

А.А. Салей, О.О. Сігунов, Т.В. Кравченко, Л.О. Хмарська

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДИСПЕРСНОСТІ КОМПОНЕНТІВ ГАЗОБЕТОНУ НА ЙОГО ОСНОВНІ БУДІВЕЛЬНІ ВЛАСТИВОСТІ

ДВНЗ "Український державний хіміко-технологічний університет", м. Дніпропетровськ

В даній роботі досліджено вплив на будівельні властивості легкого бетону дисперсності компонентів сировинної суміші, які найчастіше використовуються в технології виготовлення газобетону з використанням відходів підприємств Придніпровського регіону, зокрема доменного гранульованого шлаку та золи виносу теплоелектростанцій. Авторами виготовлено композиції ніздрюватих бетонів з різною дисперсністю складових та проведено аналіз щодо встановлення раціональних значень тонини помелу компонентів сировинної суміші. Встановлено, що формування певної фракції матеріалів відбувається за індивідуальною схемою. Так, питома поверхня тонких фракцій (менше $-0,14$ мм) збільшується в ряду: пісок-цемент-доменний гранульований шлак-вапно; в той же час для грубіших фракцій ця послідовність має вигляд: пісок-доменний гранульований шлак-цемент-вапно. В дослідженнях з метою оптимізації дисперсних характеристик сировинних сумішей використано симплекс-градчастий метод планування експерименту. Результати досліджень показали, що основні будівельно-технічні характеристики ніздрюватого бетону в значному ступені пов'язані з величиною тонини помелу кожного компонента композиції. Аналіз результатів показав, що раціональним з точки зору формування необхідних значень щільності та міцності для розроблених теплоізоляційних і конструкційно-теплоізоляційних газобетонних виробів є розмел вапна та заповнювачів до дисперсності не нижче $250 \text{ м}^2/\text{кг}$.

Ключові слова: ніздрюваті бетони, дисперсність, питома поверхня, газобетон, зола-винос, доменний гранульований шлак.

Вступ

Легкі бетони знаходять все більш широке застосування в будівництві завдяки своїм специфічним властивостям. Вони мають невелику об'ємну вагу, низьку теплопровідність при достатній міцності, характеризуються високою морозостійкістю і є матеріалами негниючими, незаймистими. Їх використовують в якості стінового матеріалу, утеплювача покриттів промислових будівель, теплотрас тощо [1].

Залежно від способу виготовлення ніздрюваті бетони поділяють на газобетон і пінобетон. У нас і за кордоном частіше перевагу віддають виробництву газобетону. Його технологія більш проста і дозволяє отримати матеріал зниженою об'ємної маси зі стабільними властивостями. Піна ж не відрізняється стабільністю, що викликає коливання об'ємної маси і міцності пінобетону. Газобетон готують із суміші портландцементу (часто з добавкою повітряного вапна або їдкового натру), кремнеземистого компонента та газоутворювача.

За типом хімічних реакцій газоутворювачі

ділять на такі види:

- а) ті, що вступають у хімічну взаємодію з в'язучим або продуктами його гідратації (алюмінієва пудра);
- б) ті, що розкладаються з виділенням газу (пергідроль H_2O_2);
- в) ті, що взаємодіють між собою і виділяють газ в результаті обмінних реакцій (наприклад, мелений вапняк і хлоридна кислота).

Найчастіше газоутворювачем слугує алюмінієва пудра, яка реагуючи з гідратом кальцій оксиду, виділяє водень.

Наряду з широким розповсюдженням газобетону на території України та інших державах є низка задач, які не повністю або неоднозначно вирішені при виготовленні цього матеріалу. Зокрема, потребує додаткових досліджень встановлення певних дисперсних характеристик для кожного із компонентів сировинної суміші, які дозволять зменшити енерго-матеріальні витрати при виготовленні газобетонних виробів.

Експериментальна частина

Публікуючи надану статтю автори пере-

Дисперсна характеристика використаних матеріалів

№ з/п	Назва матеріалу	Питома поверхня фракції, см ² /г		
		-0,63÷+0,315 мм (X1)	-0,315÷+0,14 мм (X2)	-0,14 мм (X3)
1	Цемент	940	1530	2200
2	Вапно	1170	2230	4980
3	ДГШ	890	1470	2750
4	Пісок	350	720	1280
5	Зола-винос	–	–	4670

слідували мету визначити раціональні значення дисперсності компонентів сировинних сумішей, які найчастіше використовуються в технології виготовлення газобетону з використанням відходів підприємств Придніпровського регіону.

Для досягнення поставленої мети необхідно вирішити наступні задачі:

- підготувати представницькі проби кожної із складових газобетону різних показників дисперсності з використанням ситового аналізу та визначення питомої поверхні матеріалів;

- згідно з [2] виготовити композиції газобетонів, які містять складові різної дисперсності;

- виконати аналіз результатів досліджень і визначити раціональні значення дисперсностей компонентів сировинної суміші при виготовленні газобетону.

При виконанні дослідницької роботи для виготовлення ніздрюватих бетонів неавтоклавного твердіння використовували портландцементний клінкер ВАТ “Івано-Франківськ Цемент”, гіпсовий камінь Артемівського родовища, доменний гранульований шлак ПАТ “Дніпровський металургійний комбінат ім. Ф.Е. Дзержинського”, вапно Дніпропетровського будівельного заводу стінових матеріалів, золу-винос Придніпровської ТЕС та річковий пісок.

В дослідженнях були обрані фракції основних компонентів, характеристики дисперсності яких наведені в табл. 1. Визначення питомої поверхні матеріалів здійснювався за методикою В.В. Товарова [3].

Аналіз результатів досліджень показав, що для фракцій -0,63÷+0,315 мм питома поверхня збільшується в ряду пісок→ДГШ→цемент→вапно; фракції -0,315÷+0,14 мм та фракції -0,14 мм – пісок→цемент→ДГШ→вапно.

З метою встановлення впливу дисперсності складових коміркового бетону була використана композиція [4] у відкорегованому змісті. Речовинний склад базової бетонної суміші наведений в табл. 2.

Як відомо, одними з основних якісних характеристик коміркових бетонів є їх щільність та межі міцності на стиск [5].

Таблиця 2

Речовинний склад базової композиції

Компоненти бетону	Вміст компонентів, мас.%
Цемент	35
Вапно	18
Пісок (ДГШ, зола-винос)	46
Гіпсовий камінь	1
Алюмінієва пудра (понад 100 мас.%)	0,083
Поверхнево-активна речовина (понад 100 мас.%)	0,001

В дослідженнях з метою оптимізації дисперсних характеристик сировинних сумішей був використаний симплекс-графічний метод планування експерименту другого порядку. Для планування експерименту були обрані три інтервали фракцій, вказаних в табл. 1. План експерименту наданий в табл. 3.

Таблиця 3

План експерименту

№ складу	Інтервали фракцій матеріалів зазначені в табл. 1 для:		
	цементу	вапна	піску (ДГШ, золи-виносу)
1	X1	X3	X3
2	X2	X3	X2
3	X3	X3	X1
4	X3	X2	X2
5	X3	X1	X3
6	X2	X2	X3

Формування складів проводилось згідно [6] в зразках 7×7×7 см з водотвердим співвідношенням (В/Т) для композицій з використанням ДГШ і піску В/Т=0,37, золи-виносу – В/Т=0,43. Вказані показники водотвердого відношення встановлені згідно з ДСТУ Б В.2.7-170-2008.

Після витримування зразків протягом 2, 7 та 28 діб у повітряних умовах проводилось встановлення їх основних властивостей, зокрема щільності та міцності на стиск. Результати випробувань для композицій, які містять в якості заповнювача річковий пісок, ДГШ та золу-ви-

носу наведені у табл. 4 та рис. 1–3.

Таблиця 4

Характеристика щільності коміркових бетонів

№ складу	Щільність зразка, які містять, г/см ³		
	пісок	ДГШ	золу-винос
1	0,689	0,800	0,728
2	0,666	0,754	0,753
3	0,757	0,930	0,831
4	0,930	0,891	0,817
5	0,734	0,840	0,764
6	0,794	0,900	0,769

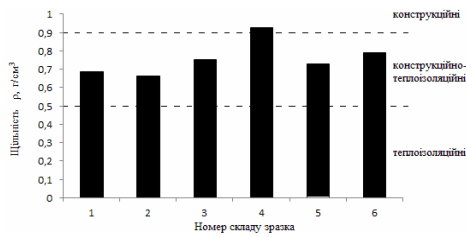


Рис. 1. Порівняльна характеристика щільності композицій, які містять в своєму складі пісок (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 4)

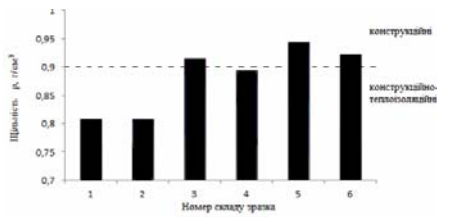


Рис. 2. Порівняльна характеристика щільності композицій, які містять в своєму складі ДГШ (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 4)

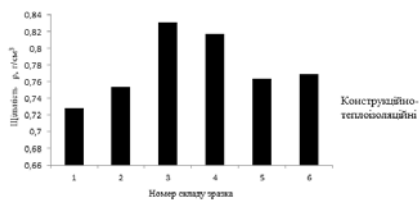


Рис. 3. Порівняльна характеристика щільності композицій, які містять в своєму складі золу-виноса (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 4)

Аналіз результатів, які характеризують вплив дисперсності складових композиції на її щільність дозволяє відмітити, що раціональним і обов'язковим є розмел вапна, піску, або ДГШ до високих дисперсностей (фракція менше – 0,14 мм).

Результати випробувань для визначення межі міцності на стиск композицій, які містять в якості заповнювача річковий пісок, ДГШ та золу-винос наведені у табл. 5 та рис. 4–6.

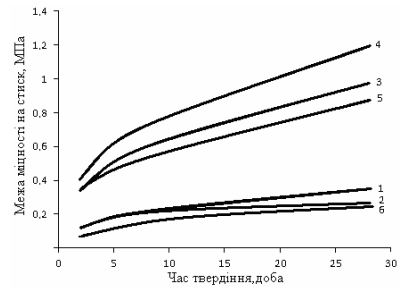


Рис. 4. – Кінетика твердіння композиції коміркових бетонів, які в якості заповнювача містять річковий пісок (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 5)

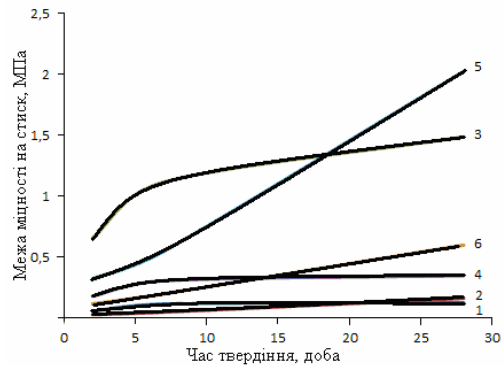


Рис. 5. Кінетика твердіння композиції коміркових бетонів, які в якості заповнювача містять ДГШ (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 5)

При аналізі результатів визначення міцнісних характеристик спостерігається впевнена тенденція формування більш високих показників при більш тонкому помелі саме цементної скла-

Таблиця 5

Характеристика міцності на стиск коміркових бетонів

№ складу	Межа міцності на стиск, через, МПа, які містять								
	2 доби			7 діб			28 діб		
	пісок	ДГШ	золу-винос	пісок	ДГШ	золу-винос	пісок	ДГШ	золу-винос
1	0,121	0,069	0,029	0,205	0,117	0,050	0,348	0,128	0,225
2	0,124	0,029	0,044	0,210	0,050	0,075	0,266	0,163	0,750
3	0,338	0,657	0,392	0,575	1,117	0,666	0,977	1,488	2,300
4	0,412	0,181	0,275	0,700	0,308	0,466	1,190	0,350	2,125
5	0,353	0,324	0,279	0,516	0,550	0,475	0,877	2,025	1,000
6	0,070	0,118	0,080	0,12	0,200	0,140	0,210	0,600	0,235

дової. Так найвищі значення міцності спостерігаються в композиціях № 3, № 4 та № 5, які вміщують високодисперсний цемент.

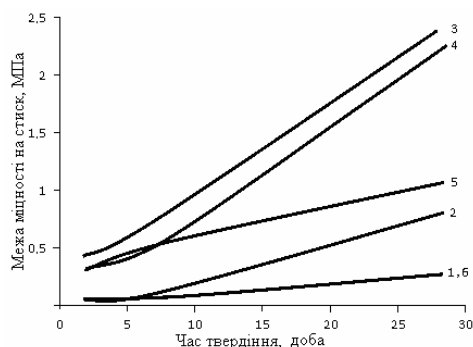


Рис. 6. Кінетика твердіння композиції коміркового бетону, які в якості заповнювача містять золу-виносення (цифри на графіку відповідають номерам складів в табл. 5)

Необхідно зазначити, що значення межі міцності на стиск одержані в лабораторних умовах необхідно використовувати тільки в порівняльному змісті, а не в абсолютному.

Поєднуючи аналіз формування щільності композицій з формуванням їх міцностних характеристик, можна зробити наступні висновки. Оскільки найголовнішим фактором для ніздрюватих бетонів, зокрема газобетонів, є формування якісної пористої структури (тобто щільності), акцент необхідно робити саме на цю характеристику. Тому, внаслідок того, що найбільш раціональними за щільністю є склади № 1 і № 2, та зважаючи на найвищу серед них міцність, слід дотримуватися підвищення дисперсності вапна та заповнювача (склад № 1), а при використанні ДГШ – склад № 2 – з підвищеною дисперсністю всіх компонентів в суміші.

Візуальний огляд зразків обраний оптимальним показав формування в них рівномірно-пористої структури, з дещо нечітко вираженими міжпоровими перегородками.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Кевеш П.Д., Эршлер Э.Я. Газобетон на пергидроле. – М.: Госстройиздат, 1961. – 114 с.
2. ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-45-96 (зі скасуванням в Україні ГОСТ 12852.0-77, ГОСТ 12852.5-77). Введ.01.11.2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010. – 41 с.
3. Андреев С.Е., Товаров В.В., Перов В.А. Закономерности измельчения и исчисление характеристик гранулометрического состава. – М.: Metallurgizdat, 1959. – 459 с.
4. Пат. 72845 Україна, МПК С 04 В 14/06 (2006.01), С 04 В 38/02 (2006.01) Сировинна суміш для виготовлення ніздрюватого бетону / Приходько Т.Д. – №20041109399; За-

явл. 16.11.2004; Опубл. 15.04.2005. Бюл. №4. – 3 арк.

5. Баженов Ю.М. Технология бетона: Учебник. – М.: Изд-во АСВ, 2002. – 500 стр.

6. ДСТУ Б В.2.7-214: 2009. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками. – Введено вперше (зі скасуванням в Україні ГОСТ 10180-90). Введ. 01.09.2010. – К.: Мінрегіонбуд України, 2010 р. – 36 с.

Надійшла до редакції 7.10.2015

INVESTIGATION ON THE INFLUENCE OF THE DISPERSION OF GAS CONCRETE COMPONENTS ON MAIN CONSTRUCTION PROPERTIES

A.A. Saley, A.A. Sigunov, T.V. Kravchenko, L.A. Khmarska
Ukrainian State University of Chemical Technology,
Dnepropetrovsk, Ukraine

In the present work we investigated the effect of the dispersion of raw mix components on the construction properties of lightweight concrete. Such concrete is often used in the manufacture of gas concrete using the wastes of Pridneprovsk region companies, including granulated blast-furnace slag and flue ash of thermal power plants. The compositions of cellular concrete with different components dispersity were formed and an analysis was made to determine the rational values of the fineness of grinding of the components in the raw mix. The formation of a defined fraction of individual materials was established to occur according to an individual scheme. Thus, the specific surface area of fine fractions (less than 0.14 mm) increases in the following range: sand, cement, granulated blast furnace slag, and lime. However, for crude fractions, this sequence is as follows: sand, granulated blast furnace slag, cement, and lime. In order to optimize the characteristics of dispersed raw mix, a simplex-lattice method of experiment planning was used. The research results showed that the main construction and technical characteristics of cellular concrete are mainly associated with the values of the fineness of grinding of each component of the composition. The analysis of the results revealed that a grinding of lime and fillers to the dispersity of at least 250 m²/kg is satisfactory from the point of view of the formation of required densities and strengths for the developed heat-insulating and structural heat-insulating gas concrete products.

Keywords: cellular concrete; dispersion; specific surface; concrete; ash removal; granulated blast-furnace slag.

REFERENCES

1. Kevesh P.D., Ershler E.A., *Gazobeton na pergidrole* [Aerocrete based on perhydrol]. Hosstroyizdat Publishers, Moscow, 1961. 114 p. (in Russian).
2. DSTU ISO B V.2.7-45:2010, *Betony nizdryuvatyi. Zagal'ni umovy* [Grating concretes: General specifications]. Minregionstroy of Ukraine, Kyiv, 2010. (in Ukrainian).
3. Andreev S.E., Tovarov V.V., Perov V.A., *Zakonomernosti izmelcheniya i ischislenie kharakteristik granulometricheskogo sostava* [The regularities of grinding and the calculation of particle size distribution]. Metallurgizdat Publishers, Moscow, 1959. 459 p. (in Russian).
4. Prihod'ko T.D., *Sirovynna sumish dl'a vygotovlenn'ya nizdryuvatogo betonu* [Raw mixes for manufacturing cellular concrete]. Patent UA, no. 72845, 2005. (in Ukrainian).
5. Bazhenov Yu.M., *Tekhnologiya betona: Uchebnik* [Concrete technology: Textbook]. ASV Publishers, Moscow, 2002. 500 p. (in Russian).
6. DSTU ISO B V.2.7-214:2009, *Betony. Metody vyznachenn'ya mitsnosti za kontrolnyimi zrazkamy* [Concrete: Methods for determining the strength of control samples]. Minregionstroy of Ukraine, Kyiv, 2009. (in Ukrainian).