

УДК 666.914: 691.94.33

Ю. Г. Гасан, к. т. н., доц.;

В. І. Тарасевич, к. т. н., доц.;

С. В. Бондаренко;

Г. В. Кучерова;

І. О. Азнаурян;

В. Є. Дугінов, к. ф.-м. н.

ЛЕГКІ БЕТОНИ НА НОВОМУ КОМПОЗИЦІЙНОМУ В'ЯЖУЧОМУ

За останні десятиріччя значно зросла необхідність у легких бетонах і виробих на їх основі, які б відповідали основним будівельним вимогам: підвищеної теплоізоляції, достатньої міцності, морозостійкості водонепроникності та ін. Однією з головних задач будівельної індустрії є розширення асортименту наявних і освоєння нових будівельних матеріалів та виробів на їх основі, зниження енергетичної матеріаломісткості виробництва, забезпечення економії в'язучих речовин та підвищення якості виробів на їх основі. Розв'язання зазначених вище задач обумовлене необхідністю утилізації відходів теплоенергетики — зол ТЕС, відходів хімічних виробництв, а також розширення номенклатури виробів з легких бетонів на основі зологіпсоцементного в'язучого.

Зростання цін на енергоносії та підвищення вимог до теплозахисту будівель викликає необхідність широкого застосування в будівництві ефективних теплоізоляційних матеріалів, які відповідають вимогам екології, пожежної безпеки, доступності вихідних компонентів, малої енергоємності виробництва. Цим вимогам у значній мірі відповідають вироби з ніздрюватих бетонів.

Основна науково-технічна ідея полягає в застосуванні для виробництва бетонів на легких заповнювачах і ніздрюватих бетонів нового зологіпсоцементного в'язучого (ЗГЦВ) з підвищеним вмістом золи-виносу ТЕС, розробленого в попередніх теоретичних дослідженнях [1].

Розроблений легкий керамзитобетон на основі ЗГЦВ досягає міцності на стиск 11 МПа, має середню густину 1450 кг/м³ та коефіцієнт розм'якшення 0,85.

Були визначені деформаційні характеристики та показники міцності ЗГЦ каменю оптимального складу [1] і керамзитобетону на його основі. В таблиці 1 наведені показники міцності під час короткочасного навантаження: міцність на стиск зразка кубічної форми — $R_{куб.}$; міцність на стиск зразка-призми — $R_{приз.}$; коефіцієнт призмної міцності — $K_{пм}$; модуль пружності — E_b ; коефіцієнт Пуассона — γ .

Аналіз даних таблиці показує, що показники міцності та пружні характеристики керамзитобетону на основі ЗГЦВ перевищують відповідні характеристики керамзитобетону контрольного складу, в якому використовувалося ГЦЗВ з низьким вмістом золи та співвідношенням компонентів, що відповідають вимогам ОСТ 21-29-77.

Показники міцності ЗГЦ каменю і керамзитобетону на його основі

№ складу	$R_{куб.}$, МПа	$R_{приз.}$, МПа	$K_{пм}$	E_b , МПа	γ
1	18,0	15,7	0,87	1,176	0,1650
2	11,5	11,9	0,98	1,058	0,1110
3	11,6	9,7	0,84	0,899	0,0933

Примітки: 1 — основний склад ЗГЦВ; 2 — керамзитобетон на ЗГЦВ основного складу; 3 — контрольний склад керамзитобетону на ЗГЦВ, який відповідає вимогам ОСТ 21-29-77.

Тривалі деформаційні випробування у часі показали, що деформація усадки стабілізувалася через 120 діб. Середнє значення деформації усадки для ЗГЦ каменю складало $\varepsilon_{yc} = 54 \cdot 10^{-5}$, а для бетону $\varepsilon_{yc} = 45 \cdot 10^{-5}$. Процес розвитку деформації повзучості у часі відбувається рівномірно та прак-

тично стабілізується через 180—200 діб. Деформація повзучості для керамзитобетону становила $\epsilon_{п.} = 235 \cdot 10^{-5}$.

Одним з недоліків ЗГЦВ є швидке тужавлення, яке доцільно регулювати за допомогою хімічних домішок. Відомо, що процеси тужавлення і твердіння можна регулювати за допомогою хімічних і мінеральних домішок. Розроблення і застосування хімічних домішок з метою поліпшення властивостей матеріалів і виробів на їх основі є одним із пріоритетних напрямків розвитку виробництва будівельних матеріалів.

Як хімічні домішки успішно застосовуються і синтетично створені речовини, і відходи хімічних та інших виробництв.

З відомих способів керування структуроутворенням легких бетонів найефективнішим і пристосованішим до наявних технологій є спосіб керування за допомогою хімічних домішок, що дозволяють регулювати процеси структуроутворення в широкому спектрі різних параметрів і тим самим впливати на кінцеві властивості виробів.

Моделюючи склад речовини домішки, застосовували такі критерії добору: ефект ПАР; кислий чи лужний характер середовища; речовина в складі відходу чи побічного продукту; стабільність складу.

До сповільнювачів тужавлення змішаних в'язучих речовин відносять слабкі органічні кислоти (лимонна, винна і т.п.), чи їх розчинні солі, що зменшують розчинність напівводного гіпсу. Під час пошуку також звертали увагу на відходи, що дають лужну реакцію, оскільки для активізації

в'язучих властивостей золи передбачалося використовувати компоненти, які вміщують луги.

Серед речовин, що випробували як домішку, були також і відходи виробництва сульфосаліцилової кислоти. Використовуючи ці відходи отримали результати впливу речовини на терміни тужавлення в'язучого (рис. 1).

Можливий механізм дії домішки полягає у створенні стійких структур, що є наслідком впливу однойменних аніонів, введених у ЗГЦВ у початковий період структуроутворення. Під час порівняльних випробувань зразків на міцність у віці 1, 3, 7 і 28 доби, виготовлених з домішкою і без неї були

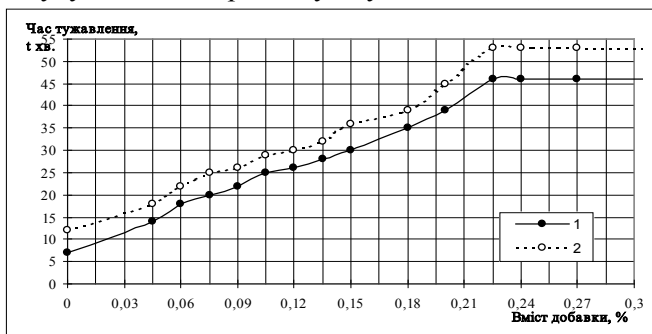


Рис. 1. Вплив домішки на терміни тужавлення ЗГЦВ (t , хв.) в залежності від її кількості у відсотках до маси в'язучого у перерахунку на суху речовину:
1 — початок тужавлення; 2 — кінець тужавлення

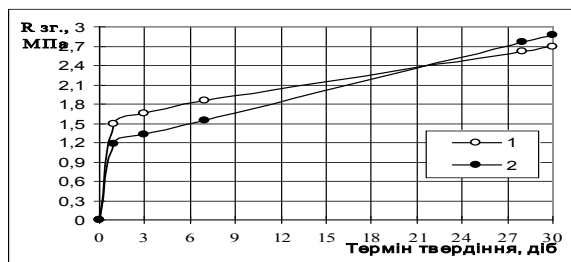


Рис. 2. Значення міцності на згинання зразків ЗГЦВ з домішкою та без неї:
1 — контрольний зразок; 2 — зразок з домішкою

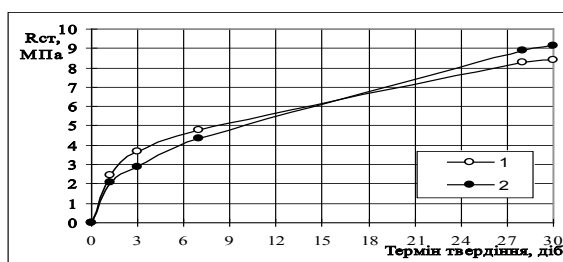


Рис. 3. Значення міцності на стискання зразків ЗГЦВ з домішкою та без неї:
1 — контрольний зразок; 2 — зразок з домішкою

отримані результати, показані на рис. 2 і рис. 3.

Незначне зниження кінетики росту міцності в початковий період твердіння можна пояснити тим, що зола є «резервуаром» води, яка поступово віддає її в середовище системи і у такий спосіб впливає на процес структуроутворення.

Результатом застосування домішки є зростання міцності на стискання і на згинання на величину від 5 до 10 %, при цьому домішка істотно змінює терміни тужавлення в'язучого і дозволяє регулювати їх у досить широких межах: початок тужавлення від 7 до 46 хв., кінець тужавлення від 14 до 53 хв.

Досить широке застосування в будівельній практиці сьогодні знаходять ніздрюваті бетони. Існують два основних способи створення у ніздрюваних бетонах пористої структури: змішування водяної суспензії розчинених компонентів з піною (пінобетони) або введення в суспензію газоутворювальних домішок (газобетони).

У вітчизняній та закордонній практиці відомий ряд способів виготовлення газобетону [2—4]. Спосіб отримання газобетону з використанням алюмінієвої пудри і гідроксиду кальцію одержав найбільшого поширення [4].

На газоутворювальну здатність суміші впливає ряд факторів. Головними з них є початкова в'язкість, текучість суміші, її температура, швидкість утворення структури суміші з визначеними механічними властивостями, кількість алюмінієвої пудри, хімічний склад суміші.

Відомо, що під час отримання газобетонних виробів дуже важливою є відповідність між закінченням спучування і початком структуроутворення ніздрюватої суміші. Порушення цієї відповідності призводить до погіршення властивостей готових виробів [2].

Виходячи з вищесказаного, для виготовлення ніздрюватих гіпсобетонних виробів за газобетонною технологією необхідне удосконалення способів регулювання термінів тужавлення для узгодження швидкостей твердіння і газовиділення.

До проблем виробництва газобетону відноситься одержання спучених і стійких сумішей з певною пористістю в залежності від заданої середньої густини.

Проведені експерименти показали, що на сумішах, приготовлених з водотвердим відношенням 0,55...0,65, не відбувається спучення суміші внаслідок її швидкого тужавлення, хоча вміст вапна та алюмінієвої пудри були достатніми для забезпечення значного газоутворення. Якщо водотвердні відношення 0,70...0,75, то суміш має малу в'язкість і відповідно низьку пластичну міцність, в результаті чого в процесі спучення спочатку газові бульбашки зливаються, а потім, досягнувши певної величини, спливають і викликають «кипіння» суміші. Це призводить до руйнування створеної ніздрюватої структури і значного осідання спученої суміші. При цьому інтенсивне газовиділення спостерігається протягом 30...40 хвилин.

Аналіз результатів експериментів показує, що необхідно збільшити початок тужавлення суміші до 30...40 хвилин, але при цьому суміш повинна бути досить в'язкою. За сповільнювач тужавлення вибрали запропоновану і описану вище складову відходів хімічного виробництва — маточний розчин сульфосаліцилової кислоти. При концентрації даного сповільнювача в кількості 0,2 % від маси в'язучого, початок тужавлення настає через 39 хвилин після замішування, кінець тужавлення — через 45 хвилин (див. рис. 1), що відповідає найбільш інтенсивному газовиділенню. До закінчення газовиділення спучена суміш набирає достатню механічну міцність і її осідання не відбувається.

Одержання газобетону заданої середньої густини та міцності — одна з найважливіших операцій технологічного процесу виробництва.

Результати експериментів показали (рис. 4), що зі збільшенням вмісту алюмінієвої пудри і вапна знижується як середня густина так і міцність ніздрюватого бетону. Найоптимальнішою є суміш із вмістом вапна 30 % від маси в'язучого. Зі зміною вмісту алюмінієвої пудри від 0,2 до 1,4 % середня густина змінюється від 400 до 800 кг/м³, а міцність на стискання від 0,5 до 3 МПа.

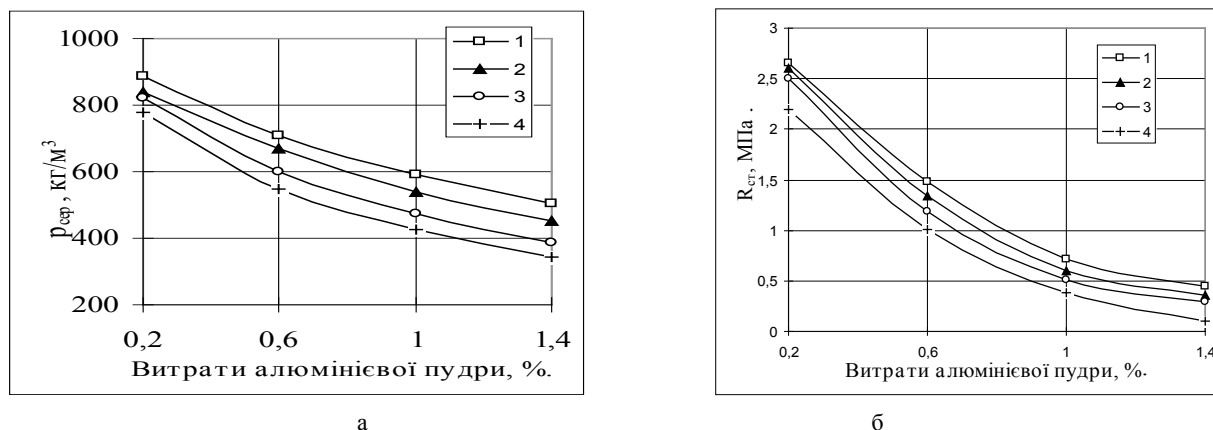


Рис. 4. Залежність середньої густини $\rho_{\text{ср}}$. (а) і міцності на стискання $R_{\text{ср}}$. (б) газобетону від витрати алюмінієвої пудри до маси в'язучого: вміст вапна від маси в'язучого: 1 — 10 %; 2 — 20 %; 3 — 30 %; 4 — 40 %

Таким чином, в результаті проведених досліджень, встановлено, що для узгодження початку тужавлення газобетонної суміші з закінченням газовиділення необхідно додавати сповільнювач тужавлення

ЗГЦВ — маточний розчин виробництва сульфосаліцилової кислоти в кількості 0,2 % від маси в'язучого. На оптимальному складі газобетонної суміші з температурою води замішування 40° С отримані газобетони із середньою густиною 400...800 кг/м³ і міцністю на стискання 0,5...3 МПа, що дозволяє використовувати такий матеріал для теплоізоляційних виробів.

Використання традиційних технологій ніздрюватих пінобетонів на запропонованому в'язучому вимагає вибору піноутворювачів, стійких у специфічному середовищі ЗГЦВ.

Під час проведення досліджень використовували піноутворювачі: олефінсульфат натрію з рН 10...11, алкілсульфат натрію з рН 7...8 і алкілсульфат натрію (некондиційний) з рН 7...8.

Оптимальну концентрацію піноутворювача визначали, виходячи з умов одержання стійкої піни. Піна повинна бути стійкою, в'язкою, однорідної структури. В її ніздрюватій структурі не повинно бути великих бульбашок, що з'являються на початку піноутворення, а потім зникають.

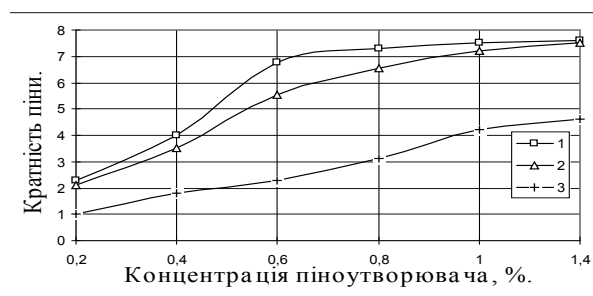


Рис. 5. Залежність кратності піни від концентрації піноутворювача: 1 — олефінсульфату натрію; 2 — алкілсульфату натрію; 3 — алкілсульфату натрію (некондиційний)

Результати досліджень зміни кратності піни в залежності від витрати піноутворювача (рис. 5) показують, що оптимальна концентрація піноутворювача олефінсульфату натрію складає від маси води 0,5...0,7 %, алкілсульфату натрію — 0,6...0,8 % і алкілсульфату натрію (некондиційного) — 1,1...1,3 %. Подальше збільшення витрати піноутворювача викликає незначне підвищення кратності піни.

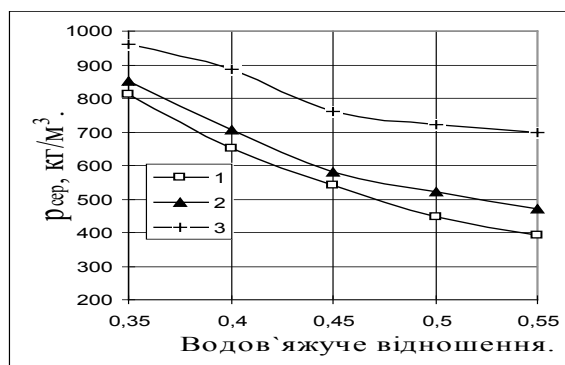
У технології пінобетону важливими умовами є не тільки достатня стійкість піни, але і відповідність початку її руйнування початку структуроутворення і досягнення ніздрюватої суміші необхідної пластичної міцності. У цьому випадку не спостерігається усадка залитої пінобетонної суміші,

збільшення щільності і зниження міцності пінобетону.

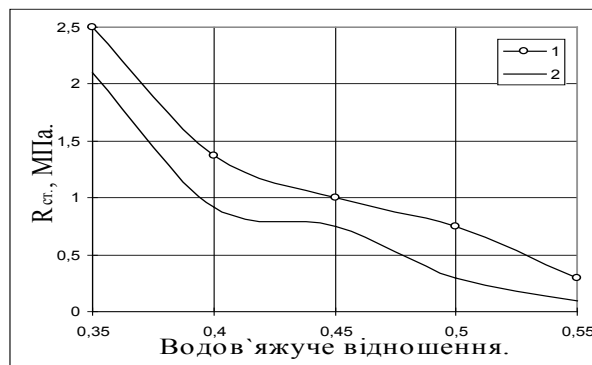
Проведені дослідження показали, що піна з застосуванням піноутворювальних домішок олефінсульфату натрію й алкілсульфату натрію починає руйнуватися через 10...12 хв., а алкілсульфату натрію (некондиційного) через 3...5 хв. У такий спосіб найбільш доцільними для сумісності за показником руйнування піни і початком структуроутворення ЗГЦВ є піноутворювальні домішки олефінсульфату натрію та алкілсульфату натрію.

На рис. 6 показані результати дослідження впливу виду піноутворювача з оптимальними концентраціями і водотвердого відношення на середню щільність та міцність на стискання пінобетону.

З наведених даних видно, що зразки, виготовлені із застосуванням піноутворювальної домішки олефінсульфату натрію мають вищу міцність, ніж зразки, виготовлені на піноутворювачі алкілсульфату натрію, з однаковими показниками середньої густини. Це можна пояснити сумісністю середовища ЗГЦВ і піноутворювача олефінсульфату натрію за водневим показником, у результаті чого не виникає руйну-



(а)



(б)

Рис. 6. Залежність середньої густини $\rho_{\text{сер}}$ (а) і міцності на стискання $R_{\text{ст}}$ (б) пінобетону від виду піноутворювача та водов'язучого відношення: 1 — олефінсульфат натрію; 2 — алкілсульфат натрію; 3 — алкілсульфат натрію (некондиційний)

вання ніздрюватої структури піноутворювача під дією лужного середовища ЗГЦВ. З цим пов'язана ниж-

ча міцність пінобетонних зразків із застосуванням піноутворювача алкілсульфату натрію, що має рН 7...8.

Оптимальною є піноутворювальна домішка олефінсульфату натрію тому, що початок руйнування піни з її використанням виникає після початку тужавлення ЗГЦВ. В результаті цього не відбувається осадження пінобетонної суміші, збільшення густини і зменшення міцності пінобетону. Крім того, піноутворювач олефінсульфату натрію і ЗГЦВ сумісні за водневим показником і це є підставою для прогнозування високої довговічності пінобетонних виробів.

Висновки

Таким чином, отримані пінобетони на основі ЗГЦВ із середньою густиною 400...800 кг/м³, міцністю на стискання 0,2...2,5 МПа та коефіцієнтом теплопровідності 0,1 — 0,2 Вт/м · К, що дозволяє використовувати такий матеріал для виготовлення теплоізоляційних виробів.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Гасан Ю. Г., Дорошенко А. Ю., Тарасевич В. И., Азнаурян И. А., Бондаренко С. В., Кучерова Г. В. Гипсосодержащие композиты, модифицированные серой и золой: Збірн. наук. праць. Київ. інст. залізничного транспорту. — К.: 1998. — Т. 1, вип. 1. — С. 120 — 125.
2. Меркин А. П., Филатов А. М., Принципы формирования ячеистой структуры суперлегких строительных материалов // Бетон и железобетон. — 1985. — № 5. — 22 с.
3. Грачевский М. Л., Селиванов А. В., Цирульников С. М. Основные направления автоматизации производства газобетона по резательной технологии // Строительные материалы. — 1988. — № 7. — С. 10 — 12.
4. Сиротин Б. Я., Петров Н. В., Винокуров О. П. Применение неавтоклавнога газобетона в сельском строительстве // Бетон и железобетон. — 1988. — № 7. — С. 23—24.
5. Гасан Ю. Г., Бондаренко С. В., Тарасевич В. И., Колодій А. В. Легкі бетони на зологіпсоцементному в'язучому з поліфункціональними добавками на основі відходів хімічних виробництв // Донбаська державна академія будівництва й архітектури. Вісник державної академії будівництва й архітектури. Збірник наукових праць. — 2000. — випуск 2(22). — С. 24 — 27.
6. Тарасевич В. И., Гасан Ю. Г., Бондаренко С. В., Веретильник В. Н. Спеціальний лицевальний будівельний матеріал на основі гіпсу, модифікованого золою і сіркою // Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів і виробів «НДІБМВ». Державний науково-дослідний інститут санітарної техніки й обладнання будівель та споруд «ДНДІСТ». Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка. Науково-технічний збірник. — 2000. — випуск 15. — С. 87 — 89.

Рекомендована кафедрою промислового та цивільного будівництва

Надійшла до редакції 13.02.01
Рекомендована до друку 20.11.01

Гасан Юрій Гусейнович — доцент кафедри будівельних матеріалів,
Тарасевич Віталій Іванович — доцент; **Кучерова Галина Василівна** — асистент;
Азнаурян Ірина Олександрівна — асистент; **Дугінов Віталій Євгенович** — доцент.

Кафедра фізики;
Бондаренко Сергій Васильович — молодший науковий співробітник, ДНДІВМ
ім. В. Д. Глуховського при КНУБА.

Київський національний університет будівництва та архітектури