

УДК: 666.952.2

## ВПЛИВ ТЕХНОЛОГІЧНИХ РЕЖИМІВ ФОРМУВАННЯ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ НА ЙОГО МАКРОСТРУКТУРНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В. Р. Сердюк, Б. І. Августович

*Наведено результати експериментальних досліджень впливу технологічних режимів формування ніздрюватого бетону на його макроструктуру. Досліджено вплив температурних режимів формувального розчину на макроструктурні характеристики матеріалу, вплив попередньої гідратації мінерального в'язучого і хімічних добавок на процеси стабілізації поризованих мас, досліджено вплив типів заповнювача на показники макроструктури зразків. Встановлено позитивний вплив поєднання фізико-хімічних і фізико-механічних факторів на макроструктурні характеристики зразків-моделей стінових будівельних матеріалів.*

**Ключові слова:** ніздрюватий бетон, поризована структура, пластична міцність, гідратація, енергозбереження.

## ВЛИЯНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ РЕЖИМОВ ФОРМИРОВАНИЯ ЯЧЕИСТОГО БЕТОНА НА ЕГО МАКРОСТРУКТУРНЫЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ

В. Р. Сердюк, Б. И. Августович

*Приведены результаты экспериментальных исследований влияния технологических режимов формирования ячеистого бетона на его макроструктуру. Исследовано влияние температурных режимов формовочного раствора на макроструктурные характеристики материала, влияние предварительной гидратации минерального вяжущего и химических добавок на процессы стабилизации поризованных масс, исследовано влияние типов заполнителя на показатели макроструктуры образцов. Установлено положительное влияние сочетания физико-химических и физико-механических факторов на макроструктурные характеристики образцов-моделей стеновых строительных материалов.*

**Ключевые слова:** ячеистый бетон, поризованный структура, пластическая прочность, гидратация, энергосбережения.

## IMPACT OF TECHNOLOGICAL REGIME OF POROUS CONCRETE MACROSTRUCTURAL ON ITS CHARACTERISTICS

V. Serduk, B. Avgustovych

*The results of experimental studies of the impact of technological modes of formation of porous concrete in its macrostructure. The influence of temperature conditions forming solution on macrostructural characteristics of the material, the effect of prior hydration mineral binder and chemical additives on the process of stabilization porous mass, the effect of filler types on the performance of macrostructure samples. The positive effect of a combination of physical, chemical and physico-mechanical factors on the macrostructural characteristics of the sample models of wall construction materials.*

**Keywords:** porous concrete, porous structure, the plastic strength, hydration, energy saving.

### Вступ

На сучасному етапі розвитку суспільства енергоефективність і енергозбереження є ключовими напрямками галузевих програм національної економіки будь-якої країни. Будівництво, як головна фондоутворююча галузь, повинно задавати тон у розв'язанні таких стратегічних завдань.

Початковим етапом втілення планів енергоощадливості є проектні рішення з використання ефективних будівельних матеріалів і виробів для спорудження об'єктів нерухомості. В переважній більшості запропонованих інженерних рішень перевага надається ніздрюватим бетоном, як доступному і відносно недорогому будівельному матеріалу.

Використання дрібнорозмірних будівельних матеріалів з ніздрюватих бетонів дозволяє зменшити тепловтрати приміщень і також сприяє підвищенню шумоізоляційних характеристики огорожуючих конструкцій. Окрім того, позитивним фактором є зменшення маси огорожуючих конструкцій споруд, що є теж важливим. Маса  $1\text{ м}^2$  зовнішньої стіни із ніздрюватого бетону щільністю  $600\text{ кг/м}^3$  в 2-6 раз менше аналогічних з керамзитобетону або цегли [1]. Крім того знижується навантаження на фундаменти, що обумовлює зменшення їх розмірів і отримання додаткового економічного ефекту.

Виробництво будівельних матеріалів з ніздрюватих бетонів передбачає використання автоклавної і безавтоклавної технологій формування поризованих масивів для подальшого отримання дрібнорозмірних виробів. Використання безавтоклавного способу формування стінових матеріалів не потребує значних капіталовкладень на облаштування виробництва. Собівартість газобетону безавтоклавного тверднення в середньому на 25-36 % менша за технологію виробництва з використанням автоклавів. Крім того безавтоклавна технологія виробництва стінових матеріалів дозволяє проектувати тимчасові мобільні виробництва поблизу об'єктів будівництва.

### Задачі досліджень

Складними фізико-хімічними процесами при структуроутворенні цементних систем є їх гідратація, набір пластичної міцності, тепловиділення і зміна показника рН. Найбільш інтенсивні процеси структуроутворення цементного клінкеру проходять в перші 20-60 хв, що супроводжується значною зміною реологічних характеристик матеріалу в цей період. При цьому процес зміни реологічних властивостей матеріалу міжніздрюватої перегородки впливає на інтенсивність розпушування і кінцеві фізичні та механічні властивості пористого матеріалу. Таким чином для газобетонів безавтоклавного тверднення проблемними питаннями формування ніздрюватої структури матеріалу є поєднання процесів набору пластичної міцності, газовиділення пороутворювача і стабілізації тепловиділення в сформованому масиві [1-3].

Потребують додаткового вивчення також вплив фізико-хімічних і геометричних параметрів заповнювачів на отримання рівномірно-поризованої структури матеріалу. Проблемними також є питання температурних режимів формувального розчину і процесу тужавлення поризованого масиву [1, 4].

### Вирішення наукових задач і результати досліджень

В роботі вирішення наукових завдань здійснювалось за трьома основними напрямками:

- дослідження впливу температурних режимів формувального розчину на макроструктурні характеристики матеріалу;
- дослідження впливу попередньої гідратації мінерального в'язучого і хімічних добавок на процеси стабілізації поризованих мас;
- дослідження впливу типів заповнювача на показники макроструктури зразків.

Для проведення експериментальних досліджень нами використовувався портландцемент М500. Як заповнювачі використовували кварцовий пісок з  $M_k = 1,6$ , гранітні відсівы з  $M_k = 1,5$ , золу-виносу Ладижинської ТЕЦ. Для формування поризованих мас використовували традиційні металеві форми-куби і форми-куби з полікарбонату. Температурні режими суміші змінювали підігрівом води до  $+10\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $+30\text{ }^\circ\text{C}$ ,  $+50\text{ }^\circ\text{C}$  і  $+70\text{ }^\circ\text{C}$ . Розчинну суспензію мінерального в'язучого використовували з попередньою витримкою протягом 0 хв., 15 хв., 30 хв., 45 хв. і 60 хв.

На рис. 1 представлено результати дослідження впливу часу попередньої гідратації в'язучого і температури води замішування на ступінь поризації масиву з використанням кварцового заповнювача.

З приведених результатів експериментальних досліджень спостерігаємо позитивну динаміку збільшення степеню пористості дослідного зразка з використанням кварцового заповнювача при попередній гідратації суспензії в'язучого до 60 хвилин. Оптимум на графіку спостерігається в межах 60-65 хв. Нагрівання води також позитивно впливає на фізичні параметри дослідних зразків.

На рисунку 2 представлено результати дослідження впливу часу попередньої гідратації в'язучого і температури води замішування на ступінь поризації масиву з використанням гранітного відсіву як заповнювача ніздрюватого бетону.

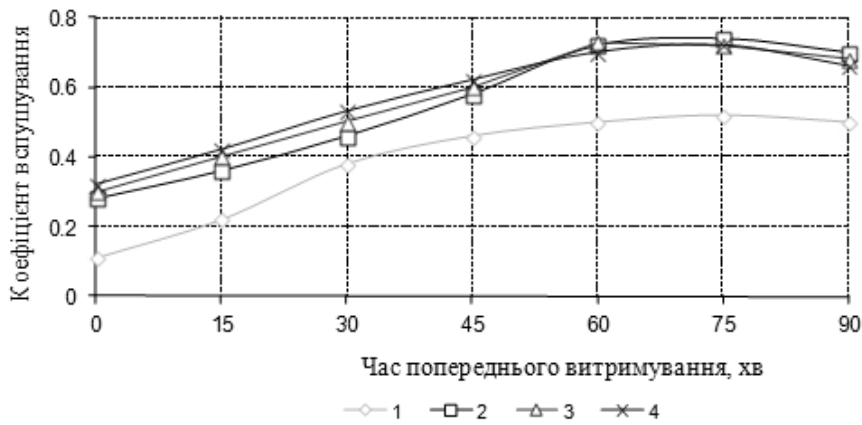


Рисунок 1 – Вплив технологічних параметрів суміші газобетону з використанням кварцового піску (температура і час попередньої гідратації) на зміни ступеню поризації масиву при регулюванні температури води замішування: 1 – 10 °С; 2 – 30 °С; 3 – 50 °С; 4 – 70 °С

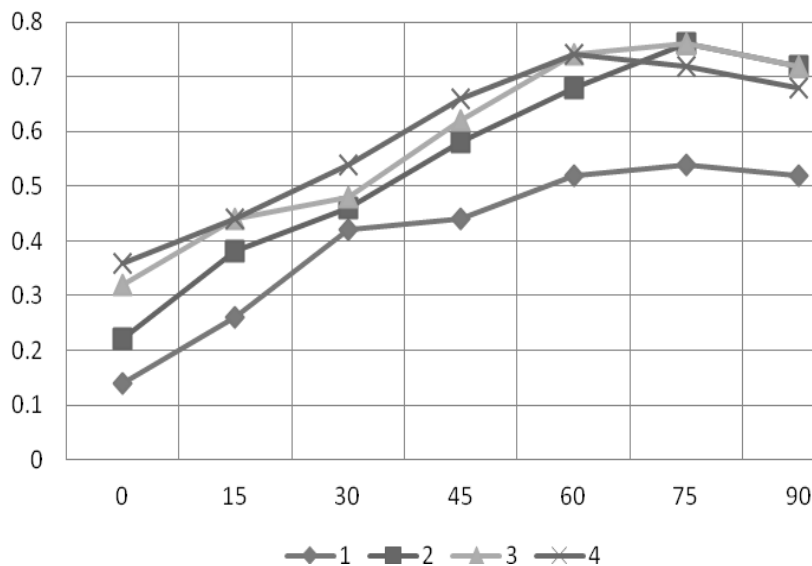


Рисунок 2 – Вплив технологічних параметрів суміші газобетону з використанням гранітного відсіву (температура і час попередньої гідратації) на зміни ступеню поризації масиву при регулюванні температури води замішування: 1 – 10 °С; 2 – 30 °С; 3 – 50 °С; 4 – 70 °С

Для зразків газобетону з використанням заповнювачем гранітного відсіву також дещо повторюється динаміка зміни фізичних параметрів матеріалу. Ступінь поризації структури матеріалу досягає 0,8. Очевидним є позитивний вплив на стабілізацію просадкових деформацій сировинної суміші уламкової форми частинок заповнювача. Для зразків газобетону на гранітних відсівах достатнім є нагрівання води до 30 °С, так як збільшення температури не сприяє суттєвому підвищенню пористості.

На рисунку 3 представлено результати дослідження впливу часу попередньої гідратації в'язучого і температури води замішування на ступінь поризації масиву з використанням заповнювача – золи-виносу.

Використання золи-виносу як заповнювача газобетону призводить до зниження пористості зразків. Очевидним є негативний вплив на просідання поризованого масиву її пластифікуючих властивостей – скловидна поверхня частинок заокруглених форм. Крім того завдяки високій дисперсності заповнювача, очевидним є недостатність клеючих мас мінерального в'язучого для стабілізації структури масиву. Збільшення температури води до 70 °С не сприяє приросту показника пористості зразків.

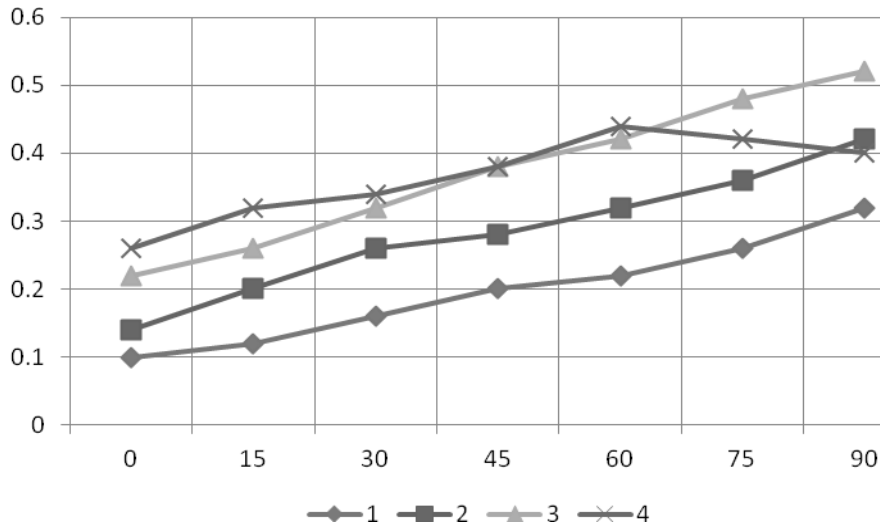


Рисунок 3 – Вплив технологічних параметрів суміші газобетону з використанням золи-виносу (температура і час попередньої гідратації) на зміни ступеню поризації масиву при регулюванні температури води замішування: 1 – 10 °С; 2 – 30 °С; 3 – 50 °С; 4 – 70 °С

В таблиці 1 представлено результати дослідження фізико-механічних властивостей зразків газобетону неавтоклавного тверднення, виготовлені за вище приведеними технологічними режимами. Нами було відібрано результати випробувань для моделей стінового матеріалу з найбільш оптимальними теплотехнічними характеристиками, зокрема мінімальними значеннями середньої густини виробів. Для конструкційно-теплоізоляційних будівельних матеріалів згідно нормативних вимог марка за середньою густиною повинна складати не більше D900, а міцність при стиску не менше B1,5 [5, 6].

Таблиця 1 – Фізико-механічні властивості зразків газобетону неавтоклавного тверднення

№ серії за температурою води	Вид заповнювача	Час попередньої гідратації, хв	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	Границя міцності при стиску R <sub>ст</sub> , МПа
1	Кварцовий пісок	60	920	3,6
2		60	680	3,4
3		60	700	3,8
4		60	720	2,6
1	Гранітний відсів	60	840	4,8
2		60	760	4,6
3		60	620	3,4
4		60	710	4,0
1	Зола-виносу	60	980	2,2
2		60	920	2,6
3		60	890	2,2
4		60	860	1,8

Аналізуючи представлені в таблиці 1 результати експериментальних досліджень можна стверджувати про доцільність використання в технології виготовлення ніздрюватих бетонів гранітних відсівів, як ефективного заповнювача композиту. Очевидним є також підвищення стабілізації поризованих формувальних мас за рахунок попередньої гідратації в'язучого і зменшення седиментаційних деформацій.

### Висновки

- В результаті виконаних науково-експериментальних досліджень встановлено, що комплексне поєднання фізико-хімічних і фізико-механічних факторів позитивно відобразилось на макроструктурних характеристиках зразків-моделей стінових будівельних матеріалів. Так для усіх трьох серій зразків з різними типами заповнювачів простежується підвищення міцності при стиску і зниження середньої густини матеріалу завдяки попередньому витримуванню суспензії в'язучого до введення його в формувальну суміш.
- Нагрівання води замішування до 50 °С є найбільш оптимальним параметром технологічних режимів, який забезпечує інтенсифікацію процесів формування гідратаційних новоутворень в структурі тверднучого масиву.

### Список використаної літератури

1. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных материалов: Учебник для вузов / Ю. П. Горлов, А. П. Меркин, А. А. Устенко. – М.: Стройиздат, 1980. – 399 с.
2. Киршнер Б. М. Технические решения теплоэффективных наружных стен зданий с применением ячеистого бетона // Б. М. Киршнер, А. П. Авдеенко, А. Н. Филатов. – “Будівництво України”. – 1997. – № 3. – С. 23-26.
3. Пашенко О. О. В'язучі матеріали / О. О. Пашенко, В. П. Сербін. – К.: ”Вища школа”, 1995. – 399 с.
4. Горлов Ю. П. Технология теплоизоляционных акустических материалов и изделий // Ю. П. Горлов. – М.: Высшая школа, 1989. – 372 с.
5. Воробьев В.А. Строительные материалы / В. А. Воробьев. – М.: В.Ш., 1962. – 496 с.
6. ДСТУ Б В.2.7-137: 2008 “Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні. Технічні умови”.
7. ДСТУ Б В. 2.7-45–96 “Бетони ніздрюваті. Технічні умови”.

**Сердюк Василь Романович** – д.т.н., професор, завідувач кафедри менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Августович Богдан Іванович** – аспірант кафедри Менеджменту будівництва та цивільної оборони Вінницького національного технічного університету.

**Сердюк Василий Романович** – д.т.н., профессор, заведующий кафедрой менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

**Августович Богдан Иванович** – аспирант кафедры менеджмента строительства и гражданской обороны Винницкого национального технического университета.

**Serduk Vasil** – Professor, head of the department of construction management and civil defence Vinnytsia national technical university.

**Avgustovych Bogdan** – graduate student of the department of construction management and civil defence Vinnytsia national technical university.