

**УДК 666.97**

**ОЦІНКА ЕФЕКТИВНОСТІ ВПЛИВУ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК НА МІЦНІСТНІ ВЛАСТИВОСТІ БУДІВЕЛЬНИХ РОЗЧИНІВ НА ОСНОВІ СУЛЬФАТНО-ШЛАКОВИХ В'ЯЖУЧИХ РЕЧОВИН**

**ОЦЕНКА ЭФФЕКТИВНОСТИ ВОЗДЕЙСТВИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА ПРОЧНОСТНЫМ СВОЙСТВАМ СТРОИТЕЛЬНЫХ РАСТВОРОВ НА ОСНОВЕ СУЛЬФАТНО-ШЛАКОВОГО ВЯЖУЩЕГО**

**EVALUATION OF CHEMICAL ADDITIVES ON DURABLE PROPERTIES OF MORTARS BASED SULFATE SLAG BINDERS**

**Кундос М.Г., к.т.н., (Національний університет водного господарства та природокористування)**

**Кундос М.Г., к.т.н., (Национальный университет водного хозяйства и природопользования)**

**Kundos M.G., candidate of technical sciences, (National University of Water Management and Natural Resources)**

**Наведені результати оптимізації складів сульфатно-шлакових в'язучих речовин (СШВ), що тверднуть в різноманітних умовах. Показана можливість суттєвого збільшення міцності розчинів на основі сульфатно-шлакових в'язучих речовин при використанні різних хімічних добавок-модифікаторів.**

**Приведенные результаты оптимизации составов сульфатно-шлаковых вяжущих веществ (СШВ), твердеющих в различных условиях. Показана возможность существенного увеличения прочности растворов на основе сульфатно-шлаковых вяжущих веществ при использовании различных химических добавок-модификаторов.**

**The results of investigations of composition factors and hardening conditions influence onto the sulfate-and-slag binding material (SSB) strength are shown. It is shown the possibility of substantial increase of strength of mortars on the basis of sulfate-slag binder at the use of different chemical additions-modifiers.**

**Ключові слова:**

**Сульфатно-шлакові в'язучі, міцність, твердіння, добавки-модифікатори. Сульфатно-шлаковые вяжущие, прочность, твердение, добавки-**

модификатори.

Sulfate-and-slag binding material, additions-modifiers

**Сульфатно–шлакові в'язучі – це гідравлічні в'язучі речовини, що одержуються спільним тонким подрібненням доменних гранульованих шлаків і сульфатного збудника твердіння - гіпсу або ангідриду з невеликою добавкою лужного активізатора - вапна, портландцементу або випаленого доломіту. Їх рекомендують застосовувати переважно для конструкцій до яких висувають вимоги щодо підвищеної сульфатостійкості, стійкості до дії кислот і нафтопродуктів. Склад і технологія сульфатно-шлакових цементів були розроблені П.П.Будніковим на початку 20 століття. Проте потенціал цих в'язучих не можна вважати вичерпаним. Актуальною задачею є вивчення можливостей покращення їх властивостей, в першу чергу міцності, за рахунок введення сучасних добавок-модифікаторів.**

Сульфатно-шлакове в'язуче отримували шляхом змішування тонкомеленого доменного металургійного шлаку Криворізьського металургійного комбінату (питома поверхня 3000 см<sup>2</sup>/г) і будівельного гіпсу марки Г-5.

**Для вибору оптимальних складів СШВ** досліджували вплив факторів, що характеризують їх склад, а також умов твердіння на міцність розчинів на основі СШВ.

Виготовляли віброущільнені зразки розчинів у формі балочок з розмірами 40×40×160 мм, складу СШВ:пісок=1:1, що досліджувались для визначення показників міцності у віці 7 та 28 діб. Зразки тверднули у повітряно-сухих, умовах, над водою та у воді (після 3 діб тверднення над водою).

**Експериментальні дослідження проводили** із застосуванням методів математичного планування експериментів. У якості факторів варіювання приймали:

$$X_1 = V_{\Gamma} / (V_{\Gamma} + V_{\text{III}}), \quad (1)$$

$$X_2 = (V_{\Gamma} + V_{\text{III}}) / (V_{\Gamma} + V_{\text{III}} + V_{\text{B}}), \quad (2)$$

де  $V_{\Gamma}$ ,  $V_{\text{III}}$ ,  $V_{\text{B}}$  – відповідно абсолютні об'єми будівельного гіпсу, помеленого доменного шлаку і води в складі розчинів на основі СШВ.

Експерименти проводили відповідно до трьохрівневого плану для двох факторів. Умови варіювання факторів  $X_1$  і  $X_2$  наведені в табл. 1.

Таблиця 1

Умови варіювання факторів  $X_1$  і  $X_2$

Фактор	Рівні варіювання		
	-1	0	1
$X_1 = V_{\Gamma} / (V_{\Gamma} + V_{\text{III}})$	0,18	0,21	0,24
$X_2 = (V_{\Gamma} + V_{\text{III}}) / (V_{\Gamma} + V_{\text{III}} + V_{\text{B}})$	0,54	0,505	0,47

Визначали значення міцності розчинів на основі СШВ на стиск і згин у віці 7 та 28 діб. Статистична обробка результатів випробувань дозволила одержати математичні рівняння регресії, що пов'язують відповідні показники міцності з факторами варіювання.

Загальний вигляд рівняння регресії наступний:

$$R = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2, \quad (3)$$

де  $R$  – показник міцності розчину;  $b_0, b_1, b_2, b_{11}, b_{22}, b_{12}$  – емпіричні коефіцієнти.

Значення емпіричних коефіцієнтів рівнянь регресії для міцності на згин і стиск зразків різного віку, які тверділи в різних умовах наведені в табл.2.

Таблиця 2

Значення коефіцієнтів у рівнянні (3)

Межа міцності (МПа), трвалість (діб) і умови твердіння		Коефіцієнти					
		$b_0$	$b_1$	$b_2$	$b_{11}$	$b_{22}$	$b_{12}$
Міцність на стиск у віці 7 діб	повітряно-сухе твердіння	8,012	-0,089	-0,754	1,926	-0,59	1,22
	твердіння над водою	14,193	-0,284	-0,515	-1,5	0,478	1,063
	твердіння у воді	13,927	-0,212	-1,398	-0,182	-2,116	-0,163
Міцність на згин у віці 7 діб	повітряно-сухе твердіння	4,781	0,237	-0,352	-0,256	-0,931	-0,248
	твердіння над водою	4,859	0,238	0,288	0,746	0,726	0,077
	твердіння у воді	7,227	-0,137	-0,21	0,896	-0,384	0,103
Міцність на стиск у віці 28 діб	повітряно-сухе твердіння	6,121	0,539	-1,845	4,275	1,771	0,635
	твердіння над водою	17,480	-0,012	-0,9	-4,489	1,316	-0,146
	твердіння у воді	13,673	-0,456	-1,089	1,854	-1,229	0,087
Міцність на згин у віці 28 діб	твердіння над водою	8,561	0,175	-0,415	-1,523	-0,853	-0,075
	твердіння у воді	9,872	0,073	-0,157	1,361	-1,819	-0,245

Графіки залежності міцності розчину на основі СШВ у віці 28 діб і різних умовах твердіння наведені на рис.1-3.

Як видно з наведених графіків найбільша міцність (20 МПа у 28 діб) досягається при твердінні розчинів на основі СШВ у вологих умовах над водою, а найменша (6 МПа у 28 діб) при твердінні зразків у повітряно-сухих умовах.

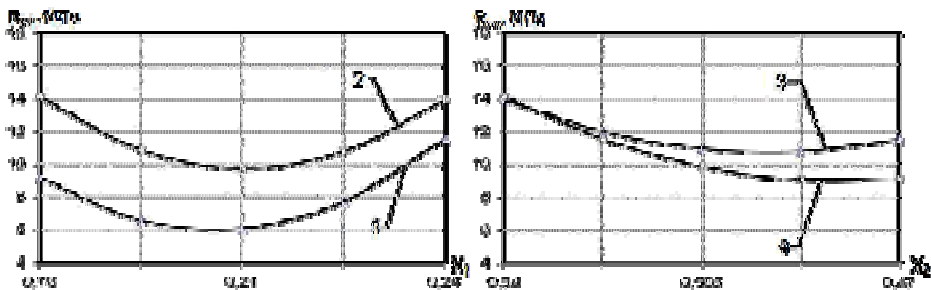


Рис. 1. Залежність міцності на стиск у віці 28 діб при твердінні у повітряно-сухих умовах від факторів складу:

$X_1$  – вміст гіпсу в СШВ  $V_i/(V_i+V_m)$ ;  $X_2$  – вміст СШВ в розчині –  $(V_i+V_m)/(V_i+V_m+V_{Вод})$   
 1 -  $X_2 = 0,47$ ; 2 -  $X_2 = 0,54$ ; 3 -  $X_1 = 0,24$ ; 4 -  $X_1 = 0,18$ .

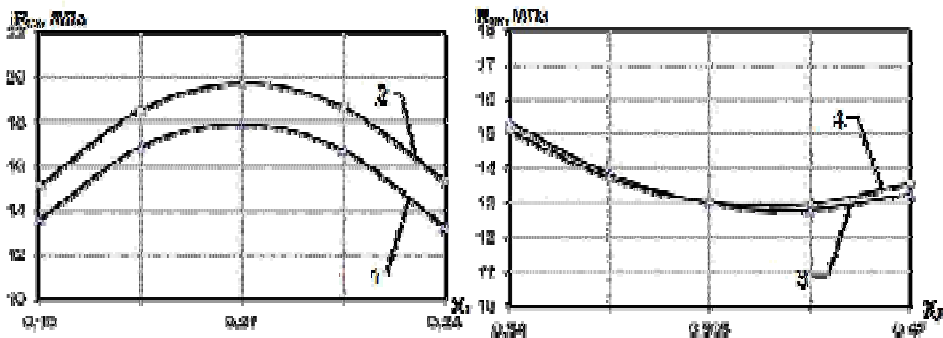


Рис. 2. Залежність міцності на стиск у віці 28 діб при твердінні над водою від факторів складу:

$X_1$  – вміст гіпсу в СШВ  $V_i/(V_i+V_m)$ ;  $X_2$  – вміст СШВ в розчині –  $(V_i+V_m)/(V_i+V_m+V_{Вод})$   
 1 -  $X_2 = 0,47$ ; 2 -  $X_2 = 0,54$ ; 3 -  $X_1 = 0,24$ ; 4 -  $X_1 = 0,18$ .

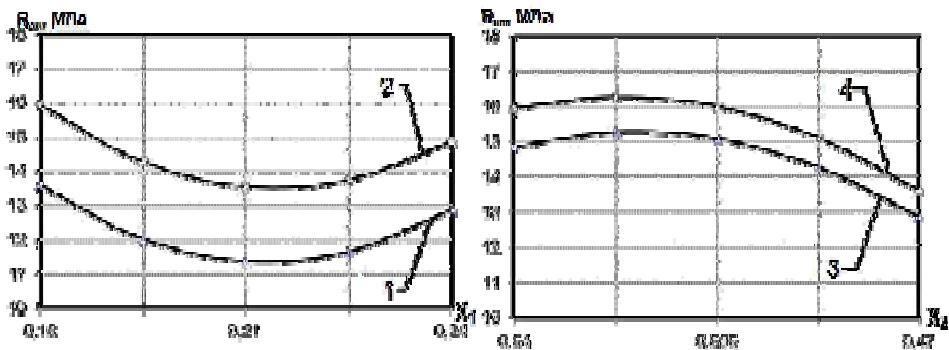


Рис. 3. Залежність міцності на стиск у віці 28 діб при твердінні у воді від факторів складу:

$X_1$  – вміст гіпсу в СШВ  $V_i/(V_i+V_m)$ ;  $X_2$  – вміст СШВ в розчині –  $(V_i+V_m)/(V_i+V_m+V_{Вод})$   
 1 -  $X_2 = 0,47$ ; 2 -  $X_2 = 0,54$ ; 3 -  $X_1 = 0,24$ ; 4 -  $X_1 = 0,18$ .

**Досліджували вплив** добавок-пластифікаторів, електролітів і комплексних добавок системи Релаклол на міцність розчинів на основі СШВ.

У результаті попередніх досліджень була прийнято наступний оптимальний склад сульфатно-шлакового в'язучого: шлак - 593 кг/м<sup>3</sup>, будівельний гіпс - 146 кг/м<sup>3</sup>. Розплив конуса, обумовлений розпливом конуса на струшуючому столику становить 140...180мм. Зразки тверділи в однакових температурних і вологісних умовах - над водою.

На рис. 4 наведено вплив добавок-пластифікаторів ЛСТ і С-3 на міцність досліджуваних розчинів при збереженні пластичності на сталому рівні. Найбільш ефективною добавкою-пластифікатором виявилась добавка С-3 при її дозуванні 0,8% від маси в'язучого. Міцність затверділого розчину у віці 28 діб при цьому становить 23 МПа.

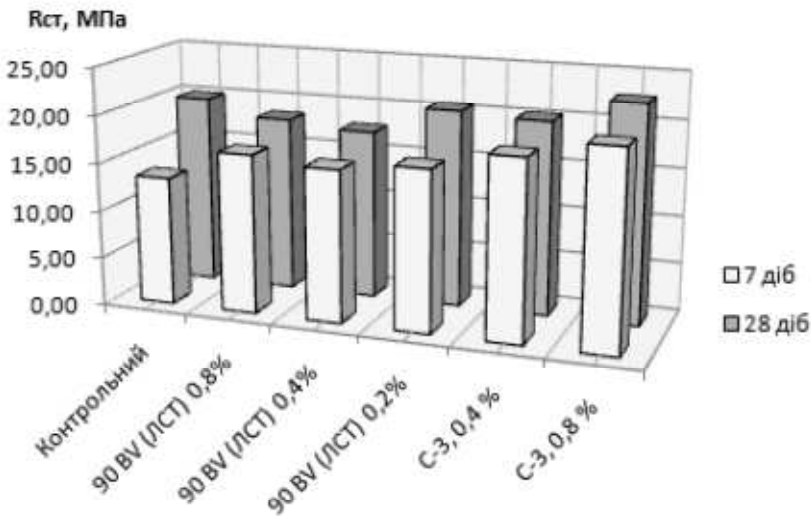


Рис.4. Вплив добавок пластифікаторів ЛСТ і С-3 на міцність при стиску ( $R_{ct}$ ) розчинів на основі СШВ

На рис.5 наведено вплив добавок системи Релаксол на міцність розчинів на основі СШВ. Як відомо, ці добавки є сумішшю тіосульфату і роданіду натрію ( $Na_2S_2O_3$  і  $NaSCH$ ). Для їхньої модифікації до них часто додають пластифікатори. Найбільш ефективною добавкою виявилась добавка Релаксол Супер-ПК. При її використанні в кількості 0,5% від маси в'язучого міцність розчину становить 32 МПа у віці 28 діб.

**Отже, як видно з проведених досліджень, міцність будівельних розчинів на основі сульфатно-шлакового в'язучого може бути суттєво збільшена при**

використанні сучасних хімічних добавок – модифікаторів. Особливо помітний ефект спостерігається при використанні добавок системи Релаксол

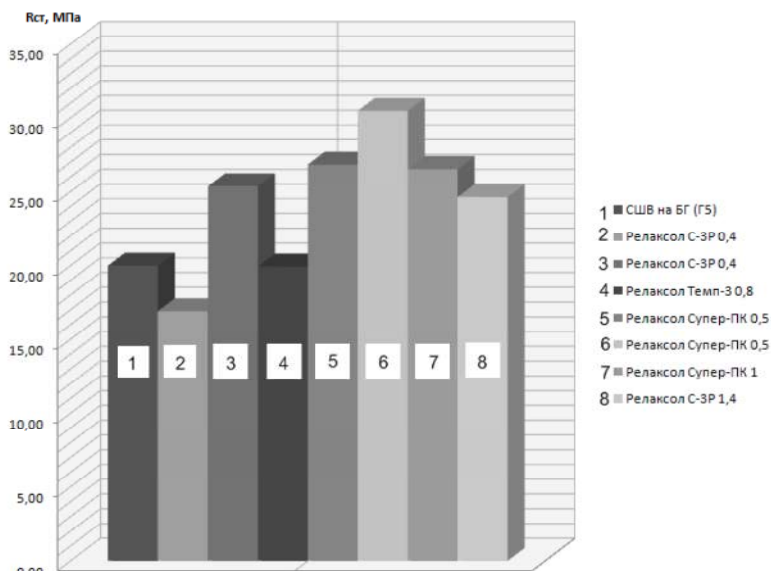


Рис.5. Вплив добавок системи Релаксол на міцність при стиску ( $R_{ct}$ ) розчинів на основі СШВ у віці 28 діб

Супер-ПК. Міцність розчинів, що при цьому досягається, дозволяє стверджувати про можливість успішного використання сульфатно-шлакового в'язучого для багатьох будівельних матеріалів і конструкцій, зокрема стінових, фундаментних блоків, різноманітних опоряджувальних матеріалів, сухих будівельних сумішей та ін.

1. Большаков В.И., Дворкин Л.И. Строительное материаловедение. – Днепропетровск: Днепр-VAL, 2004. – 677 с. 2. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Строительные материалы из отходов промышленности. – Ростов-на-Дону: 2007. – 357 с. 3. Баженов Ю.М. Дворкин Л.И. Ресурсосбережение в строительстве за счет применения побочных промышленных продуктов. – М.: ЦМИПКС, 1986. – 66 с. 4. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. – Санкт-Петербург: Строй-Бетон, 2006 – 689 с. 5. Бутт Ю.М., Огороков С.Д., Сычев М.М., Тимашев В.В. Технологии вяжущих веществ. -М.: 1965.-619 с. 6. Вознесенский В.А., Ляшенко Т.В., Огарков Б.Л. Численные методы решения строительно-технологических задач на ЭВМ. – К: Вища школа, 1989. – 328 с. 7. Вознесенский В.А., Выровой В.М., Керш В.Я. и др. Современные методы оптимизации композиционных материалов. -К.: Будівельник, 1983. – 144 с. 8. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников В.Д. Минеральные вяжущие вещества. -М.: Стройиздат, 1979. – 476 с.