покриті ППМ і ППМ/НіМ, після 50 циклів «заморожування – розморожування» в морській воді не мають пошкоджень, не виявлено змін поверхні зразків і поверхні покриття. В той же час не захищені бетонні кубики через 30 циклів «заморожування – розморожування» в морській воді зруйнувалися (рис. 5).



зразок без захисного покриття



зразок із захисним покриттям

Рис. 5. Морозостійкість зразків (50 циклів заморожування – розморожування)

Модифікацією ППМ з біологічною активністю на основі ПУ із вмістом CuM і ZnM та антипірену отримані просочувальні склади ППМ/БВ для біо- і вогнезахисту виробів з деревини. Проведені порівняльні дослідження ефективності біозахисту композицією ППМ/БВ зразків деревини, які мають фунгіцидні властивості та їхня грибовіткість становить 0 балів і комерційним продуктом [16]. Пролонгованість біологічної активності захисних покриттів досліджували протягом 6 місяців (квітень – вересень, час найвищої активності пліснявих грибів) за умов навколишнього середовища. Результати досліджень наведені на рис. 6 і 7.



Вихідний зразок



Вихідний зразок за 6 міс. за умов довкілля

Рис. 6. Біозахист деревини комерційним продуктом



Вихідний зразок



Вихідний зразок за 6 міс. за умов довкілля

Рис. 7. Біозахист деревини ППМ/БВ

Отримані результати доводять, що зразок з нанесеним комерційним продуктом після тривалих випробувань повністю втратив здатність до біозахисту (рис. 6), у той час, як зразок з нанесеним ППМ/БВ (рис. 7) після випробувань повністю зберіг фугіцидність і здатність до біозахисту.

Проведені дослідження з визначення вогнестійкості

ті композицій ППМ/БВ. Згідно з Протоколом випробувань і з визначення групи горючості згідно з 4.3 ГОСТ 12.1.044-89 зразки захисного покриття ППМ/БВ належать до групи горючих матеріалів середньої займистості [17]. Згідно з Протоколом випробувань і з визначення температури тління згідно з 4.13 ГОСТ 12.1.044-89 зразків захисного покриття ППМ/БВ тління не відбулось за температури від 300 до 600 °С [18].

Отже, проведеними дослідженнями показано: а) пролонгований характер біозахисних властивостей створених ППМ/БВ за натурних умов на відміну від комерційного захисного продукту, біологічний захист якого обмежений у часі; б) відповідність ППМ/БВ вимогам пожежної безпеки.

Проведено польові випробування створених ППМ.

ППМ був перевірений як адгезив та захисні покриття бетонного майданчика («ДП «Завод 410 Цивільної авіації», 2017-2018 рр.). Адгезив для з'єднання металеві конструкції та бетонної плити показав свою пролонговану надійність: з'єднання, створене у липні 2017 р., що експлуатується на відкритому повітрі за умов вібродинамічних навантажень, станом на листопад 2019 р. повністю зберегло свою міцність. Нанесене захисне неслизьке полімерне покриття на відкритому бетонному майданчику льотно-дослідної станції (липень 2017 р.) станом на листопад 2019 р. повністю зберегло свої властивості – не змінився його колір, не відбулося розтріскування та відшарування від бетону (рис. 8).

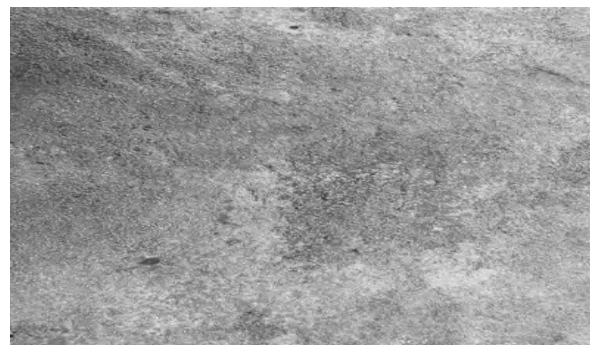


Рис. 8. Фотографія фрагменту захисного неслизького покриття (бетон)

За даних умов експлуатації споруди та стану бетонного покриття найбільш ефективними є технології:

а) зміцнення бетонних конструкцій невисокої щільності і ослабленого бетону методом просочування;

б) створення захисних покриттів: просочення, один шар ППМ; в) створення неслизьких органо-неорганічних покриттів: просочення, шар ППМ, неорганічний наповнювач, шар ППМ.

Як захисні покриття бетонних конструкцій, у т. ч. неслизькі, були перевірені ППМ для захисту фрагментів бетонного покриття під'їзного шляху (СВ ЗСУ, в/ч А0566, червень 2019 р.).

Нанесені захисні полімерні покриття на бетонній ділянці під'їзного шляху (червень 2019 р.) станом на березень 2020 р. повністю зберегли свої властивості – не змінився їх колір, не відбулося розтріскування та відшарування від бетону (рис. 9).

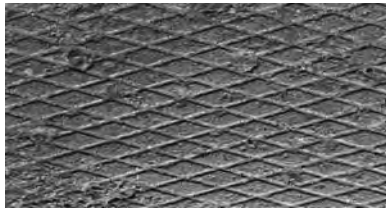


Рис. 9. Фотографія фрагменту захисного покриття (бетон)

Як захисне неслизьке покриття металевої конструкції був перевірений ППМ для захисту металевого фрагмента, що був розміщений на території військово-морської бази, на шляху проходження особового складу (ВМС ЗСУ, в/ч А0456, липень 2019 р.). Станом на 01 липня 2020 р. захисне неслизьке покриття збереглося повністю – не змінився його колір, немає пошкоджень, не виявлено змін його поверхні та відшарування (рис. 10).



Рис. 10. Фотографія фрагменту захисного неслизького покриття (метал)

ППМ можна використовувати для створення захисних покриттів з одночасним відновленням первісного вигляду пофарбованих конструкцій без спеціальної підготовки їх поверхонь (рис. 11).



Рис. 11. Фотографія гальмівних колодок до (ліворуч) та після (праворуч) відновлення первісного вигляду пофарбованих конструкцій.

ВИСНОВКИ

Створені поліфункціональні поліуретанові матеріали мають високі показники експлуатаційних властивостей: мають стабільні властивості у часі та високу життєздатність їх розчинів та комплекс спеціальних властивостей: адгезійних до металу, бетону, каменю, цегли, деревини та стійкістю хімічною, гідролітичною, біологічною, світло- і зносостійкістю [стійкістю до стерття], а також стійкістю до сольового туману і солевих розчинів, до дії спеціальних реагентів за низьких температур,

а також мають неслизькі властивості.

Використання ППМ як захисних покриттів для антикорозійного захисту конструкцій об'єктів, що експлуатуються за специфічних умов, гарантує: а) надійну пролонговану експлуатацію металевих, залізобетонних конструкцій, будівель і споруд за умов динамічних абіотичних, біотичних і техногенних навантажень шляхом створення ППМ із заданими властивостями за рахунок функціоналізації полімерної матриці і цілеспрямованого застосування функціональних наповнювачів та адаптування властивостей до вимог замовника; б) високий ступінь безпеки обслуговування екіпажем об'єкта і пролонговане збереження конструкцій об'єктів за специфічних умов наданням антикорозійному покриттю неслизьких властивостей; в) практично виключення руйнування захищених ППМ бетонних поверхонь від впливу дії зміни температури і часу тривалості їх експлуатації, г) відновлення маси пошкоджених металевих, залізобетонних, бетонних і подібних конструкцій і первісного вигляду пофарбованих поверхонь металевих конструкцій та гарантовану пролонговану експлуатацію об'єктів після проведення ремонтних робіт.

Отже, вибір адаптованих моделей ППМ (структура/склад) визначається умовами експлуатації об'єктів, що потребують захисту з урахуванням кліматичних і техногенних навантажень

Отримана дозвільна документація: Висновок державної санітарно-епідеміологічної експертизи на застосування матеріалу для захисту різного типу обладнання, промислових конструкцій, споруд, будівель, об'єктів інфраструктури та ін. від дії агресивних середовищ від 07.12.2017 № 602-13-20-1/38538.

Робота виконана за цільовою науково-технічною програмою НАН України «Дослідження і розробки з проблем підвищення обороноздатності та безпеки держави».

СПИСОК ПОСИЛАНЬ

1. Industrial Coatings Market by Resin (Polyurethane, Epoxy, Acrylic, Alkyd), Technology (Solvent-based, Water-based, Powder), End-Use Industry (General Industrial, Protective, Automotive, Aerospace, Wood, Packaging), and Region - Global Forecast to 2025 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-coatings-market-746.html>.
2. Anticorrosive coatings: A review /P. A. Sørensen, S. Kiil, K. Dam-Johansen and C.E. Weinell // J. of Coatings Technology and Research.- 2009. № 6(2). Pp.135–176. DOI: 10.1007/s11998-008-9144-2.
3. Evaluation of Protective Coatings for High-Corrosivity Category Atmospheres in Offshore Applications/A. López-Ortega, R. Bayón and J. L. Arana//Materials (Basel). 2019. № 12(8). – Pp. 1325–1341. DOI: 10.3390/ma12081325.
4. Self-Repairing Composites for Corrosion Protection: A Review on Recent Strategies and Evaluation Methods/ P. Vijayan and M. Al-Maadeed//Materials (Basel). 2019. № 12(17). Pp. 2754–2771. DOI:10.3390/ma12172754

5. Тенденции развития в области антикоррозионных полимерных составов для защиты от коррозии крепежных соединений контактных пар комбинированных конструкций (обзор)/В.А.Кузнецова, Л.В.Семенова, Шаповалов Г.Г.//Авиационные материалы и технологии. 2017. №1(46).- С.25–31. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-1-25-31.
6. Клей ВК (жидкий). ОСТ 1 90281-86, ПИ 1.2.260-84.
7. Клей ВК-9. ПИ 1.2А.529-99 (ТУ 1-595-14-842-2004).
8. Компаунд К-300-61 (Клей 300). ОСТ В 6-06-5100-96.
9. Эпоксидный компаунд К-153. ТУ 6-05-1584-85, ТУ 2225-509-00203521-94, ОСТ В 84-167-90.
10. Клей ПУ-2. ОСТ 107.460 007.009-2002, ПИ 1.2.339-87.
11. Пат. № 38576 Україна, МПК C08J 3/20, C08L 75/00. Спосіб одержання поліуретанової композиції для захисного покриття // Ю.В. Савельєв, Л.А. Марковська, Н.Й. Пархоменко, О.О. Савельєва – Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України. Опубл. 12.01.2009, Бюл. № 1.
12. Пат. № 105706 Україна, МПК С 08 L 75/00. С 08 L 75/06, С 08 L 75/08 Спосіб одержання поліуретанової композиції // Ю.В. Савельєв, Л.А. Марковська, Н.Й. Пархоменко, О.О. Савельєва – Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України. Опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.
13. Пат. № 90678 Україна, МПК С 08 J 3/00, С 08 J 3/20, С 08 K 5/500, С 08 L 75/00, С 08 L 75/08. Спосіб одержання поліуретанової композиції для захисного покриття // Ю.В. Савельєв, Л.А. Марковська, Н.Й. Пархоменко, О.О. Савельєва – Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України. Опубл. 10.06.2014, Бюл. № 11.
14. Пат. № 129081 Україна, МПК С 08 К 3/00, С 08 К 5/00, С 08 L 75/04, С 08 L 75/06, С 08 L 75/08. Поліуретанова композиція для захисного покриття// Ю.В. Савельєв, Л.А. Марковська, О.Р.Ахранович, Н. Й. Пархоменко, О. О. Савельєва – Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України. Опубл. 25.10.2018, Бюл. № 20.
15. Пат. № 140433 Україна, МПК H05K 9/00. Корозійностійке нанокompозитне захисне покриття // С.М.Махно, О.М. Лісова, Г.М. Гуня, П.П. Горбик, Ю.В. Савельєв, Л.А. Марковська, Н.Й.Пархоменко – Інститут хімії поверхні ім. О.О.Чуйка НАН України, Інститут хімії високомолекулярних сполук НАН України. Опубл. 25.02.2020, Бюл. № 4.
16. ГОСТ 9.049 – 91.ЕСЗКС. Материалы полимерные и их компоненты. Методы лабораторных испытаний на стойкость к воздействию плесневых грибов. - М.: Изд-во стандартов, 1991.- 12 с.
17. Протокол № 169/1-2019. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. НДЦ «Пожежна безпека» (25.07.2019 р.)
18. Протокол № 170/1-2019. Український науково-дослідний інститут цивільного захисту. НДЦ «Пожежна безпека» (25.07.2019 р.)

REFERENCES

1. Industrial Coatings Market by Resin (Polyurethane, Epoxy, Acrylic, Alkyd), Technology (Solvent-based, Water-based, Powder), End-Use Industry (General Industrial, Protective, Automotive, Aerospace, Wood, Packaging), and Region - Global Forecast to 2025 <https://www.marketsandmarkets.com/Market-Reports/industrial-coatings-market-746.html>.
2. Anticorrosive coatings: A review /P. A. Sørensen, S. Kiil, K. Dam-Johansen and C.E. Weinell // J. of Coatings Technology and Research. 2009. № 6(2). Pp.135–176. DOI: 10.1007/s11998-008-9144-2.
3. Evaluation of Protective Coatings for High-Corrosivity Category Atmospheres in Offshore Applications/A. López-Ortega, R. Bayón and J. L. Arana//Materials (Basel). 2019. № 12(8). Pp. 1325–1341. DOI: 10.3390/ma12081325.
4. Self-Repairing Composites for Corrosion Protection: A Review on Recent Strategies and Evaluation Methods/ P. Vijayan and M. Al-Maadeed//Materials (Basel). 2019. № 12(17). Pp. 2754–2771. DOI:10.3390/ma12172754
5. Tendenczii rozvitiya v oblasti antikorrozionny`kh polimerny`kh sostavov dlya zashchity` ot korrozii krepezhny`kh soedinenij kontaktny`kh par kombinirovanny`kh konstrukcij (obzor) / V.A.Kuznecova, L.V.Semenova, Shapovalov G.G. // Aviacionny`e materialy` i tekhnologii. 2017.№1(46).- S.25-31. DOI: 10.18577/2071-9140-2017-0-1-25-31
6. Klej VK (zhidkij). OST 1 90281-86, PI 1.2.260-84.
7. Klej VK-9. PI 1.2A.529-99 (TU 1-595-14-842-2004).
8. Kompaund K-300-61 (Klej 300). OST V 6-06-5100-96.
9. E`poksidny`j kompaund K-153. TU 6-05-1584-85, TU 2225-509-00203521-94, OST V 84-167-90.
10. Klej PU-2. OST 107.460 007.009-2002, PI 1.2.339-87.
11. Patent № 38576 Ukrayina, MPK C08J 3/20, C08L 75/00. Sposib oderzhannya poliuretanovoyi kompoziciyi dlya zahisnogo pokrittya // Yu. V. Savelyev, L.A. Markovska, N.J. Parhomenko, O.O. Savelyeva – Institut himiyi visokomolekulyarnih spoluk NAN Ukrayini. Opubl. 12.01.2009, Byul. № 1.
12. Patent № 105706 Ukrayina, MPK S 08 L 75/00. S 08 L 75/06, S 08 L 75/08 Sposib oderzhannya poliuretanovoyi kompoziciyi // Yu.V. Savelyev, L.A. Markovska, N.J. Parhomenko, O.O. Savelyeva – Institut himiyi visokomolekulyarnih spoluk NAN Ukrayini. Opubl. 10.06.2014, Byul. № 11.
13. Patent № 90678 Ukrayina, MPK C 08 J 3/00, C 08 J 3/20, S 08 K 5/500, S 08 L 75/00, S 08 L 75/08. Sposib oderzhannya poliuretanovoyi kompoziciyi dlya zahisnogo pokrittya // Yu.V. Savelyev, L.A. Markovska, N.J. Parhomenko, O.O. Savelyeva – Institut himiyi visokomolekulyarnih spoluk NAN Ukrayini. Opubl. 10.06.2014, Byul. № 11.
14. Patent № 129081 Ukrayina, MPK S 08 K 3/00, S 08 K 5/00, S 08 L 75/04, S 08 L 75/06, S 08 L 75/08. Poliuretanova kompoziciya dlya zahisnogo pokrittya// Yu.V. Savelyev, L.A. Markovska, O.R.Ahranovich, N.J.Parhomenko, O.O.Savelyeva – Institut himiyi visokomolekulyarnih spoluk NAN Ukrayini. Opubl. 25.10.2018, Byul. № 20.

15. Patent № 140433 Ukrayina, MPK H05K 9/00. Korozijnostijke nanokompozitne zahisne pokrittya // S.M.Mahno, O.M. Lisova, G.M. Gunya, P.P. Gorbik, Yu.V. Savelyev, L.A. Markovska, N.J.Parhomenko—Institut himiyi poverhni im. O.O.Chujka NAN Ukrayini, Institut himiyi visokomolekulyarnih spoluk NAN Ukrayini. Opubl. 25.02.2020, Byul. № 4.
16. GOST 9.049 – 91.ESZKS. Materialy polimernye i ih komponenty. Metody laboratornyh ispytaniy na stojkost k vozdejstviyu plesnevnyh gribov. - M.: Izd-vo standartov, 1991.- 12 s.
17. Protokol № 169/1-2019. Ukrayinskij naukovu-doslidnij institut civilnogo zahistu. NDC «Pozhezchna bezpeka» (25.07.2019 r.)
18. Protokol № 170/1-2019. Ukrayinskij naukovu-doslidnij institut civilnogo zahistu. NDC «Pozhezchna bezpeka» (25.07.2019 r.).

**Savelyev Yu. V., Markovskaya L. A.,
Parkhomenko N. Yo., Akhramovich O. R.,
Savelyeva O.O., Lutvyakov V. I., Oliinik K. A.**

NEW PROTECTIVE MATERIALS TO IMPROVE OPERATIONAL RELIABILITY MILITARY OBJECTS

With the aim of increasing the survivability of military facilities, a method of obtaining multifunctional polyurethane materials (MPM) for use as adhesives for joining, coatings to protect various type surfaces from destruction under abiotic, biotic and anthropogenic destructive factors has been created.

The developed MPM have high indicators of operational and special properties: adhesive to metal, concrete, stone, brick, wood; chemical, hydrolytic, biological, solar and abrasion resistance, as well as resistance to salt fog and salt solutions at low temperatures.

On the basis of the MPM were created: a) non-slip protective coatings MPM/inorganic filler and MPM/organic filler; b) MPM for bioprotection and increasing of fire resistance of wooden constructions.

Field trials of created materials were carried out at the facilities of the Armed Forces of Ukraine (AFU) and (UkrOboronProm). The metal-concrete adhesive compound, which was operated in the open air under vibration-dynamic loads for 16 months, fully preserved its strength. Protective non-slip coatings applied on the concrete site (UkrOboronProm) and fragments of the concrete coating of the access road (GF AFU), during 16 months fully preserved their properties – no change of color, no cracking and peeling.

The protective non-slip coating of the metal structure, which was operated under dynamic loads during the year (NFU, AFU), was completely preserved - no color changing, and no damage and peeling.

The use of MPM guarantees: a) reliable prolonged

operation of metal, reinforced concrete structures, buildings and structures under conditions of dynamic abiotic, biotic and anthropogenic loads; b) high degree of service safety of the objects and their prolonged preservation, providing the coating with non-slip properties; c) practical elimination of destruction of protected concrete surfaces under the influence of temperature changes, d) mass recovery of damaged metal, reinforced concrete, concrete, and the original appearance of painted metal surfaces.

Keywords: military objects, infrastructure, survivability, destruction, protection, coatings, adhesives.

Відомості про авторів:

Савельєв Юрій Васильович

доктор хімічних наук
професор
завідувач відділу гетероланцюгових полімерів і взаємопроникних полімерних сіток Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-3356-9087>
e-mail: yuri2savelyev@gmail.com

Information about the authors:

Yuri Savelyev

Doctor of Chemistry Sciences, Professor
Head of the Department of Heterochain Polymer Chemistry & Interpenetrating Polymer Networks of Institute of Macromolecular Chemistry of NAS of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-3356-9087>
e-mail: yuri2savelyev@gmail.com

Марковська Людмила Антонівна,

кандидат хімічних наук,
старший науковий співробітник Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-9427-9786>
e-mail: lmarkovskaya@ukr.net

Ludmila Markovskaya

Candidate of Chemistry Sciences,
Senior Research of Institute of Macromolecular Chemistry of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-9427-9786>
e-mail: lmarkovskaya@ukr.net

Пархоменко Наталія Йосипівна,

провідний інженер Інституту хімії високомолекулярних сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-7481-9113>
e-mail: n.parkhomenko324@ukr.net

Nataliya Parkhomenko,

Senior Engineer of Institute of Macromolecular Chemistry of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-7481-9113>
e-mail: n.parkhomenko324@ukr.net

Ахранович Олена Рудольфівна,
кандидат хімічних наук,
науковий співробітник Інституту хімії високомолекулярних
сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0003-1652-9323>
e-mail:elena_akh@ukr.net

Olena Akhranovich,
Candidate of Chemistry Sciences,
Research Associate of Institute of Macromolecular Chemistry of
Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0003-1652-9323>
e-mail:elena_akh@ukr.net

Савельєва Ольга Олексіївна,
провідний інженер Інституту хімії високомолекулярних
сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-3167-3493>
e-mail:olgasavelyeva51@ukr.net

Olga Savelyeva
Senior Engineer of Institute of Macromolecular Chemistry of
Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-3167-3493>
e-mail:olgasavelyeva51@ukr.net

Литвяков Владислав Ігоревич,
провідний інженер Інституту хімії високомолекулярних
сполук НАН України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0002-8740-9604>
e-mail:vladislavlit@ukr.net

Vladyslav Lutvyakov
Senior Engineer of Institute of Macromolecular Chemistry of
Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0002-8740-9604>
e-mail:vladislavlit@ukr.net

Олійник Костянтин Анатолійович
капітан першого рангу,
начальник відділу Центрального науково-дослідного
інституту озброєння та військової техніки Збройних Сил
України,
м. Київ, Україна
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>

Kostyantyn Oliinik
captain of the first rank,
head of the department of the NDI
the revitalization of the military technology of the Ministry of
Defense of Ukraine,
Kyiv, Ukraine
<https://orcid.org/0000-0001-8007-6686>

Стаття надійшла до редколегії 20.08.2020.