

УДК 691.53

*Дворкін Л.Й., доктор технічних наук, професор,
Гарніцький Ю.В., кандидат технічних наук, доцент,
Марчук В.В., аспірант,
Риженко І.М., кандидат технічних наук,
Скипенко Ю.О., магістрант
Національний університет водного господарства та
природокористування, м. Рівне*

СУХІ БУДІВЕЛЬНІ СУМІШІ ДЛЯ ПОРИЗОВАНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ ЗОЛОВМІСНИХ В'ЯЖУЧИХ НИЗЬКОЇ ВОДОПОТРЕБИ

Для підвищення тепло- та звукоізоляції будівель, усунення містків холоду в кладці з легких блоків, влаштування теплих підлог доцільно застосовувати цементні розчини з пониженою середньою густиною. Для цього до їх складу вводять легкі заповнювачі (спучений перлітовий чи вермикулітовий пісок), або застосовують добавки-поризатори. Останній шлях, як правило, більш доцільний як з економічного, так і з технологічного боку, враховуючи підвищену вартість легкого піску та складності з перемішуванням розчинів на легких заповнювачах. Тому сьогодні поризовані розчини набувають все більш широкого використання у будівництві. Однак їх міцність часто буває недостатньою (марки не вище М50...М75), до того ж для її забезпечення необхідна підвищена (до 500 кг/м³) витрата портландцементу.

Для досягнення високої міцності при достатній рухомості розчинової суміші можна використовувати високоактивні пластифіковані цементи, наприклад золівмісні в'язучі низької водопотреби (ВНВ), запропоновані в роботі [1]. Такі в'язучі відносяться до малоклінкерних (вміст цементного клінкеру 40...50%), що суттєво знижує їхню собівартість. Їх можна виготовляти сумісним помелом клінкеру чи товарного цементу із золою-виносу та добавкою - поліфункціональним модифікатором (ПФМ), до складу якої входять суперпластифікатор та інтенсифікатор помелу. Введення останнього компонента дозволяє досягти високої дисперсності в'язучого (550...700 м²/кг) при незначному підвищенні енергоємності помелу. Для створення пористої структури можна використати відомі добавки-поризатори для сухих будівельних сумішей, наприклад, системи UFAPORE, а для подальшого зниження густини – золу-виносу у якості заповнювача розчинів. Такі розчини, призначені для мурування, штукатурення чи влаштування «теплих» підлог, доцільно виготовляти у вигляді готових до використання сухих будівельних сумішей (СБС), які в необхідній кількості можна швидко приготувати безпосередньо на будівельному майданчику.

Тому **мета роботи** полягала в експериментальному доведенні можливості отримання поризованих розчинів на основі сухих будівельних сумішей з використанням модифікованих золівмісних ВНВ, а також дослідженні впливу на міцність та середню густину таких розчинів факторів їх складу.

Як вихідні матеріали для проведення досліджень застосовували:

- як компонент ВНВ - портландцемент ПЦ ІІ/А-Ш-500, який містить 20% доменного гранульованого шлаку, виробництва ПАТ «Волинь-Цемент», та має наступний мінералогічний склад клінкеру: C₃S – 57,1%; C₂S – 21,27%; C₃A – 6,87%; C₄AF – 12,19%;
- золу-виносу Бурштинської ТЕС в якості компонента ВНВ та заповнювача розчинів;
- кварцовий пісок з M_к=1,9 Славутського кар'єру (Хмельницька обл.) – як заповнювач розчинів;

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

- в якості добавок – компонентів поліфункціонального модифікатора ВНВ - суперпластифікатор полікарбоксилатного типу SikaVC125, та інтенсифікатор помелу – пропіленгліколь;

- як добавку-поризатор розчинів – повітровтягувальну добавку – піноутворювач UFAPORE CC85 виробництва фірми Bang & Bonsomer концерну Mapei, яка є сумішшю аніоноактивних ПАР.

Хімічний склад мінеральних компонентів ВНВ наведений в табл. 1

Таблиця 1 - Хімічний склад мінеральних компонентів ВНВ

	Вміст оксидів, %								в.п.п.
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	R ₂ O	SO ₃	CaO _в	
клінкер	22,47	5,26	4,07	66,18	0,62	0,29	0,36	0,32	-
шлак	22,47	5,26	4,07	66,18	0,62	0,29	0,36	0,32	-
зола	84,5 (разом)			2,1	2,0	1,2	2,3	2,5	5,1

В'яжуче виготовляли спільним помелом портландцементу, золи-виносу та ПФМ у кульовому млині, де в якості мелючих тіл було використано циліпібс. З урахуванням речовинного складу портландцементу склад отриманого в'яжучого був наступний: клінкер 50%, шлак 12%, зола-виносу 38%, ПФМ – 0,7%. Питома поверхня отриманого в'яжучого коливалась в межах 542...565 м²/кг, нормальна густина становила НГ=18%, активність у віці 28 діб - 55...58 МПа.

У ході досліджень виготовляли розчини на основі ВНВ, де в якості заповнювача використовували золу-виносу та кварцовий пісок. Рухомість розчинів становила 180 мм за розпливом на віскозиметрі Суттарда. Для розчинової суміші визначали водов'язуче та водотвердне відношення, яке забезпечує необхідну рухомість. Для отриманих розчинів - середню густина та міцність на стиск зразків-кубів з ребром 70,7 мм, які тверднули у повітряно-сухих умовах у віці 3 та 28 днів згідно [2]. Основні експериментальні результати досліджень поризованих розчинів на основі зольного ВНВ наведені в таблиці 2.

Таблиця 2 - Властивості поризованих розчинів на основі зольного ВНВ

№ з/п	Заповнювач розчину (Зп)	ВНВ : Зп	Витрата пороутворювача, % СБС	Густина ρ ₀ , кг/м ³	$\frac{B}{ВНВ}$	$\frac{B}{ВНВ + 3п}$	Міцність на стиск у віці, МПа	
							3 доби	28 діб
1	Зола-виносу	1:1	0,08	1290	0,5	0,25	9,7	17,8
2		1:1	0,11	1170	0,47	0,24	5,2	14,3
3		1:2	0,04	1300	0,47	0,16	4,7	18,8
4		1:2	0,08	1250	0,63	0,21	4	12,3
5		1:2	0,11	1210	0,51	0,17	7,7	17,2
6		1:3	0,04	1390	0,5	0,13	8,2	13,2
7	Пісок	1:1	0,08	1470	0,38	0,19	7,1	20,1
8		1:1	0,11	1310	0,32	0,16	10,5	17,6
9		1:2	0,04	1520	0,36	0,11	5,6	24,2
10		1:2	0,08	1450	0,38	0,13	10,5	17,0
11		1:3	0,04	1600	0,4	0,1	7,7	15,3

Аналізуючи отримані дані, можна відмітити, що поризація розчинів помітно збільшує їх рухомість. Водопотреба розчинових сумішей для досягнення необхідної легкоукладальності суттєво зменшується при збільшенні кількості добавки-пороутворювача, але до певної межі, яка залежить від середньої густини отриманої розчинової суміші та співвідношення «в'яжуче : заповнювач» (рис.1)

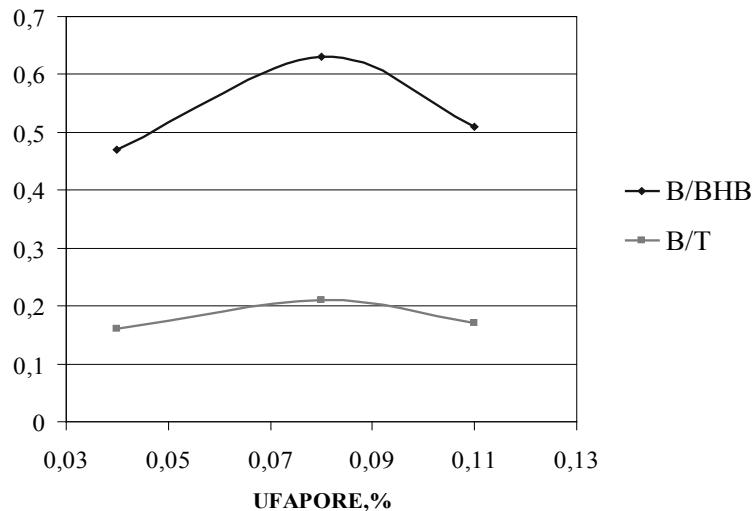


Рисунок 1 - Залежність водов'язучого та водотвердого відношення від вмісту добавки-пороутворювача при однаковій рухомості розчинової суміші (ВНВ : Зола – 1 : 2)

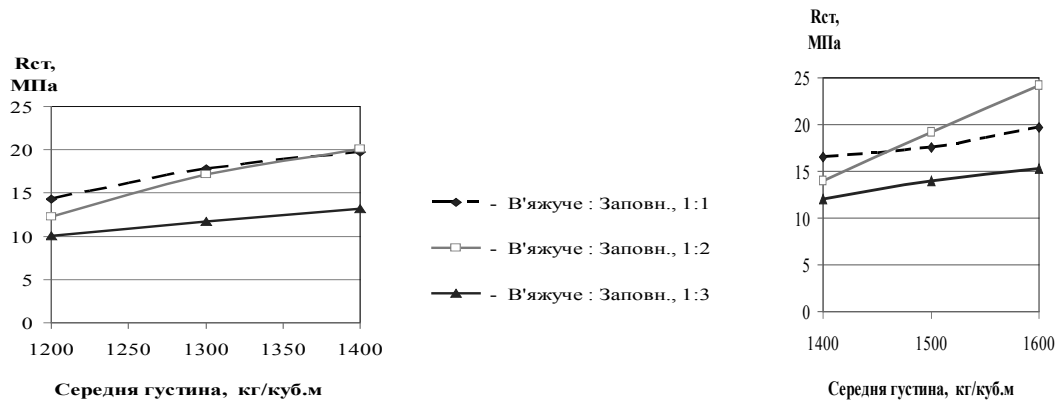
При однаковому вмісті пороутворювача зменшення співвідношення «ВНВ : Заповнювач» від 1 : 1 до 1 : 2 незначно зменшує водопотребу розчинової суміші, у якій заповнювачем є зола-виносу. При цьому водов'язуче відношення навіть дещо збільшується. Подальше зменшення співвідношення «ВНВ : Заповнювач» до 1 : 3 помітно зменшує водопотребу та водов'язуче і водотвердне відношення.

Заміна заповнювача на кварцовий пісок суттєво зменшує водопотребу та збільшує рухомість розчинової суміші. Зниження водопотреби при цьому пропорційне збільшенню кількості добавки-пороутворювача та вмісту заповнювача в суміші за інших рівних умов.

Аналізуючи міцність поризованих розчинів, слід зауважити, що як і слід було очікувати, вона залежить, у першу чергу, не від водов'язучого відношення, а від пористості розчину (рис.2), яку можна оцінити за середньою густиною.

Із збільшенням середньої густини міцність розчину зростає незалежно від складу розчину та виду заповнювача. Для суміші на основі ВНВ та золи-виносу характерна середня густина розчинів 1200...1400 кг/м³ та міцність 13...20 МПа. При цьому збільшення густини з 1200 до 1300 кг/м³ супроводжується ростом міцності на 20...25 %, при співвідношенні суміші «в'язуче : заповнювач» = 1:1, подальше збільшення середньої густини не призводить до суттєвого підвищення міцності. Така ж залежність спостерігається за умови використання в якості заповнювача суміші кварцового піску, в цьому випадку отримують розчини міцністю 15...24 МПа. В свою чергу для цементно-піщаних сумішей середня густина збільшується до 1310...1600 кг/м³. Поризовані розчини складу ВНВ : Зп = 1:2 при збільшенні густини від 1210 до 1450 кг/м³ характеризуються лінійним збільшенням міцності на 60...70%, максимальним значенням – 20 МПа та 24 МПа для заповнювачів золи-виносу та піску – відповідно. При збільшенні вмісту заповнювача (ВНВ : Зп = 1:3) маємо лінійне зменшення міцності при однаковій

густині на обох видах заповнювачів.



а) б)
Рисунок 2 - Вплив середньої густини на міцність поризованих розчинів на основі модифікованих золовмісних ВНВ

(а – заповнювач – зола-виносу; б – заповнювач – кварцовий пісок)

Середню густину рочинів можна регулювати, змінюючи вміст поризатора та співвідношення «в'язуче : заповнювач» (рис. 3).

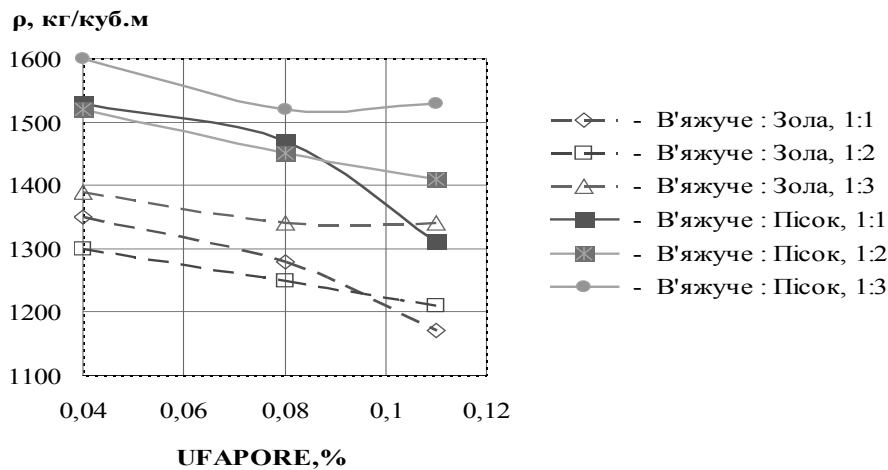


Рисунок 3 - Вплив вмісту пороутворювача UFAPORE CC85 та заповнювача на середню густину поризованих розчинів на основі модифікованих золовмісних ВНВ

Зрозуміло, що збільшення вмісту пороутворювача зменшує густину розчину, втім після певної межі (приблизно 0,1% від маси сухої суміші) ефект стає нестабільним. Подальше зменшення густини при використанні прийнятого поризатора неможливе. Очевидно слід використовувати добавки з більш інтенсивним піноутворенням, хоча при цьому можна очікувати негативного їх впливу на кінетику твердіння та міцність розчинів.

На основі отриманих експериментальних даних (табл.2) були запропоновані склади сухих будівельних сумішей для поризованих розчинів марок М100...М200 з використанням золовмісного ВНВ (табл.3).

Таблиця 3 - Рекомендовані склади поризованих розчинів на основі ВНВ

№ з/п	Марка розчину	Середня густина, кг/м ³	Вид заповнювача	Витрата, кг, на 1 т СБС			Витрата води при замішуванні, л
				В'язучого	Заповнювача	Поризатора UFAPORE	
1	М200	1500	пісок	285	715	0,4...0,5	100...120
2		1300	зола	350	650	0,4...0,5	140...150
3	М150	1350	пісок	310	690	0,9	110...130
4		1250	зола	300	700	1,1	160...170
5	М100	1200	зола	260	740	0,9...1,0	130...150

Одним із критерієм ефективності використання цементу в розчинах та бетонах може бути відношення витрати цементного клінкеру в 1 м³ розчину до його міцності (кг/МПа) [3]. При використанні ВНВ цей показник суттєво зменшується, оскільки вміст клінкеру у в'язучому становить лише 40...50%. Для запропонованих складів даний коефіцієнт лежить в межах 7...13 (рис. 4), що свідчить про високу ефективність використання даних в'язучих.

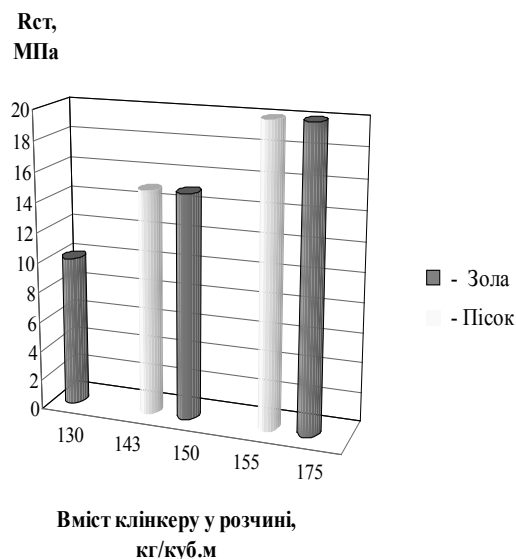


Рисунок 4 - Залежність міцності на стиск поризованих розчинів на основі золовмісного ВНВ від вмісту цементного клінкеру у суміші

Висновок: виконані дослідження показали, що золовмісне ВНВ доцільно використовувати у якості в'язучого сухих будівельних сумішей для поризованих розчинів, зокрема для улаштування прошарків підлог, теплоізоляційних штукатурних сумішей, мурувальних розчинів. За умови використання в якості заповнювача золи-виносу міцність становила 15...20 МПа при середній густині 1200...1400 кг/м³ та понад 20 МПа з середньою густиною розчинів 1350...1550 кг/м³ при використанні кварцевого піску. Для досягнення вказаної середньої густини вміст у сухій суміші пороутворювача UFAPORE СС 85 повинен становити 0,04...0,11%.

Економічна доцільність використання золівмісних ЦНВ у СБС також не викликає сумнівів. Виготовлення в'язучого включає лише одну додаткову операцію – тонкий помол, максимальна енергоємність якого не перевищує 50кВт·год/т цементу і зменшується при використанні сучасних типів млинів - вібраційних, валкових, струменевих. Для отримання 1 кВт·год електроенергії на електростанціях України затрачається близько 0,35 кг умовного палива, енергозатрати на отримання клінкеру становлять понад 120 кг ум.п./т для заводів сухого способу та близько 240 кг для заводів мокрого способу [3]. При економії 50% клінкеру зменшення енергозатрат на його отримання складе до 120 кг ум.п./т, а збільшення затрат на помел – 20 кг ум.п. Таким чином, зменшення енергозатрат може скласти до 100 кг ум.п./т цементу.

ЛІТЕРАТУРА

1. Дворкін Л.Й. та ін. Золівмісні цементи низької водопотреби. Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. Збірник наукових праць. – Рівне, 2012. Вип. 23.- С. 42-48.
2. ДСТУ-П Б В.2.7-126:2006. Суміші будівельні сухі модифіковані. Загальні технічні умови.
3. Дворкин Л.И. Снижение расхода цемента и топлива в производстве сборного железобетона. - Киев: Вища школа, 1985. 195 с.