

УДК 691.175:666.96+541.1

*Пушкарьова К.К., доктор техн. наук, професор,  
Суханевич М.В., канд. техн. наук, доц.,  
Бондар К.В., аспірант  
Київський національний університет будівництва і  
архітектури, м. Київ, Україна*

## ВПЛИВ ПОЛІМЕРНИХ ДОБАВОК НА ФІЗИКО-МЕХАНІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ ГІДРОІЗОЛЯЦІЙНИХ ПОКРИТТІВ

У статті досліджено ефективність використання золомістких в'язучих речовин, модифікованих комплексними добавками для отримання гідроізоляційних покриттів з покращеними експлуатаційними характеристиками.

**Ключові слова:** гідроізоляційні матеріали, водопоглинання, полімерні добавки.

### ВСТУП

Влаштування гідроізоляції – це найбільш складний і відповідальний вид робіт. Тільки системний, комплексний підхід, який включає в себе масштабне дослідження споруд, може забезпечити надійність і довговічність рішення «матеріал-конструкція-технологія-експлуатація» з урахуванням всіх факторів впливу, як на споруду в цілому, так і на окремі його елементи.

Для досягнення поставленої мети використовують цементні, полімерні і цементно-полімерні матеріали, що наносяться на основу методом обмазування, оштукатурювання, ін'єктування, просочування [1].

З усіх існуючих матеріалів найбільший інтерес викликають гідроізоляційні цементно-полімерні композиції, що використовують для підвищення водонепроникності поверхонь підземних та наземних бетонних конструкцій за рахунок їхньої сумісності з основою і найбільшим терміном експлуатації при правильному нанесенні та експлуатації.

Механізм дії гідроізоляції полягає у наданні водонепроникності існуючим бетонним конструкціям. Він може бути досягнутий використанням гідроізоляції проникної дії, механізм роботи якої полягає у хімічній реакції активних реагентів (пенетратів) гідроізоляції із вільним вапном (гідроксидом кальцію) і капілярною водою в бетоні.

Крім того, для захисту будівельних конструкцій використовують гідроізоляційні покриття, які наносять на поверхню тонким штукатурним шаром і виконують подвійну функцію - захист від прямого впливу води (безпосередня гідроізоляція) та оздоблення поверхні (штукатурна гідроізоляція).

Оскільки будь-який будівельний об'єкт є індивідуальним, тому конкретно для кожного необхідно підібрати оптимальний вид гідроізоляції. Але найчастіше використовують декілька видів матеріалів з метою підвищення ефективності захисту конструкції від дії води.

### МЕТА РОБОТИ

Метою даної роботи є розробка рецептури та дослідження експлуатаційних властивостей гідроізоляційних матеріалів на основі композиційних цементів, модифікованих комплексними добавками, що наносяться на основу методом оштукатурювання.

Використання у якості цементної складової гідроізоляційних покриттів композиційних цементів, що містять відходи виробництва – золи та шлаки, дозволить вирішити екологічні проблеми України, пов'язані з використанням відходів промисловості, та покращити експлуатаційні властивості гідроізоляційних матеріалів за рахунок направленої формування у складі продуктів гідратації низькоосновних гідросилікатів кальцію та цеолітоподібних новоутворень, що зумовлюють підвищену довговічність матеріалів.

Застосування полімерних добавок у вигляді сухих порошків дозволить покращити експлуатаційні та технологічні властивості матеріалу – знизити водопоглинання, підвищити морозостійкість та водонепроникність, покращити адгезію покриття до бетонної основи. Процес відбувається зарахунок утворення пружних прошарків полімеру між кристалічними новоутвореннями мінерального в'язучого матеріалу, який адсорбується на поверхні частинок заповнювача і завдяки високій адгезії збільшує міцність і деформативність матеріалу при розтягу на згині.

Враховуючи зазначене необхідно дослідити ефективність сумісної роботи полімерних добавок і композиційних (золімістких) цементів і визначити оптимальний вміст полімерів різного хімічного складу, що традиційно використовуються в технології сухих будівельних сумішей для гідроізоляційних покриттів.

### МЕТОДИ І ОБ'ЄКТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент марки ПЦ-І М 500, золу-вінесення Ладжинської ТЕС, природний цеоліт (клиноптилоліт) Сокирницького родовища різного ступеня аморфізації структури, полімерні добавки різного складу та кварцовий пісок (фракція >0,63).

Склад золімісткого цементу змінювали шляхом введення до портландцементу різної кількості меленого доменного гранульованого шлаку або золи-вінесення (від 20 до 40%). Добавку меленого цеоліту вводили у готову золо або шлакомістку композицію у кількості 5, 10 і 15% від маси.

З метою створення штукатурної гідроізоляційних матеріалів композиційні цементні модифікували полімерними добавками європейського виробництва, які традиційно застосовують в цементних системах для створення гідроізоляційних матеріалів, їх склад наведено в таблиці 1. Добавки вводили до складу в'язучої композиції у кількості 1% по масі.

Таблиця 1 -Хімічний склад полімерних добавок

№	Найменування добавки	Хімічний склад добавки
1	Vinataps	Сополімер вінілацетату й етилену
2	Ca-stearat	Ca-сіль стеаринової кислоти
3	Elotex Seal	Сополімер вінілацетату й етилену
4	Elotex	Сополімер вінілацетату й етилену
5	Oleat Na	Na-сіль олеїнової кислоти
6	Dow	Сополімер вінілацетату й етилену

Сировинну суміш для одержання гідроізоляційних покриттів готували змішуванням модифікованої в'язучої речовини і піску крупністю менше 0,63 мм у співвідношенні 1:1,5. Кількість води підбирали виходячи з необхідності одержання рухомих сумішей, що легко наносяться на поверхню бетону і мають достатню розтічність. З урахуванням цих вимог водоцементне відношення встановлювали на рівні В/Ц=0,45...0,5.

Міцність цементно-піщаних розчинів визначали на зразках 2x2x2 см у віці 1...28 діб після твердіння в нормальних умовах.

Покриття, нанесене на цементно-піщану основу товщиною 2-3 мм, витримували 3 доби у воді, потім 3 доби на повітрі, а далі випробовували на міцність та на водопоглинання згідно з ДСТУ-Б.В.2.7-126:2011. Міцність покриттів досліджували з використанням приладу – склерометра ОМШ-1 за попередньо встановленою градуированою залежністю, а водопоглинання - з використанням трубки Карстена. У якості порівняльного складу використано відому на ринку України штукатурну гідроізоляцію Ceresit CR-65.

## РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Попередніми дослідженнями [2] показано, що із композиційних цементмістких композицій (шлако-, золо- та золо-шлакових), модифікованих природним цеолітом різного ступеня аморфізації структури, найбільшою величиною міцності при стиску у ранньому віці, характеризуються шлакомісткі цементи, модифіковані добавками випаленого цеоліту, а із композицій, модифікованих природним цеолітом – золомісткі цементи.

З розглянутих композиційних цементів для одержання гідроізоляційних покриттів проникної дії найкращі властивості показали шлакомісткі цементні системи за рахунок кращої взаємодії цементної матриці з добавками солей електролітів. Після нанесення покриттів на бетонну основу саме шлакомісткі в'язучі системи, модифіковані цеолітами, характеризуються найнижчими показниками водопоглинання, причому ця тенденція зберігається досить довгий час - до 360 діб. Відмічено високу довговічність покриттів порівняно зі складами порівняння, що також підтверджує їхню ефективність [3,4]. Наявність у складі цементу добавок шлаку та цеоліту дозволяє сформувати у складі продуктів гідратації підвищену кількість нерозчинних сполук, в т.ч. низькоосновних гідросилікатів кальцію та лужних гідроалюмосилікатів – аналогів анальциму.

З метою розширення номенклатури гідроізоляційних покриттів були проведені випробування з використання цементвміщуючих систем, модифікованих добавками природних цеолітів та полімерними добавками. Дослідження впливу полімерних добавок на фізико-механічні та експлуатаційні властивості в'язучих систем показали, що для гідроізоляційних покриттів, що наносяться оштукатурюванням шаром товщиною 2...3 см, найбільш ефективними є золомісткі композиції [2].

Оскільки полімерні добавки утворюють пружні прошарки між зернами кристалічних новоутворень мінерального в'язучого матеріалу, адсорбуючись на поверхні частинок заповнювача, то наявність кулькоподібних дисперсних частинок золи в складі в'язучого підсилює дію полімеру у напрямку кольматації пор, зниження водопоглинання і водонепроникності матеріалу. Крім того, в системі «цемент-зола-цеоліт» відбувається насичення алюмінатною фазою продуктів гідратації, які також відповідають за синтез ранньої міцності покриттів [5].

Дослідження міцності золомістких цементно-піщаних розчинів, модифікованих добавкою випаленого (а) та природного цеоліту (б), представлені на рис.1.

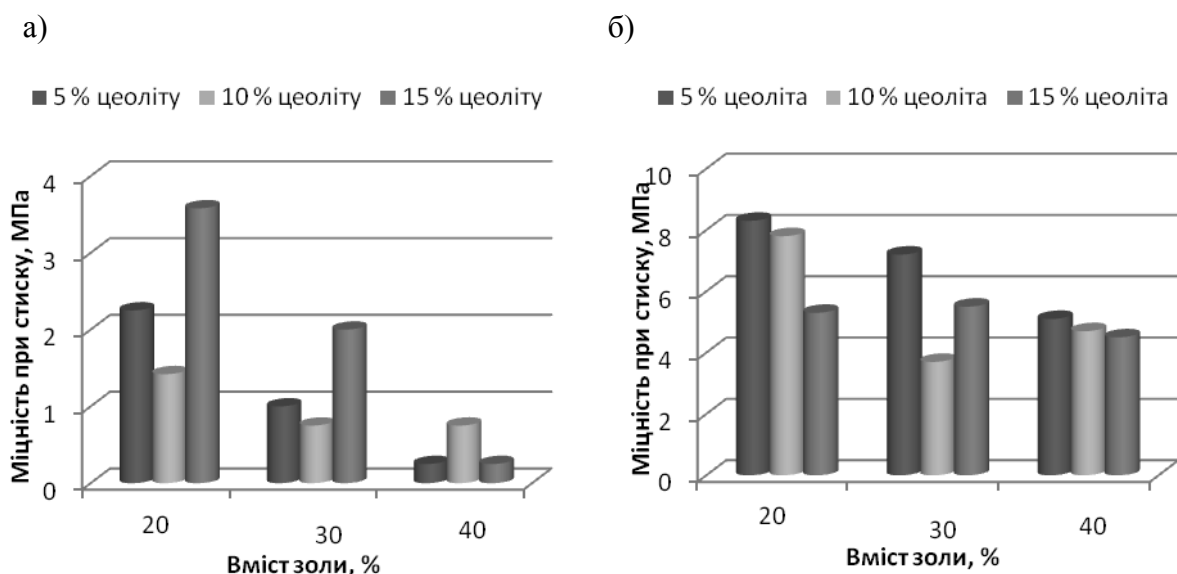


Рисунок 1 - Зміна міцності при стиску золомістких цементів, модифікованих добавкою випаленого (а) та природного цеоліту (б) на першу добу твердіння

Аналіз наведених даних свідчить про доцільність модифікації золю цементних композицій добавками природного цеоліту, причому максимальними показниками ранньої міцності характеризуються зразки на основі золомістких цементів, що містять 70 % портландцементу, 30 % золи-винесення та 5 % природного цеоліту, при цьому міцність на 1 добу твердіння становить 7,2 МПа.

Отже, для подальших досліджень вибрано золомістку композицію на основі природного цеоліту як з точки зору високих фізико-механічних показників, так і зниженої вартості за рахунок усунення енергозатратної технології випалу.

Для покращення властивостей гідроізоляційних сумішей до підбраного складу золоцементної суміші вводили у різних кількостях полімерні добавки, склад яких наведено в таблиці 1. У якості порівняльного складу було використано гідроізоляційну суміш Ceresit CR-65, що наносять шляхом штукатурення поверхні.

Дослідження кінетики набору міцності золомістких цементно-піщаних розчинів, модифікованих різними полімерними добавками, представлені на рис. 2.

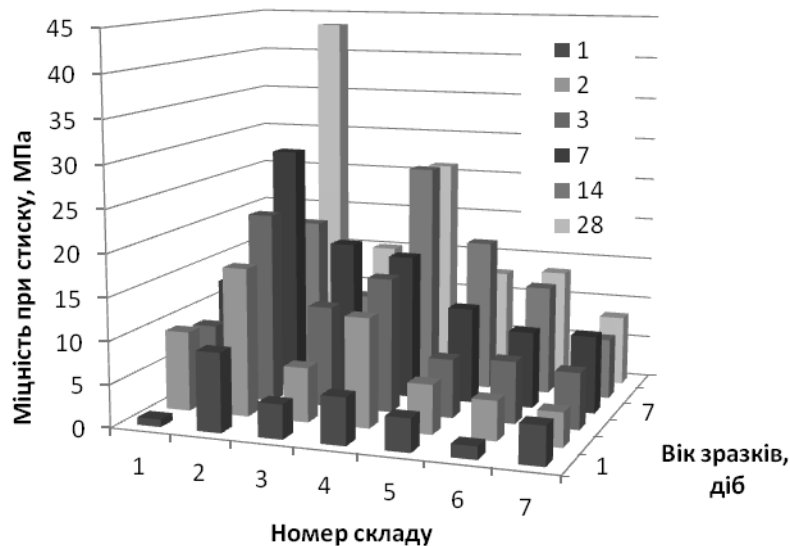


Рисунок 2 - Границя міцності при стиску золомістких цементів, модифікованих полімерними добавками:

- 1) Vinataps; 2) Castearats; 3) Elotex SEAL; 4) Oleat Na; 5) Dow; 6) Elotex;
- 7) склад порівняння (Ceresit CR-65)

Аналіз отриманих даних свідчить, що оптимальною міцністю як на 1 добу (9,25; 5,5 МПа), так і на 28 добу твердіння (43,5; 26,1 МПа), характеризуються зразки на основі золомістких цементів, модифіковані двома полімерними добавками Castearats та Oleat Na відповідно.

Результати досліджень отриманих покриттів, нанесених на бетонні зразки, після визначення їхньої міцності та водопоглинання підтверджують ефективність використання для золомістких систем саме добавок Castearats та Oleat Na (рис. 3).

Одним із способів покращення фізико-механічних властивостей композиційних матеріалів, в тому числі і штукатурних розчинів, є створення матеріалів оптимальної структури на основі цементу, заповнювача «ідеальної» гранулометрії, наповнювача та хімічних добавок. Під «ідеальним» розуміють такий заповнювач, який характеризується найменшою міжзерновою пористістю при мінімальній поверхні частинок заповнювача. Найбільш простим і зручним є рівняння Фуллера, згідно якого оптимальна гранулометрія заповнювача представлена у вигляді параболи.

У загальному вигляді гранулометричний склад дрібного заповнювача для штукатурних розчинів повинен відповідати наступним вимогам: масова частка зерен розміром від 0 до 0,25 мм повинна знаходитися в інтервалі 10-30%, а велика фракція повинна міститися в заповнювачі в достатній кількості.

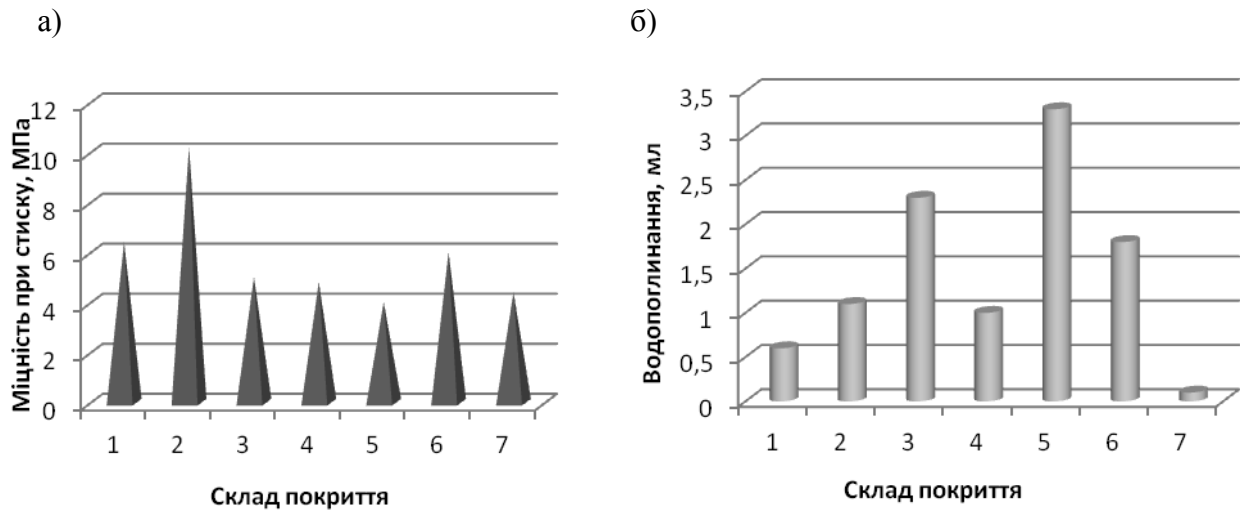


Рисунок 3 - Міцність при стиску (а) та водопоглинання (б) покриттів на основі золімісткого в'язучого матеріалу, модифікованого полімерними добавками: 1) Vinataps; 2) Castearats; 3) Elotex SEAL; 4) Oleat Na; 5) Dow; 6) Elotex; 7) склад порівняння (Ceresit CR-65)

Наповнення матриці цементного в'язучого матеріалу активними мінеральними добавками не тільки підвищує міцнісні та деформаційні характеристики матеріалу, але й сприяє направленому формуванню макро- і мікроструктури цементної матриці. Тонкодисперсний мінеральний компонент – зола-виношення- виступає в ролі мікронаповнювача в цементному в'язучому, утворюючи при цьому мікрокаркас і мікробетонну структуру самого матеріалу [6].

Крива Фуллера, побудована для фракції піску 0,63 та 1,25 (рис. 4).

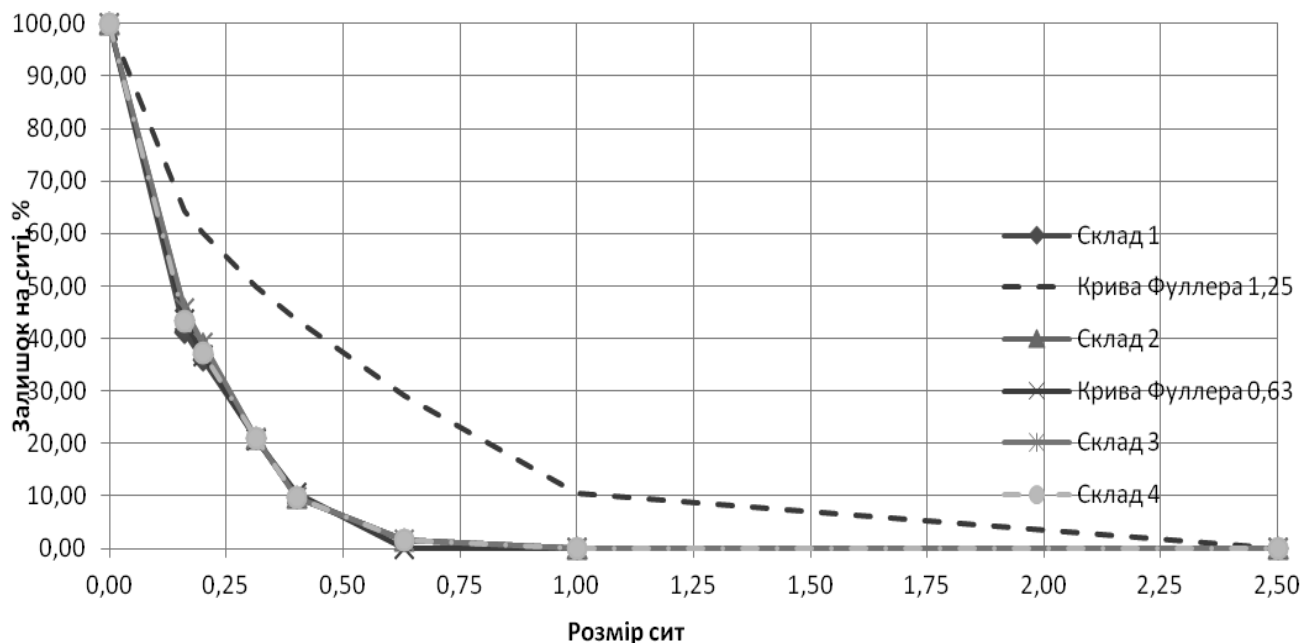


Рисунок 4 - «Ідеальна» крива гранулометричного складу сухої суміші золімістких в'язучих композицій по Фуллеру

На основі проведених дослідів (рис. 4, табл. 2) було підібрано чотири склади композицій, що наближені до «ідеальної» кривої. До цих складів було введено полімерні добавки Castearats та Oleat Na та досліджено кінетику нарощування міцності цементно-піщаних розчинів, водопоглинання та міцність покриттів.

Таблиця 2 - Склади гідроізоляційного розчину, підібрані за гранулометричною кривою Фуллера

№ складу	Витрата компонентів, г							
	П/Ц	зола	цеоліт	пісок			полімерні добавки	
				0 - 0,16	0,16 – 0,315	1,25 – 2,5	Oleat Na	Castearats
1	182	78	14	140	70	216	-	0,014
2	157,5	67,5	14	140	105	216	-	0,014
3	133	57	14	175	105	216	-	0,014
4	157,5	67,5	35	154	70	216	-	0,014
5	182	78	14	140	70	216	0,007	-
6	157,5	67,5	14	140	105	216	0,007	-
7	133	57	14	175	105	216	0,007	-
8	157,5	67,5	35	154	70	216	0,007	-

Дослідження кінетики набору міцності золомістких цементно-піщаних розчинів, модифікованих полімерними добавками, підібраних за кривою розсіву, представлені на рис. 5.

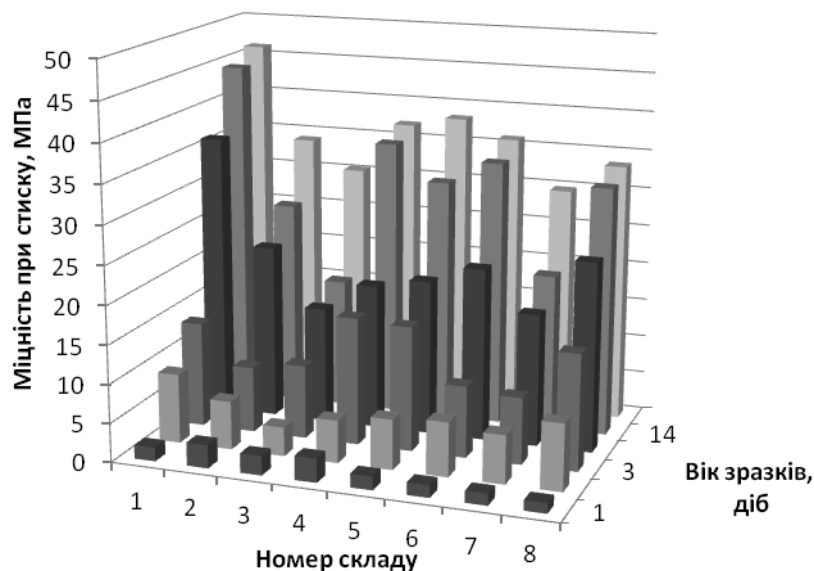


Рисунок 5 - Границя міцності при стиску золомістких цементів, підібраних за кривою розсіву, модифікованих полімерними добавками (номер складу - за таблицею 2)

На першу добу, порівнянно з іншими складами, найкращі показники показав склад №4 з добавкою Castearats – 1,8 МПа та склад №5, з добавкою Oleat Na – 1,75 МПа; а на 28 добу найкращу міцність показав склад №1 – 44, 5 МПа та склад №6 – 34,3 МПа.

Аналіз отриманих даних свідчить, що найменшою величиною водопоглинання (рис. 6 б) з достатньою високою міцністю (рис. 6 а) характеризуються покриття на основі золомісткого в'язучого матеріалу, модифікованого полімерними добавками Castearats (склад №1) та Oleat Na (склад №5), міцність яких становить – 9,2 та 7,2 МПа, а величина водопоглинання складає – 0,6 та 0,5 мл відповідно.

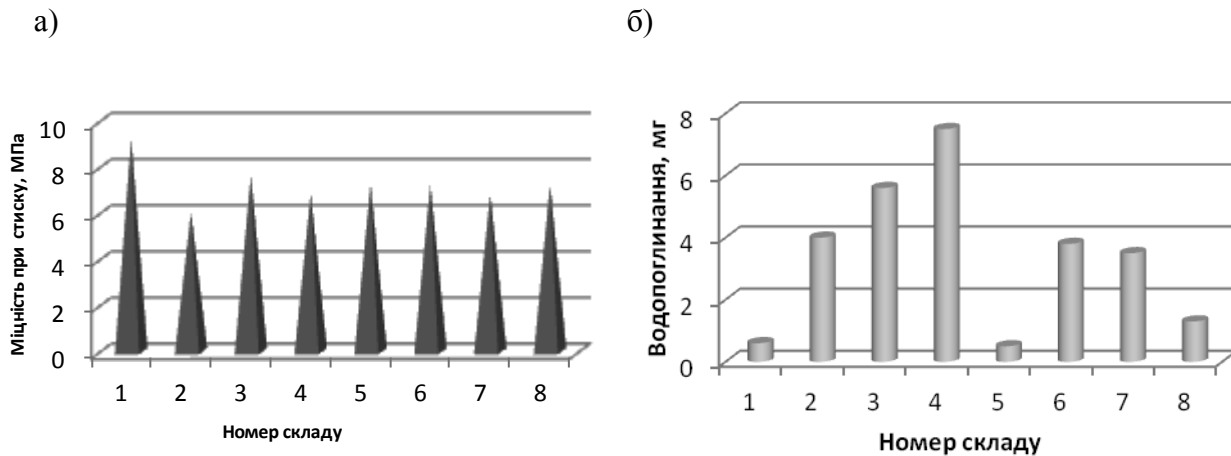


Рисунок 6 - Міцність при стиску (а) та водопоглинання (б) покриттів на основі золомісткого в'язучого матеріалу підібраного за кривою розсіву, модифікованого полімерними добавками (номер складу – за таблицею 2)

Розроблені штукатурні покриття відповідають всім вимогам, що висувуються до штукатурної гідроізоляції за ДСТУ Б В.2.7-126:2011 і не поступають аналогам, представленим на ринку України.

Розроблені гідроізоляційні штукатурні розчини можуть бути використані при влаштуванні штукатурної гідроізоляції стін підвалів житлових та громадських будівель. Використання золоцементної в'язучої речовини, модифікованої полімерними добавками в складі сухої будівельної суміші дозволить заощаджувати матеріально-енергетичні ресурси, в тому числі знизити витрати портландцементу до 20...40 %, а використання таких сумішей у народному господарстві сприятиме покращенню екологічної ситуації (як за рахунок зменшення викидів вуглекислого газу в атмосферу, так і широкого використання відходів енергетики).

### ВИСНОВКИ

Розроблено гідроізоляційні розчини для бетонних конструкцій, що наносять методом оштукатурювання на основі золомістких цементів. Оптимальний склад в'язучої системи містить 70 % портландцементу, 30 % золи-винесення та додатково 5 % природного цеоліту.

Визначено, що найбільш ефективними для золоцементних композицій, модифікованих природним цеолітом, є полімерні порошки – Са-сіль стеаринової кислоти (Castearats) та Na-сіль олеїнової кислоти (Oleat). Використання полімерних добавок у складі гідроізоляційного покриття дозволяє отримати матеріали з достатньою високою міцністю: 9,2 та 7,2 МПа відповідно, та найменшою величиною водопоглинання – 0,6 та 0,5 мл відповідно.

Підібрано склади сухих будівельних сумішей з використанням кривої Фуллера та досліджено їхні основні властивості.

ЛІТЕРАТУРА

1. Современные гидроизоляционные материалы / Войтов А.И., Козачук В.Л., Лайкин В.В., Шкуратовский А.А. - Киев: АО "Мастера", 2006. - 192 с.
2. Особливості процесів структуроутворення в'язучих речовин, модифікованих цеолітами, та передумови їх використання для одержання гідроізоляційних матеріалів / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В. // Казантип-Еко-2011. Іновационные пути решения актуальных проблем базовых отраслей, экологии, энерго- и ресурсосбережения: сборник трудов XIX Международной научно-практической конференции. – Харьков: УкрГНТЦ «Энергосталь», 2011 – Том III. – С. 306-312.
3. Гідроізоляційні покриття проникної дії з покращеними експлуатаційними властивостями / Пушкарьова К.К. Суханевич М.В., Бондар К.К.// Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди, з.н.п., вип. 22, Рівне.- 2011.- С. 125-131.
4. Покращення експлуатаційних властивостей бетонних споруд за рахунок використання гідроізоляційних матеріалів / Пушкарьова К.К., Суханевич М.В., Бондар К.В. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка.- вип.44.- 2012.- С 10-14.
5. Соломатов В.И., Бобрышев А.Н., Химлер Н.Г. Полимерные композиционные материалы в строительстве. М.: Химия, 1988. -309 с.
6. Рунова Р.Ф., Носовский Ю.Л. Особенности применения минеральных вяжущих в сухих строительных смесях // Сб. трудов 2-й Международной конференции «Современные технологии сухих строительных смесей в строительстве». СПб, 2000. -С. 16.