

DOI: <https://doi.org/10.31073/mivg202101-268>

Available at (PDF): <http://mivg.iwpim.com.ua/index.php/mivg/article/view/268>

УДК 699.8; 691.175

## ВПЛИВ РЕЦЕПТУРИ НА ВЛАСТИВОСТІ ПОЛІМЕРЦЕМЕНТНИХ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ СУМІШЕЙ

**О.В. Коваленко, канд. техн.наук**

Інститут водних проблем і меліорації НААН, Київ, Україна

<https://orcid.org/0000-0002-2047-8859>; e-mail: [aleksandr55kovakenko@gmail.com](mailto:aleksandr55kovakenko@gmail.com)

**Анотація.** *Методом експериментально-статистичного моделювання досліджено технологічні властивості полімерцементних сумішей та фізико-механічні властивості полімерцементних гідроізоляційних покриттів залежно від їх кількісного та якісного складу: співвідношення цемент: пісок (Ц: П), водоцементного відношення (В/Ц) та вмісту модифікуючих добавок. У результаті реалізації плану  $V_3$  та обробки експериментальних даних отримано експериментально-статистичні моделі, які виражають вплив рецептури на властивості полімерцементних гідроізоляційних сумішей та покриттів: рухомість, міцність на стиск, міцність на згин, адгезійну та ударну міцність, водопоглинання. Встановлено, що при постійних значеннях Ц: П та В/Ц модифікуючі добавки: редиспергуючий полімерний порошок, порошковий полікарбоксилатний суперпластифікатор та мікрокремнезем є важливим фактором формування структури та властивостей гідроізоляційних покриттів. Аналіз моделей показав, що на рухомість полімерцементних гідроізоляційних сумішей позитивно впливають редиспергуючий полімерний порошок та суперпластифікатор, мікрокремнезем діє на цей показник негативно. Вплив модифікаторів на фізико-механічні властивості гідроізоляційних покриттів: редиспергуючий полімерний порошок та суперпластифікатор негативно впливають на міцність на стиск, мікрокремнезем цей показник підвищує; редиспергуючий полімерний порошок та мікрокремнезем підвищують міцність на згин, суперпластифікатор діє на цей показник негативно; всі досліджувані модифікатори підвищують адгезійну та ударну міцність та знижують водопоглинання. За експериментально-статистичними моделями побудовані діаграми, які є графічним зображенням впливу рецептури на властивості полімерцементних гідроізоляційних сумішей і дають можливість визначити області їх рецептур із заданими властивостями.*

**Ключові слова:** полімерцементні суміші, гідроізоляційні покриття, гідроізоляція, фізико-механічні властивості, експериментально-статистичні моделі

**Актуальність теми.** Залізобетонні конструкції гідротехнічних споруд (ГТС) у процесі експлуатації піддаються впливу води та вологи, а також їх дії в комплексі з циклічним заморожуванням та відтаванням. У результаті насичення порової структури бетону вологою та підвищення тиску води при замерзанні відбувається розрив суцільності прошарків цементного каменю. В результаті руйнується матеріал конструкції, знижується його довговічність, виникає корозія цементного каменю та сталеві арматури. Цей процес інтенсифікується в зоні перемінного рівня води. Негативним фактором є також фільтрація води через тіло конструкції. Гідроізоляційний захист конструкцій ГТС є важливим інженерним завданням.

**Аналіз попередніх досліджень.** Одним із перспективних напрямків в технологіях улаштування гідроізоляційних покриттів є застосування полімерцементних гідроізоляційних сумішей (ПГС). Можливість нанесення таких сумішей на вологу поверхню,

високі показники водонепроникності, адгезійних та деформативних характеристик, екологічна безпечність відкривають перспективу їх ефективного використання при захисті залізобетонних ГТС.

Аналіз сучасного будівельного ринку показує, що на сьогодні пропонується достатньо широкий діапазон полімерцементних сумішей для гідроізоляційних покриттів. Незважаючи на це, їх широке застосування в практиці гідроізоляції ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу на сучасному етапі є обмеженим через високу вартість, відсутність нормативної бази застосування та відсутність наукових даних про стійкість і довговічність. Порівняльний аналіз технологічних та фізико-механічних властивостей ПГС різних фірм-виробників показує, що технологічні властивості сумішей та фізико-механічні властивості гідроізоляційних покриттів на їх основі відомих вітчизняних рецептур поступаються кращим зарубіжним зразкам. Створення подібного вітчизняного

продукту відповідної якості, але з меншою собівартістю, є актуальною задачею.

Полімерцементні суміші становлять собою суміші, що складаються з певного виду, або декількох видів цементу, фракціонованого кварцового піску в різній пропорції та модифікуючих добавок (сухих полімерних порошків, полімерних дисперсій та мінеральних добавок) [1; 2]. На сьогодні розроблено низку полімерцементних сумішей для конструкційного ремонту залізобетонних гідротехнічних споруд [3–10], а також для гідроізоляційних покриттів будівельних конструкцій [11–13]. Такі суміші отримують модифікацією цементно-піщаних розчинів полімерними (редиспергуючий полімерний порошок або полімерна дисперсія) та мінеральними (мікрокремнезем, метакаолін) добавками. Створення ефективних полімерцементних сумішей базується на оптимізації співвідношення взаємопроникаючих сіток полімерів та кристалогідратів цементної матриці. Модифікація цементних систем полімерами дозволяє підвищити адгезійні та деформативні характеристики, тріщиностійкість та корозійну стійкість полімерцементних композитів [12–16].

Аналіз відомих рецептур ПГС показує, що вони, як правило, містять цементно-піщану суміш (портландцемент, кварцовий пісок), модифіковану (в тій чи іншій комбінації) редиспергуючим полімерним порошком або полімерною дисперсією, ефірами целюлози (водоутримуюча добавка), мінеральним наповнювачем (вапнякове борошно, фосфогіпс-дигідрат, зола винесення), мінеральним розріджувачем (бентоніт), порошковим суперпластифікатором та антиспінювачем [17–20]. Найбільш перспективною є модифікація полімерцементних сумішей органо-мінеральними добавками (ОМД), які складаються з полікарбоксилатних суперпластифікаторів останнього покоління та мінеральних наповнювачів – мікрокремнезему та метакаоліну. Застосування ОМД дозволяє отримати високо-ефективні самоущільнювальні бетонні суміші та є ефективним методом покращення властивостей цементно-піщаних розчинів [21–24]. Вплив комплексного модифікатора, який складається з редиспергуючого полімерного порошку (РПП), порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора (СП) та мікрокремнезему (МК), на властивості ПГС дотепер не вивчено. Дані продукти не виробляються в Україні, але вони присутні на нашому будівельному ринку і можуть бути застосовані для створення нових ефективних модифікацій ПГС гідротехнічного призначення [25].

**Мета досліджень** – визначити вплив рецептури на технологічні властивості ПГС та на фізико-механічні властивості покриттів на їх основі.

**Методика досліджень.** Досліджували вплив співвідношення цемент: пісок (Ц: П), водоцементного відношення (В/Ц), вмісту редиспергуючого полімерного порошку (РПП) Neolith P 4400, порошкового полікарбоксилатного суперпластифікатора (СП) Sika Viscokrete 225, мікрокремнезему (МК) Elkem Microsilica на рухомість гідроізоляційних сумішей (Р) та на фізико-механічні властивості гідроізоляційних покриттів: міцність на стиск  $f_{cm, cube}$ , міцність на згин  $f_{ctd}$ , адгезійну міцність  $f_{adg}$ , ударну міцність  $f_{imp}$ , водопоглинання  $W_m$ .

Рухомість сумішей визначали за глибиною занурення конуса згідно з ДСТУ Б В.2.7–239:2010. Фізико-механічні характеристики гідроізоляційних покриттів визначали у віці 28 діб за такими показниками: міцність на стиск – на зразках-кубах із розміром ребра 70 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7–239:2010; міцність на згин – на зразках-балочках розміром 40 × 40 × 160 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7–239:2010; адгезію визначали за допомогою розривної машини РМ-05, яка була обладнана спеціальними захватами, на зразках-напіввісімках діаметром 40 мм, з поверхнею контакту 20 × 20 мм, склеєних між собою гідроізоляційною сумішшю; водопоглинання – на зразках-балочках розміром 40 × 40 × 160 мм згідно з ДСТУ Б В.2.7–239:2010; ударну міцність – на зразках-кубах із ребром 7,07 см на лабораторному копрі шляхом ударяння гирі масою 2 кг по зразку через підбабок зі сферичною поверхнею радіусом 1 см.

У дослідженнях застосовували портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волиньцемент», пісок річковий Дніпровський з модулем крупності  $M_{кр} = 1,49$ . Зразки формували в спеціальних формах із подальшою їх витримкою в повітряно-сухих умовах при температурі 22–25 °С протягом 28 діб. Суміші готували з використанням низькообертового електроміксера: спочатку перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім приготувану суміш перемішували з водою протягом 5 хв. Дослідження проводили методом математичного планування експерименту із застосуванням плану  $B_3$ . Умови планування експерименту наведено в табл. 1.

**Результати досліджень.** Зі зменшенням співвідношення Ц:П міцнісні характеристики покриття зростають: міцність на стиск –

з 32,5 МПа до 82,6 МПа, міцність на згин – з 5,2 МПа до 8,6 МПа (рис. 1).

Одночасно коефіцієнт тріщиностійкості покриття (відношення міцності на стиск до міцності на згин) знижується з 0,16 до 0,10 (рис. 2), що є негативним явищем. Тому співвідношення Ц:П=1:2 як компромісний варіант було прийнято в подальших дослідженнях.

Збільшення В/Ц позитивно впливає на рухомість гідроізоляційної суміші: зі збільшенням В/Ц з 0,4 до 0,49 цей показник зростає з 3,2 см до 7,8 см (рис. 3а). При цьому міцність на стиск покриття знижується з 47,0 до 30,0 МПа (рис. 3б).

Отже, при виборі В/Ц необхідно вирішувати компромісну задачу: з одного боку воно

### 1. Умови планування експерименту

Фактори рецептури	Рівні варіювання			Інтервал варіювання
	-1	0	+1	
X1, вміст РПП, % від маси цементу	0	10	20	10
X2, вміст СП, % від маси цементу	0	0,15	0,3	0,15
X3, вміст МК, % від маси цементу	0	7,5	15	7,5

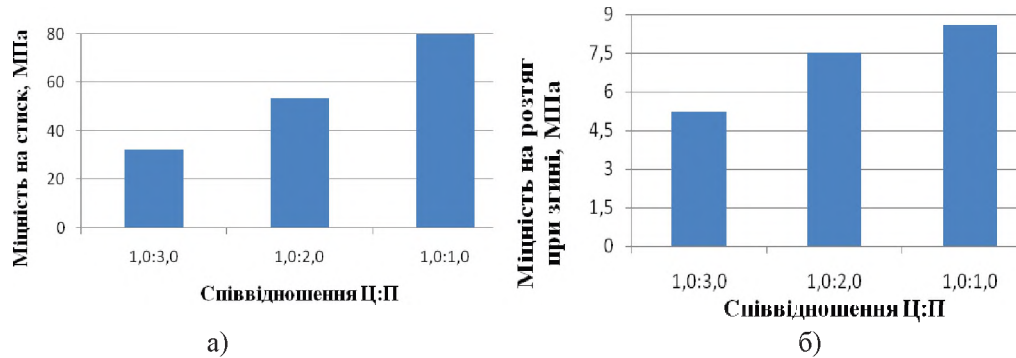


Рис. 1. Вплив співвідношення Ц:П на міцність на стиск (а) та на міцність на згин (б) гідроізоляційного покриття

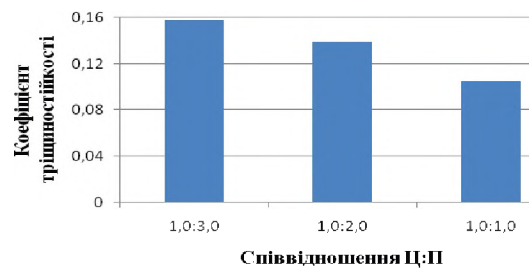


Рис. 2. Вплив співвідношення Ц:П на коефіцієнт тріщиностійкості гідроізоляційного покриття

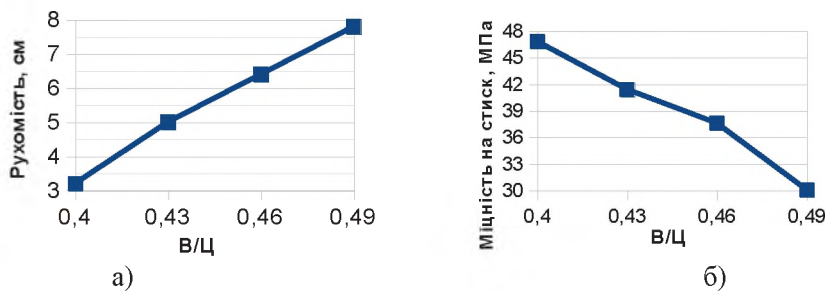


Рис. 3. Вплив В/Ц на рухомість гідроізоляційної суміші (а) та на міцність на стиск гідроізоляційного покриття (б)

повинно забезпечувати необхідну рухомість суміші, а з іншого – необхідну міцність гідроізоляційного покриття. Враховуючи, що при створенні полімерцементної суміші використовується суперпластифікатор, у дослідженнях застосовували технологічно мінімально-можливе В/Ц=0,4.

Матриця планування експерименту та результати випробувань полімерцементних сумішей та гідроізоляційних покриттів залежно від вмісту модифікаторів наведені в табл. 2.

Як видно з таблиці 2, залежно від рецептури властивості ПГС коливаються в межах:  $P = 2,1 \dots 13,0$  см,  $f_{cm\ cube} = 19,6 \dots 52,2$  МПа,  $f_{ctd} = 6,4 \dots 12,9$  МПа,  $f_{adg} = 0,5 \dots 3,1$  МПа,  $f_{imp} = 0,10 \dots 0,31$  Дж/см<sup>3</sup>,  $W_m = 1,1 \dots 7,0$  МПа.

У результаті обробки експериментальних даних отримано експериментально-статистичні (ЕС) моделі, які виражають вплив рецептури на рухомість (P) полімерцементної суміші та на міцність на стиск ( $f_{cmcube}$ ), міцність на згин ( $f_{ctd}$ ), адгезійну міцність ( $f_{adg}$ ), ударну міцність ( $f_{imp}$ ), водопоглинання ( $W_m$ ) гідроізоляційного покриття:

$$P = 5,83 + 1,72x_1 + 1,73x_2 - 1,84x_3 - 0,27x_1^2 - 0,32x_2^2 + 0,63x_3^2 + 0,49x_1x_2 - 0,56x_1x_3 + 0,63x_2x_3 \quad (1)$$

$$f_{cm\ cube} = 33,2 - 8,4x_1 - 3,6x_2 + 6,0x_3 + 2,2x_1^2 - 3,0x_2^2 - 1,3x_3^2 + 1,6x_1x_2 - 1,0x_1x_3 - 0,2x_2x_3 \quad (2)$$

$$f_{ctd} = 10,6 + 1,6x_1 - 0,9x_2 + 1,0x_3 - 0,7x_1^2 - 0,8x_2^2 - 0,1x_3^2 - 0,3x_1x_2 + 0,5x_1x_3 + 0,2x_2x_3 \quad (3)$$

$$f_{adg} = 2,20 + 0,81x_1 + 0,29x_2 + 0,18x_3 - 0,13x_1^2 - 0,13x_2^2 - 0,02x_3^2 - 0,06x_1x_2 - 0,06x_1x_3 - 0,04x_2x_3 \quad (4)$$

$$f_{imp} = 0,23 + 0,05x_1 - 0,02x_2 + 0,04x_3 + 0,01x_1^2 - 0,01x_2^2 - 0,03x_3^2 \quad (5)$$

$$W_m = 3,14 - 1,47x_1 - 0,64x_2 - 0,70x_3 + 0,21x_1^2 + 0,26x_2^2 + 0,06x_3^2 + 0,11x_1x_2 + 0,06x_1x_3 + 0,19x_2x_3 \quad (6)$$

Аналіз моделей 1–6 показує, що на рухомість полімерцементних сумішей позитивно впливають РПП та СП при незначному переважному впливі СП. Рухомість сумішей значно знижується при збільшенні вмісту МК. РПП та СП негативно впливають на міцність на стиск гідроізоляційного покриття. РПП та МК підвищують його міцність на згин, СП діє на цей показник негативно. Всі досліджувані модифікатори (РПП, СП, МК) підвищують адгезійну та ударну міцність покриття та знижують його водопоглинання.

За моделями 1–6 побудовані діаграми, які є графічним зображенням впливу модифікуючих добавок на властивості полімерцементних сумішей та гідроізоляційних покриттів в локальних точках РПП = -1; 0; +1 (рис. 5–10). Діаграми дають можливість

2. Матриця планування експерименту та результати випробувань

№ досліду	Матриця плану в кодах			Матриця плану в натуральних величинах			Рухомість P, см	Міцність на стиск $f_{cube}$ , МПа	Міцність на згин $f_{ctd}$ , МПа	Адгезійна міцність $f_{adg}$ , МПа	Ударна міцність, $f_{imp}$ Дж/см <sup>3</sup>	Водопоглинання, $W_m$ %
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	РПП	СП	МК						
1	1	1	1	20	0,3	15	6,7	25,6	11,5	3,1	0,27	1,1
2	-1	1	1	0	0,3	15	3,6	41,2	7,7	1,7	0,17	3,9
3	1	-1	1	20	0	15	3,7	30,0	12,9	2,7	0,31	2,0
4	-1	-1	1	0	0	15	2,1	52,2	8,3	1,1	0,21	4,9
5	1	1	-1	20	0,3	0	13,0	15,9	8,2	2,9	0,19	2,2
6	-1	1	-1	0	0,3	0	7,2	27,6	6,4	1,3	0,10	4,9
7	1	-1	-1	20	0	0	7,1	19,6	10,9	2,4	0,23	3,5
8	-1	-1	-1	0	0	0	3,7	37,6	7,8	0,5	0,17	7,0
9	1	0	0	20	0,15	7,5	7,2	26,9	11,1	2,9	0,29	1,9
10	-1	0	0	0	0,15	7,5	3,9	43,7	8,5	1,3	0,17	4,7
11	0	1	0	10	0,3	7,5	7,2	26,5	8,5	2,4	0,20	2,8
12	0	-1	0	10	0	7,5	3,8	33,7	10,9	1,8	0,25	3,9
13	0	0	1	10	0,15	15	4,7	37,8	11,6	2,4	0,24	2,5
14	0	0	-1	10	0,15	0	8,2	25,8	9,7	2,1	0,16	3,8
15	0	0	0	10	0,15	7,5	6,0	33,0	10,8	2,2	0,23	3,1

визначити області вмісту модифікаторів, які забезпечують певні властивості гідроізоляційних сумішей та покриттів на їх основі. Суміщенням факторних просторів моделей можна визначити область рецептур, які забез-

печують отримання сумішей із заданими властивостями.

**Висновки.** Досліджено вплив рецептури на рухомість полімерцементних сумішей та на фізико-механічні властивості гідроізоляційних

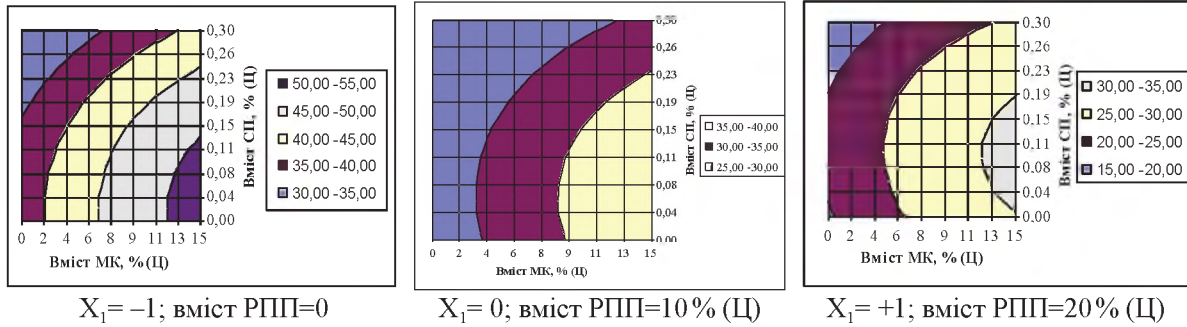


Рис. 4. Вплив СП та МК на рухомість полімерцементної суміші

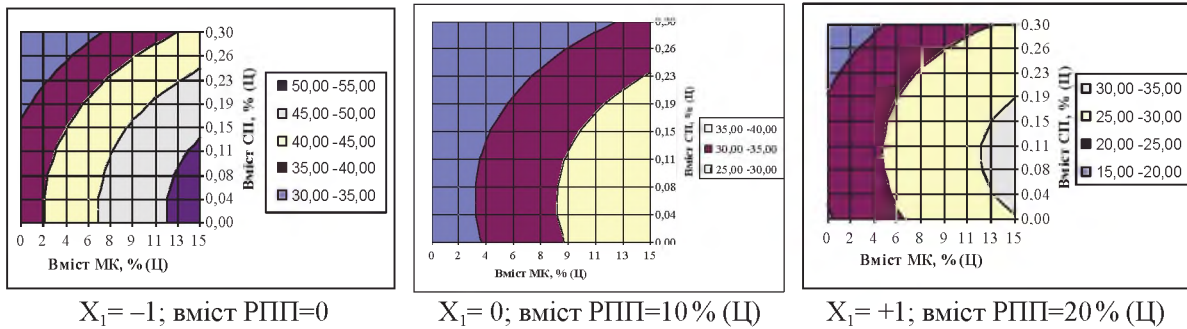


Рис. 5. Вплив СП та МК на міцність на стиск гідроізоляційного покриття

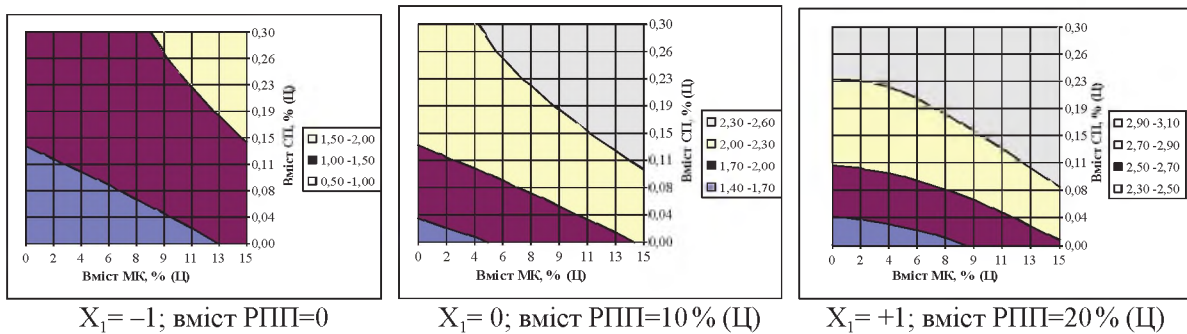


Рис. 6. Вплив СП та МК на адгезійну міцність гідроізоляційного покриття

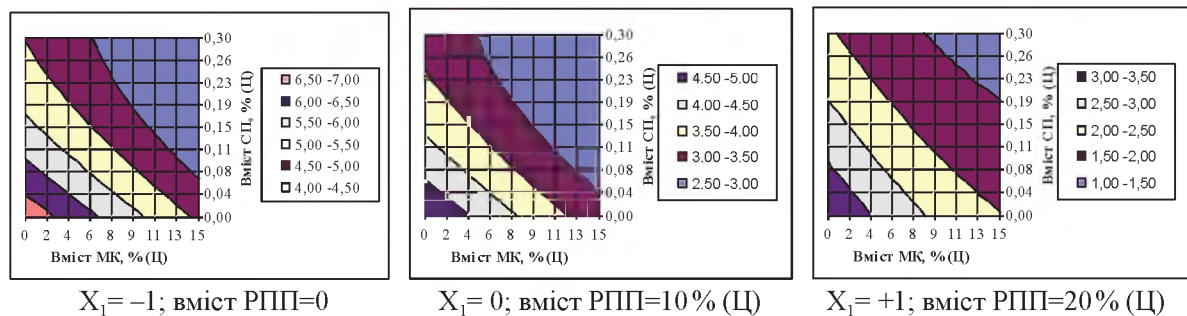


Рис. 7. Вплив СП та МК на водопоглинання гідроізоляційного покриття

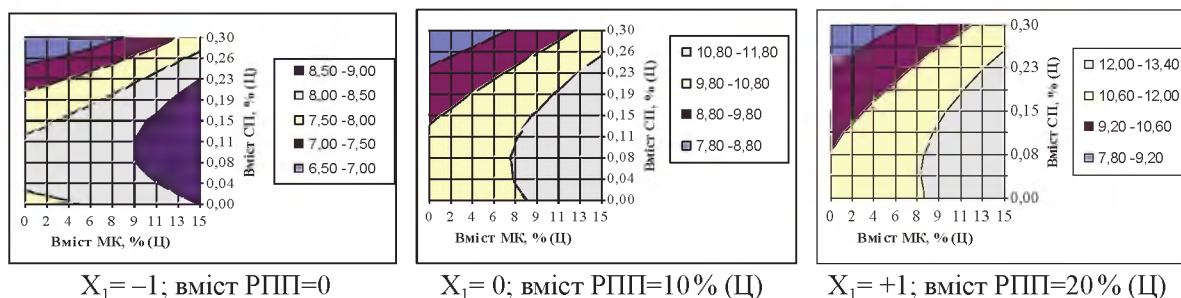


Рис. 8. Вплив СП та МК на міцність на згин гідроізоляційного покриття

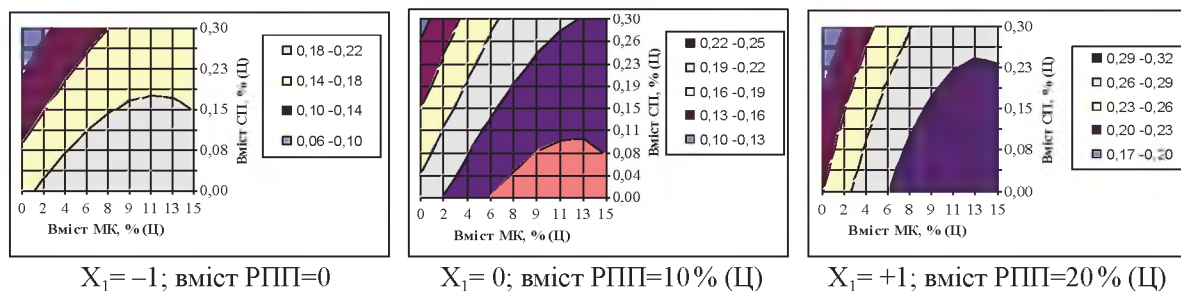


Рис. 9. Вплив СП та МК на ударну міцність гідроізоляційного покриття

покриттів на їх основі: міцність на стиск і на розтяг при згині, адгезійну та ударну міцність, водопоглинання. Отримано експериментально-статистичні моделі, які виражають вплив модифікуючих добавок на технологічні властивості ПГС та на фізико-механічні властивості покриттів на їх основі. Залежно від вмісту модифікаторів властивості ПГС та покриттів на їх основі коливаються в межах:  $P - 2,1 \dots 13,0$  см,  $f_{cm\ cube} - 19,6 \dots 52,2$  МПа,  $f_{ctd} - 6,4 \dots 12,9$  МПа,  $f_{adg} - 0,5 \dots 3,1$  МПа,  $f_{imp} - 0,10 \dots 0,31$  Дж/см<sup>3</sup>,  $W_m - 1,1 \dots 7,0$  МПа. При постійних значеннях

Ц:П та В/Ц на рухомість ПГС позитивно впливають РПП та СП при незначному переважному впливі СП. Рухомість сумішей значно знижується при збільшенні вмісту МК. Вплив модифікаторів на фізико-механічні властивості гідроізоляційних покриттів: РПП та СП негативно впливають на міцність на стиск, МК цей показник підвищує; РПП та МК підвищують міцність на згин, СП діє на цей показник негативно; всі досліджувані модифікатори підвищують адгезійну та ударну міцність та знижують водопоглинання.

### Бібліографія

1. Бобрышев А.А. и др. Модифицированные порошковыми полимерами отделочные растворы на основе сухих смесей : монография. Пенза : ПГУАС, 2014. 132 мс.
2. Баженов Ю.М., Коровяков В.Ф., Денисов Г.А. Технология сухих строительных смесей : учебное пособие. Москва : АСВ, 2016. 113 с.
3. Полімерцементний розчин : пат. 56754 Україна № u 201008446 ; заявл. 06.07.2010 ; опубл. 25.01.2011, Бюл. № 2.
4. Полімерцементний розчин : пат. 72513 Україна № u 201115422 ; заявл. 26.12.2011 ; опубл. 27.08.2012, Бюл. № 16.
5. Полімерцементний розчин : пат. 75236 Україна № u 201205744 ; заявл. 11.05.2012 ; опубл. 26.11.2012, Бюл. № 22.
6. Полімерцементний розчин : пат. 76447 Україна № u 201205731 ; заявл. 11.05.2012 ; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
7. Полімерцементний розчин : пат. 76448 Україна № u 201205732 ; заявл. 11.05.2012 ; опубл. 10.01.2013, Бюл. № 1.
8. Полімерцементний розчин : пат. 93582 Україна. № u 201403980 ; заявл. 14.04.2014 ; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.
9. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів : пат. 93585 Україна № u 201403987 ; заявл. 14.04.2014 ; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.
10. Суха будівельна суміш для ремонтних гідроізолюючих розчинів : пат. 93586 Україна № u 201403989 ; заявл. 14.04.2014 ; опубл. 10.10.2014, Бюл. № 19.

11. Лотарев В.В., Мошкова С.В., Сивков С.П. Сухие строительные смеси для устройства гидроизоляции бетонных конструкций. *Техника и технология силикатов*. 2008. №1. С. 26–31.
12. Карапузов Е.К., Арефьева М.Г. Технология гидроизоляции строительных конструкций с применением полимерцементных смесей. *Будівельне виробництво*. 2012. № 53. С. 97–99.
13. Карапузов Е.К., Арефьева М.Г. Технологические основы применения двухсоставных полимерцементных гидроизоляционных смесей. *Строительные материалы и изделия*. 2011. №1. С. 27–28.
14. Кондрашов Г.М. Коррозионная стойкость бетонов, модифицированных латексами винилового ряда. *Бетон и железобетон*. 2006. № 5. С. 22–25.
15. Кондрашов Г.М. Некоторые особенности влияния добавок водных дисперсий полимеров на стойкость цементных систем в химических агрессивных средах. *Мат. междунар. конф. «Долговечность строительных конструкций. Теория и практика»*. Волгоград, 2002. С. 54–63.
16. Карапузов Е.К., Арефьева М.Г. Дослідження впливу полімерної складової на адгезійну спроможність полімерцементних гідроізоляційних композицій. *Строительные материалы и конструкции*. 2011. № 6. С. 35–38.
17. Коваленко О.В. Вплив редиспергуючого полімерного порошку Neolith P4400 на реологічні та фізико-механічні властивості цементно-піщаного розчину. *Сб. научн. трудов Sworld*. Иваново : «Научный мир», 2015. Вып. № 3(40). С. 47–54.
18. Коваленко О.В. Модифікація цементно-піщаних ремонтних розчинів редиспергуючим полімерним порошком. *Меліорація і водне господарство*. 2016. № 103. С. 97–102.
19. Суха будівельна суміш для гідроізоляційних робіт : пат. 64566 Україна № u 201104835 ; заявл. 19.04.2011 ; опубл.10.11.2011, Бюл. № 21.
20. Ремонтно-гидроизолирующая композиция и добавка в виде волластонитового комплекса для ремонтно-гидроизолирующей композиции, строительных растворов, бетонов и изделий на их основе : пат. 2471738 РФ № 2011128952/03 ; заявл. 12.07.2011 ; опубл.10.01.2013, Бюл. № 1.
21. Наделастичне наномодифіковане цементне гідроізоляційне покриття та спосіб його виготовлення : пат. US 9738563B1 США ; заявл. 02.06.2016 ; опубл. 22.07.2017.
22. Двокомпонентний полімерцементний водостійкий розчин білого кольору : пат. CN 105314947A Китай ; заявл. 13.11.2015 ; опубл. 10.02.2016.
23. Самоущільнювальна фібробетонна суміш : пат. 121910 Україна № u 201704850 ; заявл. 19.05.2017 ; опубл. 26.12.2017, Бюл. № 24.
24. Самоущільнювальна фібробетонна суміш : пат. 124130 Україна № u 201709466 ; заявл. 27.09.2017 ; опубл. 26.03.2018, Бюл. № 6.
25. Умемура И., Сату М., Коизуми К., Цуюки Н. Влияние микрокремнезема и суперпластификатора на гидратацию цемента при низком водоцементном отношении. *Цемент и его применение*. 2013. № 4. С. 134–138.
26. Коваленко А.В. Влияние органо-минерального модификатора на свойства цементно-песчаного раствора. *Сб. научн. трудов по мат. междунар. науч. конф. «Проблемы и инновации в области механизации и технологий в строительных и дорожных отраслях»*. Иваново : «Научный мир», 2016. Вып. №3. С. 112–116.
27. Коваленко О.В. Влияние модифицирующих добавок на свойства ремонтно-защитных сухих строительных смесей. *Сб. научных трудов Sworld*. Иваново : «Научный мир», 2015. Вып. 1(38). Т. 6. С. 95–101.

#### References

1. Bobryshev, A.A. et al. (2014). Modyfytyrovannyye poroshkovymy polymeramy otdelochnye rastvory na osnove sukhykh smesei [Finishing solutions modified with powder polymers based on dry mixtures] : monohrafiya. Penza : PHUAS. [in Russian]
2. Bazhenov, Yu.M., Koroviakov, V.F., & Denysov, H.A. (2016). Tekhnolohiya sukhykh stroytelnykh smesei [Dry mortar technology] : uchebnoye posobyе. Moskva : ASV. [In Russian]
3. Kovalenko, O.V., Dekhtiar, O.O., & Briuzghina, N.D. (2011). Polimertsementnyi rozchyn [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 56754. [in Ukrainian]
4. Kovalenko, O.V., & Vitkovskyyi, Yu.A. (2012). Polimertsementnyi rozchyn [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 72513. [in Ukrainian]
5. Kovalenko, O.V., & Krucheniuk, V.D. (2012). Polimertsementnyi rozchyn [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 75236. [in Ukrainian]
6. Kovalenko, O.V., & Krucheniuk, V.D. (2012). Polimertsementnyi rozchyn [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 76447. [in Ukrainian]

7. Kovalenko, O.V., & Krucheniuk, V.D. (2013). Polimertsementnyi rozchyn [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 76448. [in Ukrainian]
8. Kovalenko, O.V., & Krucheniuk, V.D. (2014). Polimercementnij rozchin [Polymer cement mortar]. Patent of Ukraine № 93582. [in Ukrainian]
9. Kovalenko, O.V., & Aheiev, A.O. (2014). Sukha budivelna sumish dlia remontnykh hidroizoliuiuchykh rozchyniv [Dry construction mix for repair and waterproofing solutions]. Patent of Ukraine № 93585. [in Ukrainian]
10. Kovalenko, O.V., Krucheniuk, V.D., & Aheiev, A.O. (2014). Sukha budivelna sumish dlia remontnykh hidroizoliuiuchykh rozchyniv [Dry construction mix for repair and waterproofing solutions]. Patent of Ukraine 93586. [in Ukrainian]
11. Lotarev, V.V., Moshkovskaia, S.V., & Syvkov, S.P. (2008). Sukhye stroytelnye smesy dlia ustroystva hydrozoliatsyy betonnykh konstruktsiy [Dry construction mixtures for waterproofing concrete structures]. *Tekhnika y tekhnolohiya sylykatov*, 1, 26–31. [in Russian]
12. Karapuzov, E.K., & Arefeva, M.H. (2012). Tekhnolohiya hydrozoliatsyy stroytelnykh konstruktsiy s pryemenyem polymertsementnykh smesei [Waterproofing technology of building structures using polymer-cement mixtures]. *Budivelnne vyrobnytstvo*, 53, 97–99. [in Ukrainian]
13. Karapuzov, E.K., & Arefeva, M.H. (2011). Tekhnolohycheskye osnovy pryemenyenia dvukhsostavnykh polymertsementnykh hydrozoliatsyonnykh smesei [Technological basis for the use of two-component polymer-cement waterproofing mixtures]. *Stroytelnye materyaly y yzdeyia*, 1, 27–28. [in Ukrainian]
14. Kondrashov, H.M. (2006). Korrozyonnaia stoikost betonov, modyfytsirovannykh lateksamy vynylovoho riada [Corrosion resistance of concrete modified with vinyl latexes]. *Beton y zhelezo-beton*, 5, 22–25. [in Russian]
15. Kondrashov, H.M. (2002). Nekotorye osobennosti vliyaniya dobavok vodnykh dyspersiy polymerov na stoikost tsementnykh system v khymycheskykh ahressyvnykh sredakh [Some features of the influence of additives of aqueous dispersions of polymers on the resistance of cement systems in aggressive chemical media]. *Materyaly mezhdunarodnoi konferentsyy «Dolhovechnost stroytelnykh konstruktsiy. Teoriya y praktyka»*. Volhohrad. 54–63. [in Russian]
16. Karapuzov, E.K., & Arefeva, M.H. (2011). Doslidzhennia vplyvu polimernoi skladovoi na adheziinu spromozhnist polimertsementnykh hidroizoliatsiinykh kompozytsii [Investigation of the influence of the polymer component on the adhesion capacity of polymer-cement waterproofing compositions]. *Stroytelnye materyaly y konstruktsii*, 6, 35–38. [in Ukrainian]
17. Kovalenko, O.V. (2015). Vplyv redysperhuiuchoho polimernoho poroshku Neolith P4400 na reolohichni ta fizyko-mekhanichni vlastyvy tsementno-pishchanoho rozchynu. [Influence of redispersible polymer powder Neolith P4400 on rheological and physical-mechanical properties of cement-sand mortar]. *Sb. nauchn. trudov Sworld. Yvanovo : «Nauchnyi mir»*, 3(40), 47–54. [in Ukrainian]
18. Kovalenko, O.V. (2016). Modyfikatsiia tsementno-pishchanykh remontnykh rozchyniv redysperhuiuchym polimernym poroshkom [Modification of cement-sand repair solutions with redispersible polymer powder]. *Melioratsiia i vodne hospodarstvo*, 103, 97–102. [in Ukrainian]
19. Dvorkin, L.I., Dvorkin, O.L., & Kundos, M.H. (2011). Sukha budivelna sumish dlia hidroizoliatsiinykh robot [Dry construction mix for waterproofing works]. Patent of Ukraine № 64566. [in Ukrainian]
20. Fokov, E.M., Fokov, M.E. (2013). Remontno-hydrozolyruiushchaia kompozytsiia y dobavka v vyde vollastonytovoho kompleksa dlia remontno-hydrozolyruiushchei kompozytsyy, stroytelnykh rastvorov, betonov y yzdeyia na ykh osnove [Repair and waterproofing composition and additive in the form of wollastonite complex for repair and waterproofing composition, mortars, concretes and products based on them]. Patent of Russia № 2471738. [in Russian]
21. Su, Pin Bao, Sin, Kun Lu, & Ven, TSziun Luo (2017). Nadelastychne nanomodyfikovane tsementne hidroizoliatsiine pokryttia ta sposib yoho vyhotovlennia [Nadelastic nano-modified cementitious hydro-insulating coating and method of preparationpat]. Patent of USA № US 9738563B1.
22. Shen, Heng, Wang, Hui, & Yuan, Liu Jinjing. (2016). Dvokomponentnii pol mertsementnii vodost ikii rozchin b logo koloru [Two-component polymer-cement waterproof solution of white color]. Patent of China № CN 105314947A [in China]
23. Kovalenko, O.V. & Iuziuk, O.Iu. (2017). Samoushchilniivalna fibrobetonna sumish. [Self-sealing fibroconcrete mix]. Patent of Ukraine 121910. [in Ukrainian]
24. Kovalenko, O.V. (2018). Samoushchilniivalna fibrobetonna sumish [Self-sealing fibroconcrete mix]. Patent of Ukraine 124130. [in Ukrainian]
25. Umemura, I., Satu, M., Koizumi, K., & Cuyuki, N. (2013). Vliyanie mikrokremszema i superplastifikatora na gidratiatsiyu cemente pri nizkom vodocementnom otnoshenii. [The effect of silica fume and superplasticizer on cement hydration at low water-cement ratio]. *Cement i ego primenenie*, 4, 134–138. [in Russian]



26. Kovalenko, A.V. (2016). Vliyanie organo-mineralnogo modifikatora na svoystva cementno-peschanogo rastvora. [The effect of organic-mineral modifier on the properties of cement-sand mortar]. Mezhdunarodnaja nauchnaja konferencia Problemy i inovaci v oblasti mehanizacii i tehnologij v stroitelnyh i dorozhnyh otraslyah. Ivanovo: Nauchnyj mir, 3, 112–116. [in Russian]

27. Kovalenko, A.V. (2015). Vliyaniye modifytsyruiushchykh dobavok na svoystva remontno-zashchytnykh sukhykh stroytelnykh smesei. [Influence of modifying additives on the properties of repair and protective dry building mixtures]. Sb. nauchnykh trudov Sworld. Yvanovo : Nauchnyj mir, 1(38), 6, 95–101. [in Russian]

**А.В. Коваленко**

### **Влияние рецептуры на свойства полимерцементных гидроизоляционных смесей**

**Аннотация.** Исследовано влияние площади питания растений и норм минеральных удобрений. Аннотация. Методом экспериментально-статистического моделирования исследованы технологические свойства полимерцементных смесей и физико-механические свойства полимерцементных гидроизоляционных покрытий в зависимости от их количественного состава: соотношения цемент:песок (Ц:П), водоцементного отношения (В/Ц) и содержания модифицирующих добавок. В результате реализации плана В3 и обработки экспериментальных данных получены экспериментально-статистические модели, которые выражают влияние рецептуры на свойства полимерцементных гидроизоляционных смесей и покрытий: подвижность, прочность на сжатие, прочность на изгиб, адгезионную и ударную прочность, водопоглощение. Установлено, что при постоянных значениях Ц:П и В/Ц модифицирующие добавки: редуцирующий полимерный порошок, порошковый поликарбоксилатный суперпластификатор и микрокремнезем являются важным фактором формирования структуры и свойств гидроизоляционных покрытий. Анализ моделей показал, что на подвижность полимерцементных гидроизоляционных смесей положительно влияют редуцирующий полимерный порошок и суперпластификатор, микрокремнезем действует на этот показатель негативно. Влияние модификаторов на физико-механические свойства гидроизоляционных покрытий: редуцирующий полимерный порошок и суперпластификатор негативно влияют на прочность на сжатие, микрокремнезем этот показатель повышает; редуцирующий полимерный порошок и микрокремнезем повышают прочность на изгиб, суперпластификатор действует на этот показатель негативно; все исследуемые модификаторы повышают адгезионную и ударную прочность и снижают водопоглощение. По экспериментально-статистическим моделям построены диаграммы, которые являются графическим изображением влияния рецептуры на свойства полимерцементных гидроизоляционных смесей и дают возможность определить области их рецептур с заданными свойствами.

**Ключевые слова:** полимерцементные смеси, гидроизоляционные покрытия, гидроизоляция, физико-механические свойства, технологические свойства

**O.V. Kovalenko**

### **Effect of the recipe on the properties of polymer-cement waterproofing mixtures**

**Abstract.** The technological properties of polymer-cement mixtures and the physical and mechanical properties of polymer-cement waterproofing coatings, depending on their quantitative and qualitative composition: the ratio of cement:sand (C:S), water-cement ratio (W/C) and the content of modifying additives, have been investigated using the method of experimental-statistical modeling. As a result of the implementation of B3 plan and the processing of experimental data, experimental statistical models were obtained that express the effect of the recipe on the properties of polymer-cement waterproofing mixtures and coatings: mobility, compressive strength, bending strength, adhesion and impact strength and water absorption. It was found that having the constant values of C:S and W/C modifying additives, namely redispersing polymer powder, powder polycarboxylate superplasticizer and microsilica are an important factor in the formation of the structure and properties of waterproofing coatings. The analysis of the models showed that the redispersing polymer powder and superplasticizer have a positive effect on the mobility of polymer-cement waterproofing mixtures, while silica fume has a negative effect on this indicator. The effect of modifiers on the physical and mechanical properties of waterproofing coatings is following: redispersing polymer powder and superplasticizer have a negative effect on the compressive strength, while microsilica increases this indicator; redispersing polymer powder and microsilica increase the flexural strength, while the superplasticizer has a negative effect on this indicator; all investigated modifiers increase adhesion and impact strength and decrease water absorption. Based on experimental-statistical models, diagrams were constructed, which are a graphical representation of the effect of the recipe on the properties of polymer-cement waterproofing mixtures, which enables to determine the areas of the recipe use with specified properties.

**Key words:** polymer-cement mixtures, waterproofing coatings, waterproofing, physical and mechanical properties, experimental and statistical models