

**ОПТИМІЗАЦІЯ ГРАНУЛОМЕТРИЧНОГО СКЛАДУ
ТОНКОШАРОВИХ ШТУКАТУРНИХ СУМІШЕЙ**

Л.В. Кривенко

Однією із найважливіших задач промисловості будівельних матеріалів ХХІ століття є розвиток вітчизняного виробництва високоефективних будівельних матеріалів.

Останні роки кардинально змінили погляд будівельників на виробництво оздоблювальних робіт. Україна здійснила стрімкий ривок в будівельних технологіях, у тому числі і тонкошарових, пріоритетне місце серед яких зайняли сухі суміші. Виготовлення сухих сумішей стає дедалі складнішим. У той же час, об'єм імпорту в Україну не скоротився. Однак структура імпорту за останні роки кардинально змінилася: вітчизняний продукт майже зовсім витіснив імпорту продукцію із сегменту так званих сухих сумішей. З-за кордону активно ввозяться лише вузькоспеціалізовані та дорогі суміші. Проте виробництво і застосування сухих будівельних сумішей залишаються дорогавартісними процесами і застосовуються переважно у приватному будівництві.

Вирішення цієї проблеми необхідно пов'язувати з максимальним використанням місцевої сировинної бази мінеральних в'язучих та у розробці тонкошарових сумішей із застосуванням традиційних якісно змінених матеріалів. Цього можна досягти шляхом оптимізації гранулометричного складу та властивостей тонкошарових штукатурних сумішей.

Основними характеристиками заповнювачів і наповнювачів, що визначають їх вплив на технологічні і будівельно - технічні властивості розчинових сумішей і розчинів є зерновий склад, граничний розмір частинок, форма і характер поверхні зерен, міжзернова пустотність та водопоглинання. Важливе значення мають також мінералогічний склад, наявність пилоподібних і глинистих частинок та присутність різних домішок.

В штукатурних сумішах в основному використовуються кварцові піски (ГОСТ 8736 "Песок для строительных работ. Технические условия"), хоч і придатні також і інші види пісків – вапнякові, доломітові, гранітні, та ін., за умови, що їх властивості відповідають вимогам ГОСТ 8736 "Песок для строительных работ. Методы испытаний".

Питання оцінки якості крупного заповнювача (гранулометрії, форми зерен і т.п.) для бетонів достатньо детально розглядаються у відповідній технічній і нормативній літературі, чого не можна сказати про дрібний заповнювач для штукатурних сумішей.

Усі рекомендації по застосуванню зводяться до ГОСТ 8736 "Песок для строительных работ", при цьому відсутні будь-які рекомендації по застосуванню пісків різних класів і груп за модулем крупності в будівельних сумішах різного призначення.

Розглянемо яким повинен бути оптимальний гранулометричний склад дрібного заповнювача.

Пісок для будівельних сумішей повинен мати найменший об'єм пустот (найменшу міжзернову пустотність за ГОСТ 8736). В зв'язку з цим перевагу слід віддавати піскам змішаного зернового складу.

С метою корегування фракційного складу заповнювача, а також для надання розчиновим сумішам легкоукладальності, підвищення водоутримуючої здатності, зниження деформацій усадки, частину в'язучого в сумішах замінюють тонкодисперсним порошкоподібним матеріалом – наповнювачем, що характеризується розміром частинок 0,05-0,16 мм. До таких матеріалів відносяться тонкомолоті кварцові піски, пилоподібний природний кварц (маршаліт), карбонатне та доломітове борошно і т.п.

Оптимальним з точки зору формування властивостей розчинових сумішей і розчинів, гранулометричний склад досягається, якщо його характеристика відповідає так званій "ідеальній" кривій просіювання [1]. Саме у цьому випадку забезпечується найбільш щільна упаковка зерен.

При побудові "ідеальних" кривих гранулометричного складу передбачається, що частинки матеріалу мають сферичну форму, а оскільки на практиці ця умова не виконується, то на щільність упаковки частинок впливає форма зерен і шорсткість їх поверхні.

ГОСТ 8736 "Песок для строительных работ. Методы испытаний" дозволяє дати лише

загальний опис форми зерен піску і характеру їх поверхні.

Форма зерен заповнювача впливає на рухливість (легкоукладальність) розчинових сумішей і на міцність розчинів. Поверхня зерен повинна бути шорсткою, що забезпечує більш високу міцність зчеплення частинок заповнювача з основою і тим самим підвищує міцність розчину.

При підборі співвідношення зерен різних розмірів у відповідності до "ідеальної" кривої суміші мають максимальну рухливість при мінімальній витраті в'язучого і менш схильні до відшарування.

Аналіз рекомендацій різних фірм – виробників сухих будівельних сумішей по відношенню до вибору оптимальної гранулометрії [2] показує досить високу відповідність цих рекомендацій з вищевикладеним підходом до "ідеальної" гранулометрії заповнювача.

Технологічні зусилля на отримання заповнювача "ідеального" гранулометричного складу в багатьох випадках можуть виявитись надто витратними, тому на практиці користуються графіками, на яких за допомогою граничних кривих гранулометричного складу виділяються деякі області якісних сумішей і сумішей, що допускаються до застосування.

Слід відмітити, що рухливість будівельних розчинових сумішей пов'язана не лише з особливостями гранулометричного складу заповнювача, форми частинок і шорсткістю їх поверхонь, але й з природою частинок. Кварцові піски утворюють розчинові суміші, які ведуть себе зовсім протилежно до розчинових сумішей на вапнякових пісках. Це обумовлено різницею зарядів поверхонь частинок. Кварц – речовина з сильнегативним поверхневим зарядом, поверхня силікатних матеріалів заряджена слабнегативно, карбонат кальцію має слабкий позитивний поверхневий заряд, а гідроксид кальцію – високий позитивний. Часточки з різними зарядами поверхонь в розчинових сумішах притягуються один до одного, що покращує внутрішню зв'язність системи і в той же час забезпечує деяку пластифікацію розчинових сумішей [3].

Таким чином, вапно, що характеризується високою концентрацією позитивних поверхневих зарядів, може здійснювати активізуючий вплив на негативно заряджену поверхню кварцового піску. Більшої активації поверхні кварцового піску при збільшенні його в системі слід очікувати при використанні тонкодисперсних карбонатних, вапняно-карбонатних наповнювачів, оскільки карбонатні наповнювачі заряджені позитивно.

Нами була поставлена гіпотеза, що при розробці оптимального складу штукатурного розчину із використанням механоактивованого карбонатного наповнювача можна отримати розчин для улаштування тонкошарового штукатурного покриття (до 10 мм) з підвищеними фізико-механічними властивостями.

Для досліджень в якості прототипу було використано склад вапняно-цементного розчину, широко застосовуваного будівельним концерном "Поділля", м. Вінниця для внутрішнього оздоблення цегляних будівель. Проводився весь комплекс заходів щодо оптимізації структури описаний вище.

Для проведення досліджень були використані: дрібнозернистий кварцовий Дніпровський пісок, що характеризується такими показниками: насипна густина – $1,59 \text{ г/см}^3$, істинна густина – $2,54 \text{ г/см}^3$, модуль крупності – 1,35, вологість – 24 % і які відповідають вимогам ГОСТ 8736-85; вапняне тісто, що відповідає вимогам ГОСТ 9179-89, і являє собою повністю прогідратоване вапно Ca(OH)_2 1-го сорту з вмістом активних $\text{CaO} + \text{MgO} = 69 \%$, $\gamma = 1360 \text{ кг/м}^3$, вміст $\text{CO}_2 = 2,7 \%$ та знаходиться в рівноважному стані при вологості 50%; портландцемент марки М400 (ГОСТ 10178-85) з наступними показниками: насипна густина – $\rho_n = 1200 \text{ кг/м}^3$, істинна густина – $\rho = 3,1 \text{ г/см}^3$, активність 39,4 МПа; та відходи каменерізання вапняку кар'єрів Вінницької області (родовище Сулятицьке та Мурафське) з такими показниками: насипна густина фракції 0-5 мм – $\rho_n = 1400 \text{ кг/м}^3$; істинна густина $\rho = 2,42 \text{ г/см}^3$; пустотність фракції 0-5 мм $V_n^{0-5} = 27 \%$.

Гранулометричний склад пісків після відсіву фракцій менш 5 мм та їх основні фізико-механічні властивості зведено в табл. 1.

Використаний у дослідженнях карбонатний відсів характеризується таким хімічним складом, мас. %: CaCO_3 90,7-95,8; MgCO_3 1,4-4,3; SiO_2 0,4-7,15; Al_2O_3 0,08-1,08.

В якості наповнювача використовувалась тонкомолота карбонатне борошно (залишок на ситі №063 – 7,8 %).

Залежність міцності матеріалу від товщини помолу карбонатного наповнювача показана на рис. 1.

Зерновий склад карбонатних відходів
Сулятицького родовища

Залишок	Розміри отворів сит, мм					Пройшло в піддон
	2,5	1,25	0,63	0,315	0,14	
1	2	3	4	5	6	7
Частковий, г	136	169	325	250	105	15
Частковий, %	13,6	16,9	32,5	25,0	10,5	1,5
Повний, %	13,6	30,5	63,0	88,0	98,5	

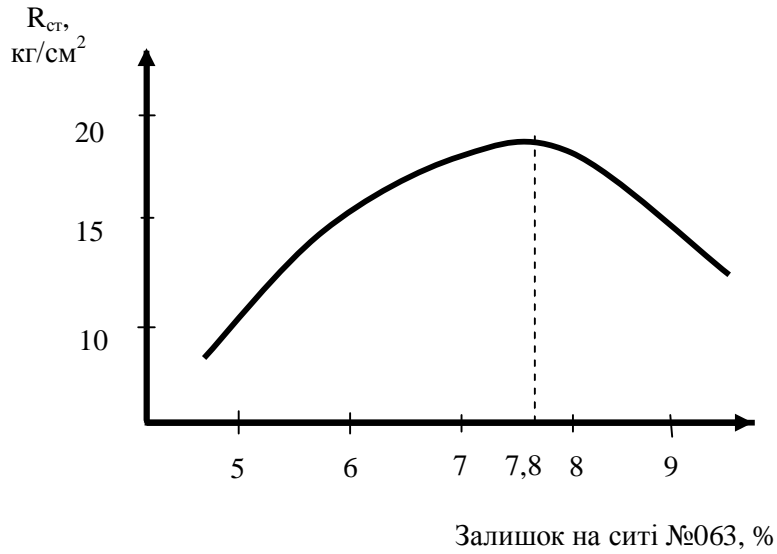


Рис. 1. Залежність міцності матеріалу у віці 28 діб від тонкості помолу карбонатного наповнювача

Залежність приросту міцності та адгезії від віку розчину для оптимізованого складу та прототипу показано на рис. 2 та 3.

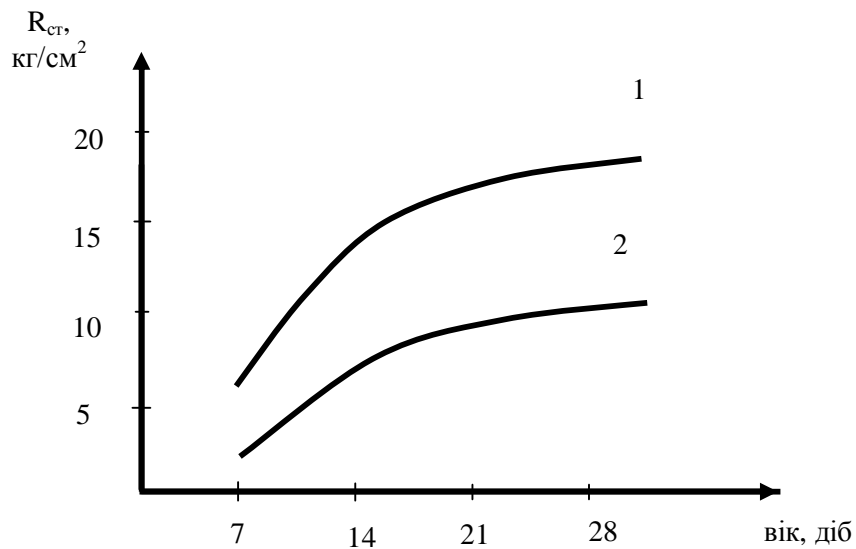


Рис. 2. Залежність приросту міцності від віку розчину:
1 – оптимізований склад; 2 – прототип.

Основні результати досліджень

Показник	Прототип	Розроблений склад
Міцність розчину у віці 28 діб, кгс/см ²	10,1	18,3
Міцність зчеплення до основи (адгезія) у віці 28 діб, МПа	0,7	1,0
Середня густина розчину, г/см ³	1,87	1,88

В наступних дослідженнях поступово зменшувався вміст цементу у розчині, в результаті чого було отримано міцність матеріалу у віці 28 діб, близькою до прототипу, а саме 10,2 кгс/м² при зменшенні витрат цементу на 14,7% (табл. 3).

Фізико-механічні характеристики оптимізованого штукатурного розчину відповідно до зменшення вмісту цементу у ньому

№ п/п	Відсоток зменшення вмісту цементу у розчині, %	Міцність на стиск у віці 28 діб	Міцність зчеплення з основою, МПа
1	2	3	4
1	0	18,3	1,1
2	5	15,5	1,1
3	10	12,7	1,0
4	12	11,6	0,9
5	14	10,6	0,9
6	15	9,9	0,8
7	14,2	10,5	0,9
8	14,4	10,4	0,9
9	14,6	10,2	0,9
10	14,7	10,2	0,9
11	14,8	10,0	0,9

Отже, отриманий запас міцності при розробці оптимізованого штукатурного розчину методом введення тонкомолотого карбонатного борошна дозволяє скоротити витрати в'язучого без втрати міцнісних показників за рахунок збільшення ступеня наповнення композиції активним тонкодисперсним наповнювачем.

Висновки

Зміна технологічних властивостей штукатурного розчину в потрібному напрямку, впливаючи на підбір його складових, створюючи необхідний композиційний матеріал із заданими властивостями, є основним питанням, що забезпечує ефективність тонкошарової технології, і крім того, на різних етапах технологічного процесу бажана вибіркова зміна цих властивостей.

У роботі дані рекомендації, щодо оптимізації гранулометричного складу штукатурних сумішей з метою улаштування тонкошарових штукатурних покриттів з високими фізико-механічними властивостями.

Розроблено ефективний штукатурний розчин на основі механоактивованого карбонатного наповнювача. Встановлено, що застосування в якості наповнювача тонкодисперсної карбонатної муки дозволяє скоротити витрати в'язучого на 14,7 %.

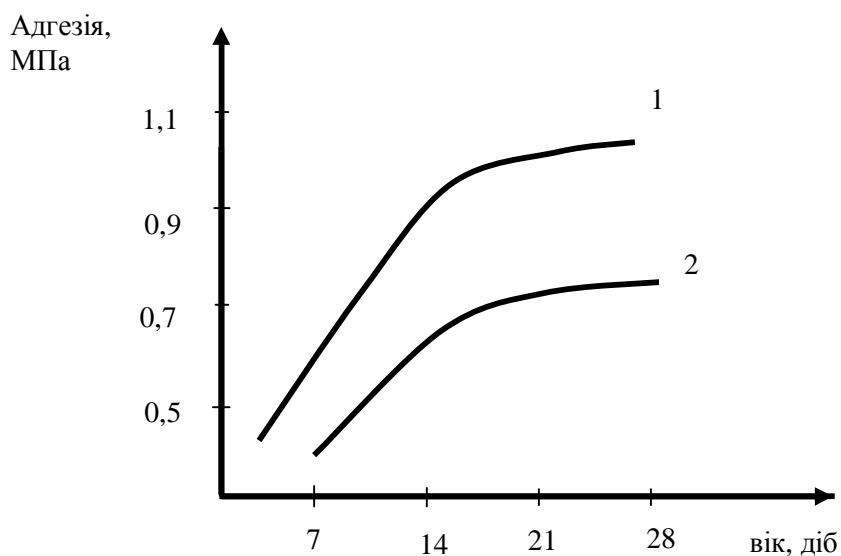


Рис. 3. Залежність приросту міцності зчеплення (адгезії) від віку розчину:
1 – оптимізований склад; 2 – прототип

Список літератури

1. Баженов Ю.М. Технология бетона. – М.: Высшая школа, 1986. – 456 с.
2. "Henkel", Bautechnik Ceresit, Сборник технических описаний, 2002. – 148 с.
3. Ходаков Г.С. Физика измельчения. – М.: Наука, 1972. – 308 с.
4. Китайгородский А.И. Порядок и беспорядок в мире атомов. – М., 1996.
5. Усов Б.А., Домокеев А.А. Об эффекте активации добавок // Бетон и железобетон. 1991. – № 41.
6. Рунова Р.Ф., Шейнич Л.О. Основы виробництва стінових та оздоблювальних матеріалів. – К.: КНУБА, 2001. – 354 с.
7. Микульский В.Г. Строительные материалы. – К.: Издательство АСВ, 2000. – 536 с.

Кривенко Лілія Василівна – асистент кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.