

**ЕКОНОМІЧНА ДОЦІЛЬНІСТЬ ПРОВЕДЕННЯ МЕХАНІЧНОЇ АКТИВАЦІЇ КОМПОНЕНТІВ БЕТОННОЇ СУМІШІ ПРИ ВИРОБНИЦТВІ ДРІБНОЗЕРНИСТИХ БЕТОНІВ**

**В.І. Большаков д.т.н., проф., М.О. Єліссєва к.т.н.,  
С.А. Шербак д.т.н., проф., К.М. Шокодько, Д.Д. Яковенко асп.**

*ДВНЗ «Придніпровська державна академія будівництва та архітектури»*

**Постановка проблеми.** Рік від року споживачі та виробники все частіше стикаються з проблемою неякісної сировини, що в кінцевому рахунку впливає на властивості виготовлених з неї матеріалів та виробів. Для поліпшення якості сировинних матеріалів, підвищення контактної міцності між компонентами бетонної суміші та одержання дрібнозернистих бетонів з високими фізико-механічними властивостями доцільно проводити механічну активацію бетонної суміші.

Як стверджує автор роботи [1], інтенсивні фізико-хімічні впливи в спеціальних агрегатах різної енергонапруженості впливають на наступні характеристики в'язучих і бетонних композицій:

- їх початкове твердіння;
- параметри структури твердої фази;
- просторові умови формування нової фази при здрібнюванні;
- їх дисперсність (питому поверхню) і зерновий склад;
- реакційну здатність оброблюваних матеріалів;
- їх морфологію (мікрорельєф поверхні);
- синтез численних і міцних контактів в одиниці об'єму.

Крім того, при механічній активації здійснюється обдирання та збагачування поверхні сировинних матеріалів бетону. Таким чином, отримується свіжоутворена шорсткувата поверхня оброблюваних матеріалів, з розвиненим рельєфом та чистою поверхнею, очищеною від забруднюючих речовин. Це сприяє зближенню часток в'язучого й заповнювача та утворенню міцних контактів між ними. А отже метод механічної обробки дозволяє одержати якісний, конкурентоспроможний бетон. Проте незважаючи на це, застосування механічної активації при виготовленні будівельних матеріалів і виробів не одержало впровадження та широкого використання в заводській практиці, а ефективність проведення даної обробки матеріалів ще недостатньо обґрунтована.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Сучасні розробки нових будівельних матеріалів на основі механоактивованої сировини пов'язані з іменами наступних вчених: Барабаш І.В., Федоркін С.І., Дворкін Л.І., Мироненко А.В., Урханова Л.А., Шинкевич О.С., Кузьміна В.П., Дугуєва С.В., Іванова В.Б., Прокопєв В.С. та ін. Питаннями проведення механічної активації компонентів бетонних сумішей при виробництві бетонів займалися такі вчені як Б.В. Гусєв, В.І. Соломатов, В.Н. Лємєхов, А.М. Кадилаєв, К.М. Корольов та ін.

**Метою цієї роботи** є обґрунтування економічної доцільності проведення механічної активації компонентів бетонної суміші при виробництві дрібнозернистих бетонів з високими фізико-механічними властивостями.

**Основна частина.** Механічна активація дрібнозернистої бетонної суміші проводилася нами в лабораторному змішувачі-активаторі роторного типу РС-06, який дозволяє проводити одночасно інтенсивне перемішування, збагачування та активацію із частковим домелом компонентів бетонної суміші в присутності необхідної кількості води. Приготування сумішей формувальної вологості дає можливість підвищити їх якість і значно спростити технологічний процес виготовлення виробів. Виключаються витрати, пов'язані з облаштуванням додаткових змішувальних установок і транспортування до них активованих сумішей. Принцип його дії ударно-стираючий.

На підставі проведених досліджень, викладених у роботах [2, 3], за найбільш ефективні режими роботи змішувача РС-06 при активації компонентів бетонної суміші при виробництві дрібнозернистих бетонів на основі доменних гранульованих шлаків прийняті наступні: час обробки суміші – 45-60 с, коефіцієнт завантаження лабораторної установки 0,6-0,8 і швидкість обертання на периферії робочого органа 12 м/с.

В якості сировинних компонентів при виготовленні дрібнозернистої бетонної суміші були використані наступні матеріали: гранульований доменний шлак виробництва ПАТ «Євраз – Дніпропетровський металургійний завод ім. Петровського» в якості дрібного заповнювача та наповнювача в бетон з  $M_k=3,2-3,42$ ; поргладцемент із мінеральними добавками марки ПЦ ІІ / Б-Ш-400 виробництва Криворізького цементного заводу ПАТ «ХайдельбергЦемент Україна» в якості в'язучого; вода технічна.

Для порівняння міцнісних показників дрібнозернистих бетонів з активованих і неактивованих сумішей формувались зразки-куби бетону, розміром  $7,07 \times 7,07 \times 7,07$  см, бетонні суміші яких мали однакову жорсткість і склад при різних способах приготування. У першому випадку суміші перемішувалися в змішувачі-активаторі роторного типу при вищевказаних режимах роботи установки, у другому - у змішувачі примусової дії протягом - 3-4 хв. Водотверде відношення для всіх активованих сумішей становило 0,135, а неактивованих - 0,21. Умови ущільнення та твердіння зразків бетону були аналогічними. Активована бетонна суміш внаслідок дії більших швидкостей при обробці за рахунок тертя матеріалів різного розміру та щільності розігрівалася до температури 45-50 °С. Результати порівняльних випробувань дрібнозернистих бетонів наведені в таблиці 1.

Отримані результати досліджень показують, що міцність бетонів, виготовлених з активованих сумішей вище, ніж міцність бетонів з неактивованих у середньому в 5,2 рази. Крім того, бетони на основі активованих сумішей мають меншу водопотребу внаслідок того, що у шлаків при активації знижуються показники водопотреби та пористості. Для одержання рівномірних бетонів з активованих сумішей у порівнянні з бетонами з неактивованих можна знизити витрату цементу в 3,3 рази, використовуючи 10 і менше % в'язучого від маси гранульованих шлаків.

**Результати порівняльних випробувань дрібнозернистих бетонів однакової жорсткості та складу при різних способах приготування бетонних сумішей**

Склад бетону	Витрата матеріалів на 1 м <sup>3</sup> бетону, кг			Щільність бетонної суміші, кг/м <sup>3</sup>	Жорсткість бетонної суміші, с	Міцність при стиску зразків бетону в 28-добовому віці, МПа
	цемент	шлак	вода			
Бетон, виготовлений в змішувачі-активаторі РС-06						
1:3	466	1398	252,6	2116,6	5	33,8
1:5	307,4	1537	249,9	2094,3	7,2	9,68
1:10	166,1	1661	247,52	2074,62	13	7,59
Бетон, виготовлений в змішувачі примусової дії						
1:3	406	1218	341,04	1965	5	6,52
1:5	268,2	1341	338,1	1947,3	7,2	1,74

На нашу думку, істотне підвищення міцності бетону викликане аморфізацією поверхневих шарів заповнювача, збільшенням реакційної здатності в'язучого та заповнювача в результаті виникнення кристаллоструктурних змін, утворення свіжих поверхонь із хімічно активними центрами та зміни енергетичного стану оброблених матеріалів під впливом механічної енергії. Крім того, проведення спільної активації заповнювача та в'язучого в присутності води сприяє збільшенню значення контактної міцності бетону за рахунок більш інтенсивного протікання хімічних реакцій між заповнювачем і в'язучим, у результаті чого на границі їх контакту утворюються гідросилікати кальцію. Це відбувається внаслідок забезпечення цементом лужності середовища, що підвищує розчинність аморфізованої поверхні шлаків, а, отже, і його хімічну активність.

Динаміка наростання міцності бетонів, особливо в ранньому віці залежить від багатьох факторів, головними з яких є мінералогічний склад і тонкість помелу цементу, склад бетону, В/Ц, вид і вміст використовуваних хімічних добавок. Нами вивчений характер наростання міцності в часі для дрібнозернистих бетонів, виготовлених з активованих і неактивованих сумішей різного складу (таблиця 2 і рисунок 1). За 100 % прийнята міцність дрібнозернистого бетону природного твердіння у віці 28 діб.

Отримані результати свідчать про те, що з підвищенням кількості шлаків у складі бетону знижується темп набору міцності. Для бетонів, виготовлених з активованих сумішей цей ефект спостерігається особливо помітно у 7-добовому віці, а для неактивованих – у 7- та 14-добовому віці. Поясненням служить те, що цемент – основний реакцієспроможний компонент бетону, який сприяє швидкому протіканню хімічних реакцій у бетоні та утворенню його міцної монолітної структури. Тому зі зменшенням концентрації цього компонента в об'ємі бетонної суміші сповільнюється процес гідратації, а також швидкість набору міцності бетону.

**Наростання міцності дрібнозернистих бетонів у часі**

Бетонна суміш	Відносна міцність при стиску, при тривалості тверднення, діб, %			
	3	7	14	28
Активована:				
склад 1:3, Ж1 (5с)	31,95	61,5	78,1	100
склад 1:5, Ж1 (7с)	27,68	52,89	71,59	100
склад 1:10, Ж2 (13с)	24,77	33,8	72,7	100
Неактивована:				
склад 1:3, Ж1 (5с)	18,4	55,2	76,69	100
склад 1:5, Ж1 (7с)	–	36,2	50	100

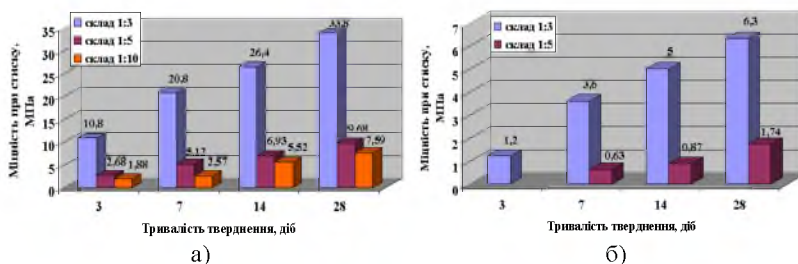


Рис. 1. Кінетика набору міцності дрібнозернистих бетонів на основі активованих (а) і неактивованих (б) сумішей

У ході виконання досліджень була розрахована передбачувана економічна ефективність від застосування механічної активації у виробництві дрібнозернистих бетонів на основі доменних гранульованих шлаків. Її оцінка здійснювалась по показнику зниження собівартості одиниці продукції за рахунок економії цементу при виготовленні 1 м<sup>3</sup> бетону. В якості базового варіанту був прийнятий дрібнозернистий бетон того ж класу по міцності, що й розроблений, але виготовлений за традиційною технологією з використанням змішувачів примусової дії. Сировинні матеріали в обох випадках однакові, проте різне їх співвідношення в бетонній суміші.

Порівняльні калькуляції собівартості дрібнозернистого бетону класу В 5 базового та розробленого представлені в таблиці 3 (в цінах кінця 2012 р.). При розрахунку враховувалися тільки змінювані статті витрат застосовуваного та пропонуваного матеріалів. Витрата сировинних матеріалів для розрахунку собівартості наведена у таблиці 1 цієї статті.

Передбачуваний економічний ефект на 1 м<sup>3</sup> дрібнозернистого бетону на основі доменних гранульованих шлаків класу В5 від застосування механічної активації при його виробництві становить:

$$\Xi = 527,43 - 391,81 = 135,62 \text{ грн.}$$

**Порівняльні калькуляції собівартості 1 м<sup>3</sup> дрібнозернистого бетону класу В5**

Найменування статей	Витрати на виробництво 1 м <sup>3</sup> бетону, грн.	
	базового	розробленого
1	2	3
Енергетичні витрати на приготування бетонної суміші	0,7	9,94
Сировинні матеріали, у тому числі:	521,73	341,87
доменний гранульований шлак	133,98	182,71
портландцемент	386,106	157,96
вода	1,645	1,194
Витрати на утримання обладнання	5	40
Всього	527,43	391,81

**Висновки.** Таким чином, проведені дослідження підтвердили ефективність механічної активації дрібнозернистих бетонних сумішей, виготовлених на основі доменних гранульованих шлаків.

Приготування сумішей у змішувачі-активаторі роторного типу РС-06 дозволило підвищити міцність дрібнозернистого бетону приблизно в 5,2 рази. Для одержання рівномірних бетонів з активованих сумішей у порівнянні із бетонами з неактивованих необхідно знизити витрату цементу в 3,3 рази, використовуючи 10 і менше % в'язучого від маси гранульованих шлаків. Тим не менш, наростання міцності при стиску таких бетонів на початку твердіння вище й становить 24,77 %, бетонів з неактивованих сумішей – 18,4 %.

Передбачувана економічна ефективність за рахунок економії цементу від застосування механічної активації у виробництві дрібнозернистих бетонів на основі доменних гранульованих шлаків складе 135,62 грн. на 1 м<sup>3</sup>.

**ВИКОРИСТАНА ЛІТЕРАТУРА:**

1. Урханова Л.А. Регулирование физико-механических свойств композиционных материалов механохимической активацией вяжущих / Л.А. Урханова, А.Э. Содномов // Строительные материалы. – 2007. – № 11. – С. 42–43.
2. Большаков В.И. Управление свойствами мелкозернистого бетона за счет механохимической активации доменного гранулированного шлака / В.И. Большаков, М.А. Елисеева, О.С. Щербак, С.А. Щербак // Строительство, материаловедение, машиностроение. Серия: «Стародубовские чтения 2012». – Днепропетровск: ПГАСА, 2012. – Вып.64. – С. 221 – 227.
3. Большаков В.И. Мелкозернистые бетоны на основе механоактивированных доменных гранулированных шлаков / В.И. Большаков, М.А. Елисеева, О.С. Щербак, С.А. Щербак // Theoretical Foundations of Civil Engineering. – Warsaw: WUT, 2012. – V. 20. – P. 431 – 436.