

## ПІДБІР СКЛАДУ В'ЯЖУЧОГО ДЛЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНУ

*Одеська державна академія будівництва і архітектури, Україна*

*Вивчений вплив дисперсного інертного наповнювача, гіпсового в'язучого, активної мінеральної добавки, хімічних добавок та суперпластифікатору полікарбонатного типу на властивості розчину для неавтоклавного газобетону. Розроблена рецептура комплексного в'язучого для неавтоклавного газобетону з підвищеними фізико-механічними характеристиками.*

**Постановка проблеми.** В зв'язку з дефіцитом активних мінеральних добавок (доменного гранульованого шлаку та ін.), їх високою вартістю при підборі складу в'язучого розглядаються можливості використання золи-виносу теплових електростанцій (ТЕС) при виробництві багатокомпонентних композиційних цементів. Крім того, зміна вимог до теплотехнічних показників огорожувальних конструкцій будинків і споруд загострило питання розробки, виробництва і застосування енергозберігаючих теплоізоляційних матеріалів, безпечних для здоров'я людини. Особливу актуальність при розробці концепції приділяється максимальному використанні потенційних можливостей золи, враховуючи особливості її складу та структури, як сировини для отримання будівельних виробів, які по своїм властивостям не поступаються традиційним, але являються ефективнішими за теплотехнічними показниками [1]. Найбільш привабливими з них являються ніздрюваті бетони, які мають низький коефіцієнт теплопровідності та одночасно відповідають вимогам по несучій здатності, захисту від шуму і пожежної безпеки.

Згідно сучасним світовим тенденціям велике значення приділяється композиційним цементам, як альтернативі портландцементу. Тому, для виготовлення неавтоклавного газобетону, «летуча» зола теплових електростанцій, як інертний тонкий наповнювач (мікронаповнювач), повинна стати одним з основних компонентів в'язучої системи. Задачею для реалізації золи-виносу в будівництві являється заміна частини в'язучої речовини, при виготовленні ніздрюватого бетону, з метою зниження цінової політики готових виробів у ринкових умовах та створення конкурентоздатної продукції.

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Вивченню проблеми використання золошлакових відходів у виробництві ніздрюватих бетонів присвячені багаточисельні роботи [9–13]. Аналіз літературних джерел показав, що до складу комплексного в'язучого для отримання

неавтоклавного газобетону ефективно долучати мінерально-однорідні компоненти відповідної дисперсності, що обладують високою поверхневою активністю та енергією взаємодії у водному середовищі, що ущільнюють структуру міжпорової перегородки. До таких компонентів відносяться: бездобавочний портландцемент, напівводний гіпс та мінеральні добавки, що мають підвищену пуцоланову активність.

**Постановка задачі.** Розробка рецептури комплексного в'язучого для неавтоклавного газобетону з підвищеними фізико-механічними характеристиками.

Матеріал, що підлягає дослідженню.

- 1) *В'язуче гідравлічне* – портландцемент ПЦІ-500 без добавок – виробництва ПАТ «Волинь-цемент» (м.Здолбунів) згідно ДСТУ БВ.2.7-46:2010. Нормальна густина цементного тіста – 29%; Рання міцність при стиску на 2 добу – 32,4МПа; Тонина помелу (залишок сито 008) – 1,32%; Початок тужавлення цементного тіста – 135хв., кінець – 240хв;
- 2) *В'язуче гіпсове* – напівводний сульфат кальцію ( $\text{CaSO}_4 \cdot 0,5\text{H}_2\text{O}$ ) марки Г-4-А-ІІ згідно ДСТУ БВ.2.7-82:2010. Границя міцності при стиску у віці 2год. – 40 кгс/см<sup>2</sup>; Тонина помелу (залишок на ситі 02) – 7,10%; Початок тужавлення гіпсового в'язучого – 4год.30хв., кінець – 8год.30хв;
- 3) *Мікронаповнювач* – зола сухого видалення Ладжинської ТЕС;
- 4) *Заповнювач* – монофракційний стандартний пісок нормованого складу згідно ДСТУ БВ.2.7-189:2009;
- 5) *Активна мінеральна добавка* – високоактивний метакаолін (ВМК). Тонина помелу (залишок на ситі 0063) 1,32%; Питома поверхня – 15000см<sup>2</sup>/г; Дисперсність менш 2мкм – 55,8%; Активність більше 1000мг вапна на 1г ВМК;
- 6) *Суперпластифікатор для бетону* - SikaPlast® – 2508HE UA. Пластифікатор останнього покоління, отриманий на основі полікарбоксилатних ефірів [4]. Густина – 1,06±0,02кг/л.

Об'єкт досліджень. Зразки-призми розмірами 40x40x160мм, що зберігали терміном 28 діб в нормально-вологісних умовах у камері, що забезпечує температуру повітря (20±1)°С і відносну вологість не менше ніж 90%.

Предмет досліджень. При застосуванні золи-виносу в якості складової частини портландцементу велике значення має вміст вільного оксиду кальція та його загальний вміст. Частина золи практично інертна, інша частина має пуцоланові властивості та при достатньо вологому зберіганні бетону здатна утворювати цементоподібну матрицю.

**Основна частина.** Наявність пуцоланів в золі-виносу обумовлює збільшення об'єму заповнених водою капілярних пор, необхідних для гідrataції цементної складової. В ранньому віці тверднення бетону пуцолани не приймають активної участі в гелеутворенні. Зв'язування оксиду кальція на цій стадії тверднення виникає тільки внаслідок адсорбції. В більш пізні терміни має місце активна участь пуцоланів

завдяки утворенню дуже тонких, що розповсюджуються по всій поверхні реакційних зон, так як частинки міцно вбудовуються в цементний гель. Розвиток внутрішньої поверхні гелю, його міцність та густина значно вище ніж у чистого портландцементу [3].

Вибір комплексного в'язучого для отримання газобетону неавтоклавного тверднення обумовлено специфічними особливостями його структуроутворення. Так, на початковій стадії формування стійкої пористої структури необхідно забезпечити синхронне протікання процесів газоутворення та набору структурної міцності. Крім цього, одержане в'язуче повинно забезпечувати отримання газобетону максимальної міцності. Для виконання першої умови необхідно, щоб реакція газоутворення проходила максимально ефективно, що забезпечується визначеною лужністю середовища та реологічними характеристиками розчинової суміші [5]. В зв'язку з цим відібрані фактори, які впливають на: *газоутворення* – лужна та пластифікуюча добавки; *структурну міцність* – гіпс та прискорювач тверднення; *фізико-механічні характеристики* – зола-виносу, пластифікуюча добавка та метаколін; *реологічні характеристики* – пластифікуюча добавка або суперпластифікатор полікарбонатного типу.

Вивчений вплив хімічних добавок різного походження, мікронаповнювача та активної мінеральної добавки (метаколіну), з метою визначення водотвердого відношення при забезпеченні текучості розчинної суміші по віскозиметру Суттарда (ВС) – 240мм у лабораторних умовах. Підібрані суміші, що відповідають розливу по Суттарду заданому значенню, були заформовані у форми для виготовлення зразків–призм розміром 40x40x160мм.

Для аналізу впливу інтенсифікації тверднення зразки–призми зберігали (підлягали розпалубленню на першу добу) у камері в нормально–вологісних умовах. Міцність визначали за показником границі міцності при стиску половинок зразків–призм після витримання зразків в камері на 28 добу.

Параметри, що контролювали: текучість розчинової суміші по віскозиметру Суттарда; границя міцності при згині зразків–призм 40x40x160мм та границя міцності при стиску. Результати лабораторних досліджень приведені в натуральних значеннях в табл.1.

Таблиця 1

Фізико-механічні характеристики зразків-призм розміром 40x40x160мм на розчинової суміші, що відповідає текучості 240мм

№ рецептури	Склад рецептури	Витрата води при відповідній текучості, мл	Водотверде відношення (В/Т), %	Границя міцності, МПа на 28 добу тверднення	
				при згині	при стиску

1	2	3	4	5	6
1	цемент+стандартний пісок	330	60,6	5,81	42,2
2	<b>цемент+зола-виносу</b>	545	100	4,60	28,8
3	цемент(Ц)+зола-виносу(З)+гіпс(Г)	520	95,0	4,37	32,1
4	Ц+З+Г+пластифікуюча добавка	450	84,0	5,44	40,6
5	Ц+З+Г+прискорювач тверднення	485	92,3	3,68	34,1
6	Ц+З+Г+луг	450	88,8	5,67	29,5
7	Ц+З+Г+пластифікуюча добавка+прискорювач тверднення	440	85,7	4,06	39,7
8	Ц+З+Г+пластифікуюча добавка+луг	345	71,6	7,59	48,6
9	Ц+З+Г+прискорювач тверднення+луг	410	85,1	4,68	43,1
10	Ц+З+Г+пластифікуюча добавка+прискорювач тверднення+луг	350	76,1	6,59	47,1
11	Ц+З+Г+пластифікуюча добавка+прискорювач тверднення+луг+метакаолін	460	95,8	3,22	34,3
12	Ц+З+Г+суперпластифікатор полікарбонкислатного типу+луг+метакаолін	500	97,3	3,91	28,2

Для порівняння результатів експерименту та оцінки ефективності дії вивчених рецептурно-технологічних прийомів на гістограмах наведені відносні результати у відсотках до базової рецептури. За базовий склад розчинової суміші прийнято склад рецептури №2 «цемент + зола-виносу».

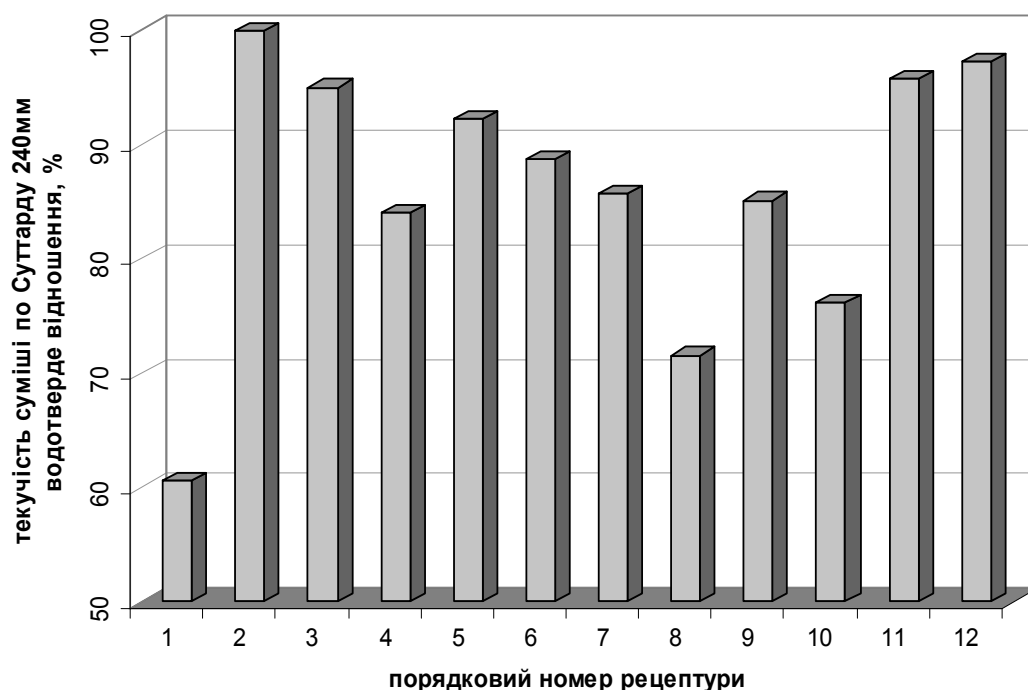


Рис. 1. Водотверде відношення розчинової суміші

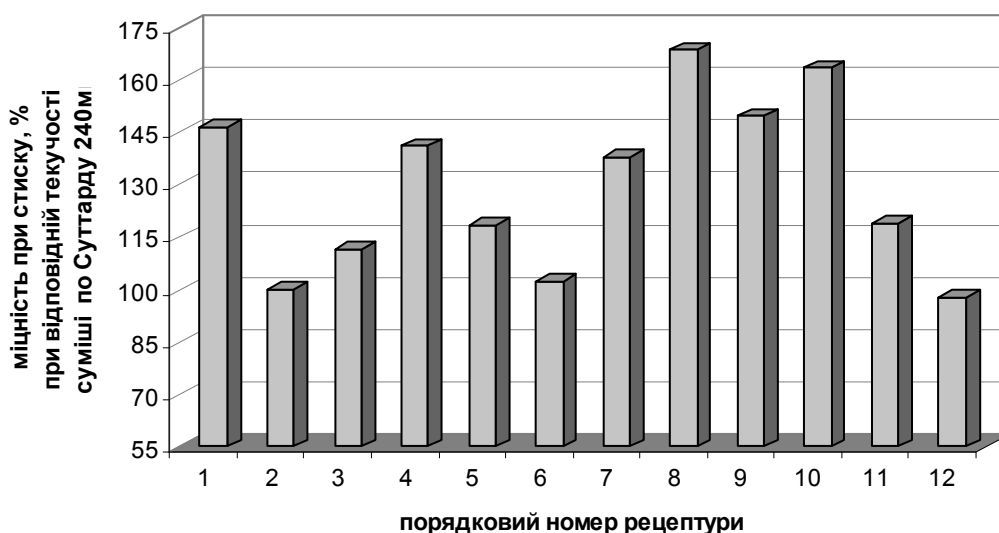


Рис. 2. Границя міцності при стиску

Аналіз отриманих результатів дозволяє розташувати надані рецептури в слідуючий ряд: «рецепт №8» > «рецепт №10» > «рецепт №9» > «рецепт №1» > «рецепт №4» > «рецепт №7» > «рецепт №11» > «рецепт №5» > «рецепт №3» > «рецепт №6» > «рецепт №2» > «рецепт №12». Результати випробування при згині та стиску зразків–призм, з фіксованою текучістю розчинової суміші, вказують на комплексну дію пластифікуючої та лужної добавки, а також максимальну міцність композиції в цілому. Додавання прискорювача тверднення до складу суміші понижує фізико-механічні характеристики зразків на 28 добу.

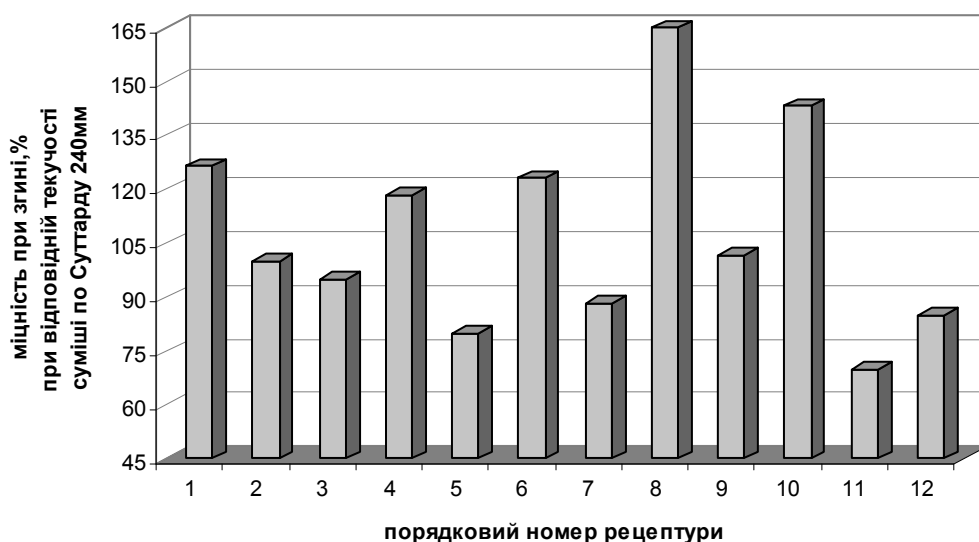


Рис. 3. Границя міцності на розтяг при згині

**Висновки.** Згідно графічної інтерпретації на рисунках 1-3, найкращі результати комплексного в'язучого за міцністю та водотвердим відношенням, отримані в рецептурах №8 та №10 із застосуванням пластифікуючої і лужної добавки, а також разом з прискорювачем

тверднення. Тому для подальших досліджень властивостей неавтоклавного газобетону доцільно використовувати отримане в'язуче.

### Література

1. *Кривенко П.В., Пушкарева Е.К., Гоц В.И., Ковальчук Г.Ю.* Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков: Монография. – Киев: Издательство ООО «ИПК Экспресс-Полиграф», 2012. – 258с.
2. *Москвин В.М.* Добавки – ускорители твердения бетона. М.:ОНТИ, 1937.-188с.
3. Растворы и бетоны на нецементных вяжущих /*В.Шульце, В.Тишер, В.П.Эттель*; Пер. с нем. Т.Н.Олесовой; Под ред. М.М.Сычева.- М.: Стройиздат, 1990. – 240с.
4. *Ушеров-Маршак, А.В.* Добавки нового поколения / А.В.Ушеров-Маршак // Химические и минеральные добавки в бетон. – Харьков: Колорит, 2005. с. 45-50.
5. *Дворкин Л.И., Дворкин О.Л.* Строительные материалы из отходов промышленности: учебно-справочное пособие – Ростов н/Д: Феникс, 2007. – 368с.
6. *Козлова В.К.* Использование зол тепловых электростанций в производстве строительных материалов. – Барнаул, 1975.
7. *Сахаров Г.П.* Теплоизоляционные экологически безопасные материалы для ограждающих конструкций зданий / Сахаров Г.П. // Технологии бетонов. – 2005. – № 1. – С. 20-22.
8. *Рунова Р.Ф., Дворкин Л.И., Дворкин О.Л., Носовський Ю.Л.* Вяжучі речовини: Підручник. – К.: Основа, 2012. – 448с.
9. *Урханова Л.А.* Использование вторичного сырья для производства пенобетона. Строительные материалы. №3. 2008. С49-53.
10. *Батрак А.И.* Шлам зольный – сырье для производства ячеистого бетона. Строительные материалы. №4. 2002.
11. *Иванов Н.К.* Использование шлаков и зол при получении газобетона. Изв. вузов. Строительство / Н.К.Иванов, К.С.Иванов №9. 2004.
12. *Черных К.П.* Закономерности регулирования состава и свойств газобетона на основе зол и углей КАТЭЖа: Автореф. дисс. канд. техн. наук. Барнаул, 2000.
13. *Гладких К.В.* Изделия из ячеистых бетонов на основе шлаков и зол. М.: Стройиздат, 1976. – 256с.

**ПОДБОР СОСТАВА ВЯЖУЩЕГО  
ДЛЯ НЕАВТОКЛАВНОГО ГАЗОБЕТОНА**

*В. И. Мартынов, Е. А. Крылов*

Изучено влияние дисперсного инертного наполнителя, гипсового вяжущего, активной минеральной добавки, химических добавок и суперпластификатора поликарбоксилатного типа на свойства раствора для неавтоклавного газобетона. Разработана рецептура комплексного вяжущего для неавтоклавного газобетона с повышенными физико-механическими характеристиками.

**SELECTION OF BINDING COMPOSITION  
OF NON-AUTOCLAVED AERATED CONCRETE**

*V. I. Martynov, E. A. Krylov*

Investigated the effect of particulate inert filler, gypsum, active mineral additives, chemical additives and polycarboxylate superplasticizer type on the properties of the solution for the non-autoclaved aerated concrete. Developed a complex of binder recipes for non-autoclaved aerated concrete with improved physical and mechanical properties.