

А.Я. Мельник, О.Р. Позняк
Національний університет “Львівська політехніка”,
кафедра автомобільних шляхів

ГАЗОБЕТОН НА ОСНОВІ МОДИФІКОВАНИХ ЦЕМЕНТНИХ В’ЯЖУЧИХ

© Мельник А.Я., Позняк О.Р., 2011

Досліджено вплив механоактивації та добавки полікарбоксилатів на властивості в’язучої композиції “цемент – зола-виносу” і газобетону на її основі.

Ключові слова: газобетон, міцність, реологічні властивості, кратність спучування.

The influence of mechanical activation and polycarboxylates on properties of binder composition “cement – fly ash” and aeroconcrete on its base was investigated.

Key words: aeroconcrete, strength, rheological properties, multiplicity increasing.

Вступ. Введення нових нормативних показників теплозахисту будівель вимагає створення матеріалів із покращеними теплоізоляційними характеристиками, оскільки використання традиційних стінових матеріалів (цегла, керамзитобетонні панелі) стало економічно не вигідним внаслідок необхідності збільшення товщини стін до 1,5–2 м. Пристосування до сучасних вимог вимагає використання ефективних теплоізоляційних матеріалів, якими є ніздрюваті бетони, вироби з яких характеризуються коефіцієнтом теплопровідності в 2–3 рази нижчим, ніж цегла або керамзитобетонні панелі, внаслідок чого стіни будівель із ніздрюватого бетону забезпечують необхідний термічний опір із збереженням товщини стінових конструкцій в межах 400–600 мм.

Постановка проблеми. Ніздрюватий бетон – екологічно чистий матеріал з достатньою сировинною базою для його виготовлення. В найпростішому випадку він складається з цементу, наповнювача, води і газоутворювача (алюмінієвої пасту чи пудри). Золи є повноцінною мінеральною сировиною, яка може бути використана в багатьох галузях народного господарства, зокрема, в виробництві будівельних матеріалів як замітник натуральної сировини. Використання як наповнювача золи вирішує ще й екологічну проблему, оскільки одна середня електростанція дає в рік близько 600 тис. тон відходів, які займають до 6 га землі. Одним з методів підвищення міцності ніздрюватого бетону є введення до його складу добавок-пластифікаторів, що призводить до зниження В/Т відношення, збільшення коефіцієнта поризації ніздрюватобетонної суміші [1]. Проте, введення їх у великій кількості спричиняє зниження швидкості набору структурної міцності, перевитрати в’язучого, недобору міцності самого бетону. Використання добавок-прискорювачів твердіння позитивно впливає на стабілізацію поризованої суміші і швидкість набору міцності. Тому актуальними є дослідження, спрямовані на пошук шляхів найбільш технологічних і економічних рішень одержання пластифікованих ніздрюватобетонних сумішей і бетонів на їх основі.

Аналіз останніх джерел і публікацій. Як відомо [2], стіни, виконані із застосуванням ніздрюватого бетону, забезпечують комфортні умови завдяки особливостям пористої структури бетону. Сукупність фізичних та теплофізичних властивостей (висока відносна пористість бетону, теплопровідність, теплозасвоєння, достатня повітропроникність і паропроникність) забезпечують мінімальну величину коливань температури в середині приміщення при зміні температури зовнішнього повітря. Ніздрюватий бетон за рахунок власної високої повітро- і паропроникності, яку можна регулювати товщиною і властивостями оздоблювальних внутрішніх покриттів, забезпечує часткову інфільтрацію антропогенних

(шкідливих речовин життєдіяльності людини) і дає змогу підтримувати високі комфортні умови в приміщенні. Ці властивості ніздрюватого бетону обумовлюють зменшення кратності повітрообміну і, відповідно, зниження витрат на підтримання нормальної температури у приміщенні. Теплоакумлюючі властивості ніздрюватого бетону забезпечують потрібний рівень комфортності проживання та зниження витрат на опалення будівель, а також гарантують вирівнювання температурних коливань не тільки влітку та взимку, але й при змінних коливаннях температури дня та ночі.

За екологічними показниками ніздрюватий бетон наближається до дерев'яних конструкцій. Будівлі з нього є практично вічними, причому міцнісні показники з часом дещо підвищуються, вони не гниють, на відміну від деревини, і не піддаються корозії, як вироби із металу.

Незважаючи на це, частка ніздрюватобетонних виробів у загальному обсязі стінових матеріалів становить в межах 6–8 %, тоді як у більшості європейських країн цей показник перевищує 30%. Ніздрюватому бетону притаманні всі основні переваги, що відповідають сучасним вимогам до будівельних матеріалів за теплозахисними властивостями, але при цьому він потребує високої культури виконання будівельних робіт [3].

Залежно від середньої густини в сухому стані й основного призначення ніздрюваті бетони поділяють на три групи [2]:

- теплоізоляційні зі середньою густиною до 500 кг/м^3 і теплопровідністю до $0,175 \text{ Вт/(м} \cdot \text{К)}$, придатні для утеплення стін, підлог, горищ, мансард, дахів та ін.;
- конструкційно-теплоізоляційні з середньою густиною $500\text{...}1000 \text{ кг/м}^3$ використовують для влаштування зовнішніх і внутрішніх стін, перегородок малоповерхових будівель. Стінові дрібні і крупні блоки з такого бетону забезпечують нормативний теплозахист стін при одношаровій їх конструкції;
- конструкційні з середньою густиною $1000\text{--}1200 \text{ кг/м}^3$ призначені для влаштування несучих внутрішніх стін, плит покриттів і перекриттів. Вироби з такого бетону можуть замінити цеглу, бетонні блоки та інші вироби з середньою густиною $1400\text{--}2000 \text{ кг/м}^3$, що забезпечує зменшення матеріалоемності будівель в 1,5–2 рази.

Існують теоретичні і експериментальні дослідження з використання золи ТЕС у технології виробництва ніздрюватих бетонів, проведені на основі загальних положень, розроблених П.І. Боженовим, А.Т. Барановим та ін. Проте збільшення вмісту золи-виносу в складі ніздрюватого бетону призводить до зменшення механічної міцності, що вимагає додаткових методів її підвищення.

Відомий неавтоклавний газобетон на відходах виробництва, безцементний або маловмісно-цементний (не більше 100 кг/м^3). Він може конкурувати з таким ефективним теплоізоляційним матеріалом, як мінеральна вата, і з таким поширеним матеріалом, як цегла. Його густина становить від 200 до 1200 кг/м^3 , а максимальна міцність перевищує 20 МПа . Газобетон здатний «дихати» як дерево і створювати в приміщеннях ідеальний мікроклімат, особливо корисний при легеневих, серцево-судинних та суглобних захворюваннях. Номенклатура газобетонних виробів достатньо широка. Це і елементи теплоізоляції, великі і малі стінові блоки, панелі, плити покриттів і перекриттів. В принципі можливий ще один вид номенклатури – найбільш повнозбірні індивідуальні будинки [4].

Раніше ніздрюватий бетон виготовляли на основі портландцементу з його витратою $400\text{--}500 \text{ кг/м}^3$. Методом економії цементу при виробництві ніздрюватих бетонів є введення золи-виносу замість частини цементу, або використання вапняно-зольних або золотужних в'язучих, а також шлакових в'язучих композицій, для одержання яких використовуються побічні продукти металургійної та хімічної промисловості [5].

П.В. Кривенко та ін. [6] встановили ефективність застосування тонкомеленого багатокомпонентного в'язучого, яке є продуктом сумісного помелу мінерального в'язучого (цемент або цемент + вапно до питомої поверхні $350\text{--}400 \text{ м}^2/\text{кг}$) з мінеральною добавкою (ЗШС), наприклад, суперпластифікатор С-3. Застосування вказаних технологічних прийомів забезпечує поряд із підвищенням міцності неавтоклавного ніздрюватого бетону (в середньому, на одну марку), або зменшенням питомої витрати цементу (на $10\text{--}25 \%$), інтенсифікування технологічного процесу виробництва виробів.

Мета роботи. Дослідження впливу механоактивації та добавки полікарбосилату на властивості в'язучої композиції цемент-зола та газобетону на її основі.

Методи досліджень і матеріали. У роботі при проведенні експериментальних досліджень використовували портландцемент ПЦ II/A-III-400 ВАТ "Івано-Франківськцемент" з такими показниками: питома поверхня $S_{\text{пит}}=350 \text{ м}^2/\text{кг}$, залишок на ситі №008 – 2,0 %, початок тужавіння – 3 год 20 хв, кінець тужавіння – 6 год 10 хв.

Як дрібнодисперсний наповнювач використовували золу-виносу Бурштинської ТЕС з такими фізичними властивостями: істинна густина – $2,21 \text{ г}/\text{см}^3$, насипна густина – $870 \text{ кг}/\text{м}^3$, залишок на ситі № 008 – 8,7 мас. %, хімічний склад, мас. %: SiO_2 – 54; Al_2O_3 – 23,75; $\text{Fe}_2\text{O}_3 + \text{FeO}$ – 13,8; MgO – 1,91; CaO – 4,98; SO_3 – 0,53; $\text{K}_2\text{O} + \text{Na}_2\text{O}$ – 0,25.

Як газотвірний компонент застосовували алюмінієву пасту марки «Газобетонлайт» з такими фізико-технічними властивостями: час приготування суспензії – 20 хв; $t_{\text{поч.}}$ суміші – $45 \text{ }^\circ\text{C}$; розплив суміші по Суттарду – 12,5 см; час набору N_{max} – 12 хв; густина – $470,9 \text{ кг}/\text{м}^3$.

Фізико-механічні властивості газобетону визначали за допомогою стандартних методів випробувань.

Результати досліджень. Як відомо [2], газобетон характеризується високими теплоізоляційними показниками, однак міцність при стиску такого бетону є недостатньо висока. Одним із способів підвищення міцності неавтоклавного газобетону є механоактивація цементуючої системи. Диспергування і механічна активація зумовлюють великий вплив на поверхневі властивості в'язучого: проходить помітна зміна фізичних властивостей і хімічної активності речовини, що пояснюється не тільки збільшенням питомої поверхні і зменшенням розмірів частинок, але і зміною структури, зокрема, аморфізацією поверхні ділянок за рахунок механохімічних процесів. Поєднання механічної і хімічної активації забезпечує прискорений набір ранньої та марочної міцності. З цією метою досліджували вплив механоактивації і суперпластифікатора на основі полікарбосилату (ПК) на фізико-механічні показники модифікованих цементних в'язучих.

Як свідчать результати досліджень (таблиця), механоактивація портландцементу забезпечує незначне збільшення міцності цементної системи. Механоактивацією в'язучої композиції цемент : зола (1:1) можна одержувати цементний камінь з міцністю на 2 добу тверднення 12,3 МПа, а на 14 добу – 30,0 МПа. Використання суперпластифікатора на основі полікарбосилатів і механоактивації в'язучої композиції призводить до збільшення механічної міцності вже на 2 добу в 1,8 раза, а на 14 добу – в 1,9 раза і дає можливість підвищити механічну міцність на 2 добу з 8,0 МПа до 14,1, а на 14 добу – з 18,75 до 35,0 МПа. Слід зазначити, що введення полікарбосилату зумовлює зменшення В/Ц відношення на 25% із збереженням заданої рухливості.

Вплив механоактивації і полікарбосилату на фізико-механічні показники цементного каменю

№ з/п	Склад композиції			Границя міцності при стиску, МПа, у віці діб		
	Цемент, $\text{кг}/\text{м}^3$	Зола, $\text{кг}/\text{м}^3$	ПК, %	2	7	14
1	250	250	–	8.00	11.63	18.75
2	250*	250	–	9.10	15.38	19.75
3	250*	250*	–	12.25	15.63	30.00
4	250*	250*	1.0	14.10	20.88	35.00

*Механоактивація.

Одним з основних показників, який визначає якість газобетону, є забезпечення однорідності газобетонної суміші, що визначається часом її перемішування та частотою обертання змішувача. Оптимальний час перемішування газобетонної суміші визначає стабілізацію властивостей та однорідність маси і встановлюється за зміною величини розпливу циліндра Суттарда. Розплив газобетонної суміші характеризує її технічну в'язкість. Для визначення оптимального часу перемішування газобетонної суміші із змішувача через кожну хвилину відбирали проби і визначали

зміну розливу циліндра Суттарда. Частота обертання змішувача становила 2000 об/хв. Згідно з даними рис. 1, стабілізація властивостей газобетонної суміші настає після 6 хв перемішування, тому при подальшому виробленні газобетону перемішування суміші тривало протягом 6 хв.

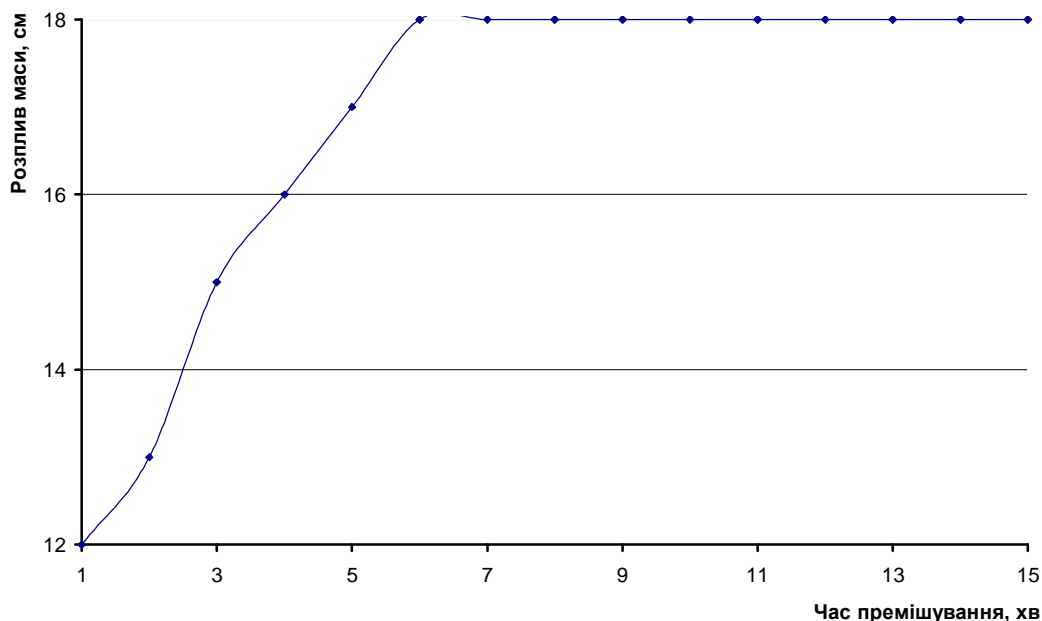


Рис. 1. Графік залежності величини розливу газобетонної суміші за конусом Суттарда від часу перемішування

Важливою характеристикою одержання газобетону із заданими міцністю та середньою густиною є кратність спучування. Поряд з цим, газобетонна суміш повинна характеризуватися високою рухливістю та газоутримувальною здатністю. Дослідженням кінетики спучування газобетонних сумішей на основі модифікованих цементуючих систем встановлено (рис. 2), що введення до складу суміші добавки-пластифікатора призводить до зменшення часу спучування газобетонної суміші до 11 хв без істотного зниження кратності спучування, тоді як газобетонні суміші на звичайному та механоактивованому портландцементях характеризуються часом наростання 16–18 хв. Слід зазначити, що газобетонна суміш на основі механоактивованої в'язучої композиції цемент-зола (1:1) характеризується найвищим коефіцієнтом кратності спучування, який становить 2,44, а середня густина одержаного газобетону становить 780 кг/м^3 .

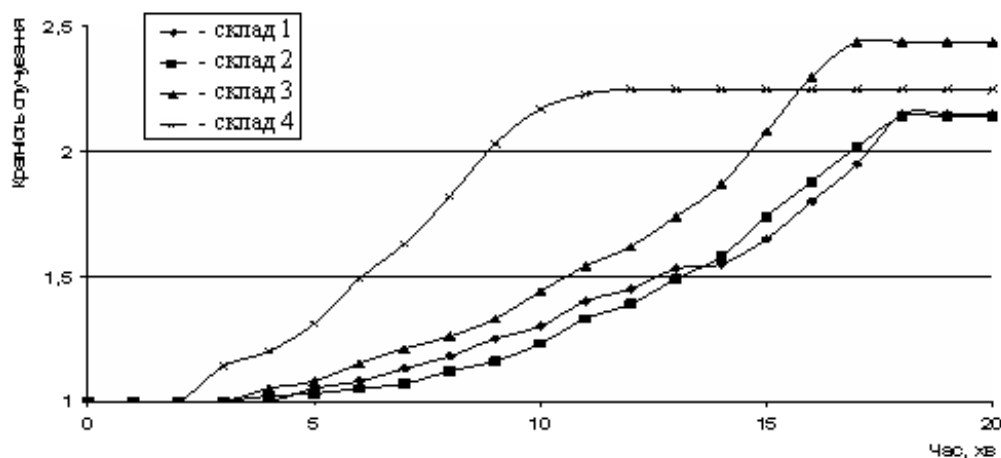


Рис. 2. Кінетика спучування газобетонної маси

Визначенням фізико-механічних властивостей газобетону встановлено, що найвищою міцністю в ранні терміни тверднення характеризується газобетон на основі механоактивованої модифікованої композиції цемент-зола (1:1) з додатком полікарбоксилату (рис. 3).

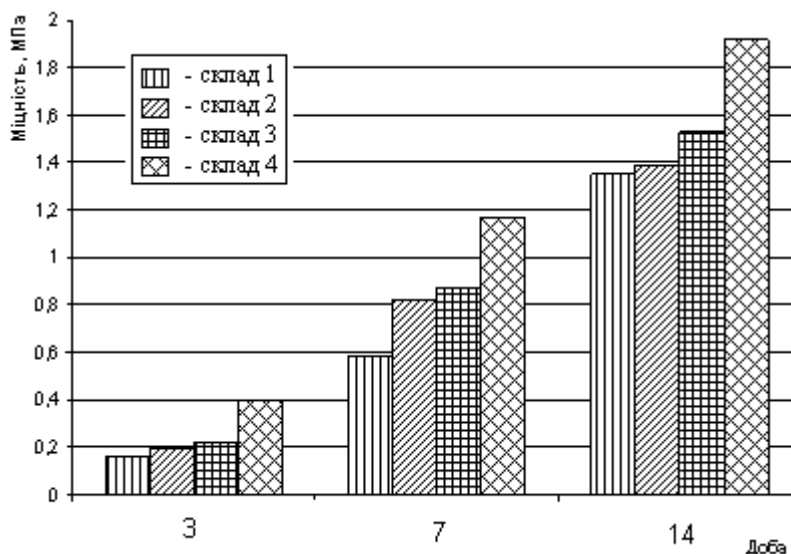


Рис. 3. Міцність газобетону

Висновок. Проведеними дослідженнями встановлено, що стабілізація властивостей газобетонної суміші настає після 6 хв перемішування в змішувачі з частотою обертання 2000 об/хв. Використання механоактивації портландцементу або в'язучої суміші цемент:зола та введення суперпластифікатора полікарбоксилатного типу дає змогу одержувати газобетон із середньою густиною 780–800 кг/м³ та міцністю при стиску на 14 добу тверднення 20 кгс/см². Вироби з такого газобетону рекомендується застосовувати для малоповерхового будівництва (в індивідуальних будинках типу «котедж») або багатоповерхового каркасного будівництва. У світовій практиці газобетон широко використовується під час реконструкції старих будівель, особливо за необхідності додаткового утеплення огорожувальних конструкцій та при збільшенні поверховості будівель із збереженням існуючого фундаменту.

1. Концепція застосування модифікаторів для підвищення якості та довговічності залізобетону / М.А. Саницький, У.Д. Марущак, О.Т. Мазурак // Будівельні конструкції: Міжвідомч. наук.-техн. зб. – К.: НДІБК, 2003. – Вип. 59 – С. 448–455. 2. Будівельне матеріалознавство / [Кривенко П.В., Пушкарьова К.К., Барановський В.Б. та ін.]; під ред. П.В. Кривенко. – К.: ТОВ УВПК “ЕксОб”, 2004. – 704 с. 3. Мельник А.Я. Дослідження процесів структуроутворення та слухування в'язучих композицій / А.Я. Мельник, Я.Б. Якимечко, О.Р. Позняк // Вісник Нац. ун-ту “Львівська політехніка”. – 2010. – №.664: Теорія і практика будівництва. – С. 109–114. 4. Сай В.І. Розвиток виробництва ніздрюватобетонних виробів – складова енергетичної незалежності держави / В.І.Сай // Будівельні матеріали та вироби. – 2006. – № 4. – С. 12. 5. Опекунов В.В. Эффективное применение пористых бетонов / В.В. Опекунов // Строительные материалы. – 2005. – №12. – С. 13–16. 6. Кривенко П.В. Заповнювачі для бетону: [підручник] / П.В. Кривенко, К.К. Пушкарьова, М.О. Кочевих. – К.: ФАДА ПТД, 2001. – 399 с.