

# ХІМІЧНІ ТЕХНОЛОГІЇ

УДК 666.973.6

DOI <https://doi.org/10.32782/2663-5941/2023.2.2/01>

**Глуховський В.В.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

**Глуховський І.В.**

Національний технічний університет України  
«Київський політехнічний інститут імені Ігоря Сікорського»

## ТЕПЛОІЗОЛЯЦІЙНІ СТІНОВІ КОНСТРУКЦІЙНІ ЕЛЕМЕНТИ НИЗЬКОЇ ЕНЕРГОЄМНОСТІ

*Наведено результати дослідження основних фізико-механічних властивостей безавтоклавних пористих бетонів на основі портландцементу та великотоннажних промислових відходів (доменного гранульованого шлаку та кам'яновугільної золи).*

*Для реалізації цілей досліджень з розробки технології виготовлення високоміцних безавтоклавних газобетонів на основі великотоннажних відходів промисловості були використані лужні цементы. Особливістю зазначеного виду цементів є те, що вони виготовляються на основі великотоннажного відходу металургії – доменного гранульованого шлаку і характеризуються високою міцністю, довговічністю та корозійною стійкістю.*

*Встановлено основні механічні та теплофізичні характеристики бетонів, що виробляються за розробленими технологіями. Доведено, що такі стінові елементи відповідають вимогам діючих нормативних документів і характеризуються зростанням міцності в часі на відміну від пористих бетонів автоклавного твердіння та пінобетонів. Марочна міцність пропонує композицій у віці 28 діб, у всіх випадках, перевищує вимоги національного стандарту, а вологість газобетону знаходиться в межах значень відпускної вологості, що нормуються, тобто не більше 25%. Відмінною особливістю безавтоклавних газобетонів від аналогічних композицій автоклавного твердіння полягає у збільшенні межі міцності при стиску при подальшому твердінні протягом 90 діб.*

*Отримані результати випробування безавтоклавних газобетонів показують, що розроблені композиції характеризуються рівнями міцності в межах показників, що регламентують характеристики міцності газобетонів стандартами, не тільки в області безавтоклавних композицій, але і в області автоклавного газобетону. Високі фізико-механічні характеристики безавтоклавного газобетону були реалізовані під час випуску дослідно-промислової партії стінових газобетонних панелей розміром 3,3×1,5×0,5м.*

**Ключові слова:** безавтоклавні ніздрюваті бетони, лужні цементы, міцність при стиску, доменний гранульований шлак, кварцовий пісок.

**Постановка проблеми.** Виходячи з основних положень концепції сталого розвитку, газобетон можна розглядати як один з найбільш перспективних конструкційних матеріалів, що забезпечують суттєве скорочення енергетичних витрат на опалення приміщень при низьких витратах стінового матеріалу на квадратний метр поверхні стінової конструкції.

Але, дозволяючи суттєво скоротити теплові втрати будівель, традиційний газобетон, у своєму виробництві передбачає наявність високотемпературних процесів (автоклавування) та викорис-

тання сировинних продуктів, виробництво яких супроводжується утворенням великої кількості CO<sub>2</sub> (парникового газу). До складу сировинної суміші автоклавного газобетону входить до 40% за масою портландцементу та вапна. Виробництво цих в'язучих супроводжується виділенням в атмосферу великої кількості CO<sub>2</sub>. Парниковий газ утворюється не тільки при декарбонізації вапняку (до 300 кг на тонну портландцементу та до 780 кг на тонну вапна), а й при спалюванні палива, яке використовується для випалу сировинних сумішей.

Фахівці вважають, що з урахуванням вуглекислого газу, який утворюється під час транспортування готового продукту, виробництво однієї тони цементу супроводжується викидом у атмосферу однієї тони вуглекислого газу [1].

**Аналіз останніх досліджень і публікацій.** Однією з особливостей сучасного періоду розвитку будівельного виробництва є підвищення вимог до теплозахисних характеристик огороджуючих конструкцій будівель [2], що обумовлює тенденцію до збільшення долі ніздрюватого бетону у загальному обсязі стінових огороджуючих конструкцій.

Технологія виробництва автоклавного ніздрюватого бетону характеризується високою енергоємністю, оскільки передбачає наявність у технологічному процесі високотемпературної обробки кінцевого продукту при температурах до 200°C та тиску до 1,2 МПа, що складає більш ніж 30% від загальної собівартості [3, 4], щільний помел кремнеземного компонента та використання до 120 кг на кубічний метр портландцементу, що додатково збільшує енергоємність автоклавного ніздрюватого бетону.

Одним із шляхів зниження енергоємності виробництва конструкційних теплоізоляційних матеріалів є використання безавтоклавного газобетону, що твердіє в нормальних умовах [5]. Цей матеріал володіє всіма основними властивостями, що відповідають сучасним вимогам до будівельних матеріалів по теплозахисним характеристикам.

Крім цього, технологія виробництва автоклавного газобетону, яка включає високотемпературну обробку, обмежує максимальний розмір готового виробу, що обумовлено утворенням тріщин у виробках великого розміру при швидкому зменшенні тиску на останній стадії автоклавної обробки. Ці обмеження відсутні у технології виробництва газобетону, що твердіє у нормальних умовах, що дозволяє виготовляти елементи стінової конструкції більших розмірів при умові виготовлення газобетону з необхідними фізико-механічними характеристиками, які забезпечують можливість сприймати навантаження, що виникають при транспортуванні та монтажу конструкційних елементів великих розмірів, що буде сприяти інтенсифікації будівельного процесу, скороченню витрат основних та допоміжних будівельних матеріалів на будівельному майданчику та створенню умов для постачання на будівництво конструкцій та виробів повної виробничої готовності.

**Постановка завдання.** Метою дослідження було розроблення наукових засад формування

структури ніздрюватих композицій, що твердіють в нормальних умовах, в залежності від виду в'язучого, інтенсивності процесів взаємодії в зоні контакту в'язучого та заповнювача (або наповнювача) і швидкості процесів структуроутворення матеріалу матриці.

**Виклад основного матеріалу дослідження.** З метою реалізації зазначених цілей у роботі були досліджені безавтоклавні ніздрюваті бетони на основі портландцементу з добавками доменного гранульованого шлаку, кам'яновугільної золи і кварцового піску та бетони на основі лужного цементу [6] добавкою немеленого доменного гранульованого шлаку та кварцового піску.

Базовий склад робочої суміші газобетону на основі портландцементу підбирався за умови досягнення оптимальної текучості суміші при мінімальному значенні В/Ц. На основі результатів оптимізації складу бетонів були виготовлені дослідні зразки, результати випробування яких наведені у таблиці 1.

Максимальне значення міцності у віці 28 діб для ніздрюватих бетонів за класом по середній густині D500 складає 3,41 МПа, що у 2,3 рази вище значення, що регламентоване діючим нормативним документом для ніздрюватих бетонів вказаного класу. Аналогічно, перевищення за вказаним показником для бетонів класу за середньою густиною D600 складає 1,8 рази, для D700 – 1,6 рази та для D800 – 1,5 рази.

Також встановлено, що після 28 діб твердіння, термін при якому визначається марка ніздрюватого бетону, що твердіє в нормальних умовах, міцність усіх композицій продовжує збільшуватися (табл. 1).

На основі отриманих результатів було встановлено, що міцність ніздрюватого бетону при однаковому значенні середньої густини (рис. 1) визначається значенням робочого водоцементного відношення та збільшується зі зниженням цього показника.

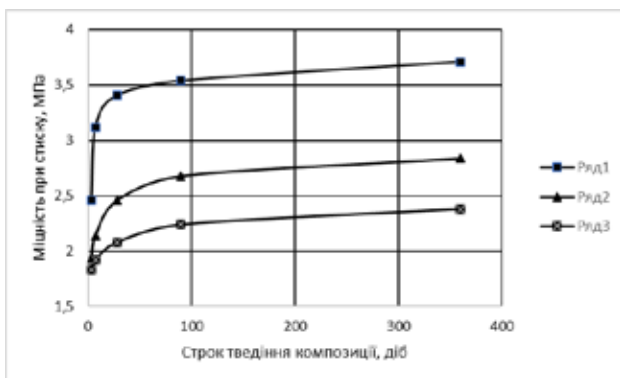
При постійному значенні робочого водоцементного відношення (рис. 2) міцність композиції зростає зі збільшенням середньої густини ніздрюватої композиції. Встановлена залежність також зберігається на протязі всього терміну твердіння за який були виконані випробування.

Введення до складу твердіючого цементного каменю наповнювачів або заповнювачів, що здійснюється з метою зниження витрати цементу, визначає необхідність врахування, при проектуванні складів таких композицій, процесів, що відбуваються в зоні контакту в'язучого та наповню-

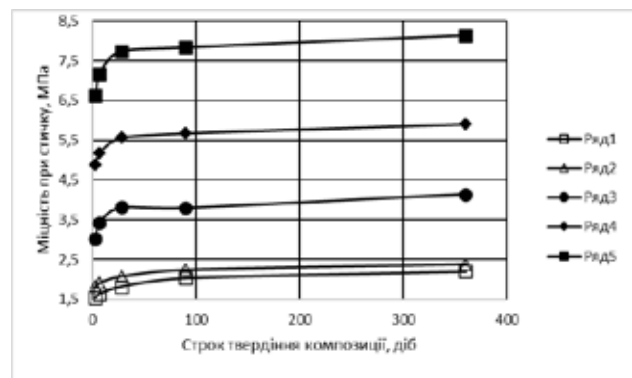
Таблиця 1

**Фізико-механічні характеристики ніздрюватих бетонів на основі портландцементу  
(зведені результати)**

№	Максимальна марка за ДСТУ, МПа	Середня густина, кг/м <sup>3</sup>	В/Ц	Міцність при стиску, МПа, у віці, дб				
				3	7	28	90	360
1	1,5	470	0,376	1,54	1,63	1,82	2,03	2,20
2		490	0,300	1,83	2,09	2,50	2,64	2,89
3		500	0,320	1,94	2,14	2,46	2,68	2,84
4		510	0,376	1,83	1,92	2,08	2,24	2,38
5		510	0,298	2,46	3,12	3,41	3,54	3,71
6	2,5	600	0,298	2,84	3,00	3,57	4,10	4,31
7		630	0,376	3,03	3,43	3,81	3,80	4,14
8		640	0,297	2,83	3,52	4,46	5,03	5,06
9	3,5	700	0,376	4,88	5,18	5,57	5,68	5,91
10	5,0	800	0,376	6,62	7,17	7,74	7,83	8,13



**Рис. 1.** Зміння міцності ніздрюватого бетону з часом в залежності від значення водоцементного відношення: 1 – В/Ц=0,298 (середня густина 510 кг/м<sup>3</sup>); 2 – В/Ц=0,32 (середня густина 500 кг/м<sup>3</sup>); 3 – В/Ц=0,376 (середня густина 510 кг/м<sup>3</sup>)



**Рис. 2.** Зміння міцності ніздрюватого бетону з часом при постійному значенні водоцементного відношення (В/Ц = 0,376) при значенні середньої густини 470 кг/м<sup>3</sup> (1), 510 кг/м<sup>3</sup> (2), 630 кг/м<sup>3</sup> (3), 700 кг/м<sup>3</sup> (4) и 800 кг/м<sup>3</sup> (5)

Таблиця 2

**Результати підбору складів ніздрюватих бетонів**

№ складу	Вид добавки	Кількість добавки, мас. % від маси цементу	Середня густина бетону, кг/м <sup>3</sup>	В/Т
8	без добавки	0	640	0,297
11	зола	67	630	0,278
12	шлак	100	630	0,298
13	пісок	25	630	0,246
14	пісок	43	640	0,226
15	пісок	67	650	0,216

вача або заповнювача. В якості наповнювачів була використовувалася суха кам'яновугільна Ладизинської ТЕС з питомою поверхнею 2656 см<sup>2</sup>/г та шлак мелений доменний гранульований ЗАТ «Дніпропетровський цементний завод» з питомою поверхнею 3159 см<sup>2</sup>/г, а в якості заповнювача немелений кварцовий пісок з модулем крупності 1,43.

Результати підбору складів ніздрюватих бетонів та результати випробування дослідних зразків наведені у таблицях 2 та 3.

Аналізом залежностей, що характеризують кінетику набору міцності ніздрюватим бетоном який виготовлений на основі базового складу (зразок 8) та з добавками в якості наповнювача золи (зразок 11) та меленого шлаку (зразок 12) встановлено, що характер кривої яка характеризує кінетику зміни міцності ніздрюватого бетону з добавкою золи відрізняється від аналогічних залежностей для базового складу та складу з добавкою шлаку.

**Фізико-механічні характеристики ніздрюватих бетонів на основі портландцементу з добавками золи, меленого доменного гранульованого шлаку та кварцового піску**

№ складу	Міцність при стиску, МПа	Міцність при стиску, МПа, у віці, діб				
		3	7	28	90	360
8	ніздрюватого бетону	2,83	3,52	4,46	5,03	5,06
	матеріалу матриці	43,0	44,5	46,5	48,9	52,0
11	ніздрюватого бетону	1,71	2,34	3,22	4,81	5,06
	матеріалу матриці	17,1	19,8	27,7	35,5	38,1
12	ніздрюватого бетону	1,92	2,09	3,38	3,58	3,84
	матеріалу матриці	15,8	17,9	40,9	43,3	45,1
13	ніздрюватого бетону	2,22	2,64	3,05	3,61	4,02
	матеріалу матриці	31,4	35,2	44,4	47,7	51,1
14	ніздрюватого бетону	2,05	2,29	2,93	3,31	3,88
	матеріалу матриці	18,3	20,8	31,3	36,7	46,5
15	ніздрюватого бетону	1,79	1,93	2,41	2,64	3,31
	матеріалу матриці	19,8	21,2	33,3	38,0	44,6

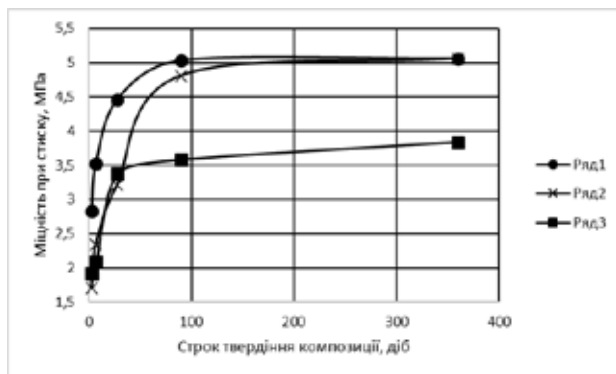


Рис. 3. Кінетика зміни міцності при стиску ніздрюватого бетону при твердінні у нормальних умовах: 1 – склад 8 (без добавки); 2 – склад 11 (з добавкою золи); 3 – склад 12 (з добавкою шлаку)

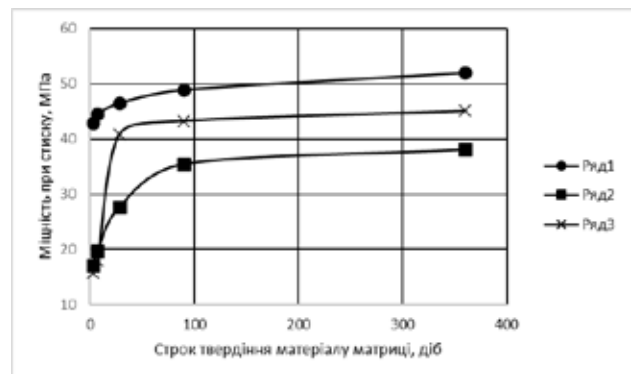


Рис. 4. Кінетика зміни міцності при стиску матеріалу матриці бетону при твердінні у нормальних умовах: 1 – склад 8 (без добавки); 2 – склад 11 (з добавкою золи); 3 – склад 12 (з добавкою шлаку)

**Значення втрат маси за результатами диференційно-термічного аналізу матеріалу матриці**

№ складу	Кількість добавки, мас. %, від цементу	Втрата маси, мас. %, в температурному інтервалі			
		20-200°C	500-580°C	700-800°C	в. п. п.
8	без добавки	5,5	1,75	5,75	20,0
11	зола – 67	4,5 (7,5)*	0,75 (1,25)	2,5 (4,2)	31,7
12	шлак – 100	5,0 (10,0)	1,5 (3,0)	2,25 (4,5)	40,0

\*примітка – в дужках наведені показники у перерахунку на 100 мас. % цементу в складі композиції.

На протязі 28 діб нормального твердіння рівень міцності ніздрюватого бетону з добавкою золи та меленого шлаку (рис. 3) знаходився практично на однаковому рівні 3,22 та 3,38 МПа відповідно. Але при подальшому твердінні відмічається різке збільшення міцності ніздрюватого бетону з добавкою золи у віці 90 діб до рівня 4,81 МПа, тобто майже на 50%, тоді як рівень міцності ніздрюватого бетону з добавкою меленого шлаку за той же період збільшився всього на 6%.

Аналогічна залежність, яка характеризує кінетику набору міцності матеріалу матриці (рис. 4) свідчить про те, що рівень міцності матеріалу матриці зразків з добавкою шлаку у віці 28 діб складає 40,9 МПа, тоді як аналогічний показник матеріалу матриці з добавкою золи характеризується значенням 27,7 МПа. При подальшому твердінні рівень міцності матеріалу матриці зразків з добавкою шлаку практично не змінюється і у віці 90 діб складає 43,3 МПа, а аналогічний показник

Таблиця 5

## Основні показники лужного цементу

Вид лужного компоненту	густина розчину, кг/м <sup>3</sup>	Строки тужавлення, хвилин		Марка лужного цементу, МПа, у віці	
		початок	кінець	7 суток	28 суток
метасилікат натрію	1200	36	45	63,0 (5,6)*	107,8 (7,6)
	1250	37	48	59,2 (7,1)	93,0 (6,5)
дисилікат натрію	1300	56	70	48,3 (4,6)	77,3 (6,3)

\* примітка – у дужках наведена межа міцності на розтяг при згині

Таблиця 6

## Фізико-механічні характеристики безавтоклавних газобетонів на основі лужного цементу

Марка бетону за середньою густиною	Середня густина зразка, кг/м <sup>3</sup>	Вологість зразка мас. %	Міцність при стиску, МПа, у віці		
			7 діб	28 діб	90 діб
без заповнювача					
D500	520	18,7	2,54	4,07	4,32
D600	610	16,9	3,74	4,75	5,10
D700	680	17,6	5,02	6,09	6,46
заповнювач – кварцовий пісок (фракція 0,25-0,5 мм) 50 % від маси шлаку					
D500	510	15,5	2,29	2,97	3,16
D600	620	15,7	3,87	4,36	4,55
D700	690	16,1	4,84	5,78	6,17
заповнювач – кварцовий пісок (фракція 0,25-0,5 мм) 100 % від маси шлаку					
D500	530	12,1	2,38	2,67	2,86
D600	610	13,7	3,74	3,82	4,02
D700	710	13,9	4,86	5,04	5,31
заповнювач – шлак немелений (фракція 0,25-0,5 мм) 50 % від маси шлаку					
D500	500	19,7	2,54	2,87	3,03
D600	620	18,5	4,03	4,47	4,67
D700	700	18,4	4,93	5,14	5,38
заповнювач – шлак немелений (фракція 0,25-0,5 мм) 100 % від маси шлаку					
D500	510	17,4	2,17	2,54	2,61
D600	590	17,5	3,02	3,75	3,90
D700	690	18,0	4,09	4,43	4,57

для зразків з добавкою золи дорівнює 35,5 МПа, тобто збільшився на 28%.

З метою визначення причин зазначеного протиріччя у роботі було виконано диференційно-термічний аналіз зразків матеріалу матриці базового складу та складів з добавками золи і меленого шлаку у віці 90 діб (табл. 4).

Наведені результати вказують на те, що у разі використання в якості добавки золи, в процесі структуроутворення цементного каменю відбувається взаємодія золи з гідроксидом кальцію, який утворюється при гідратації портландцементу. В разі використання в якості добавки меленого шлаку, кількість гідратних новоутворень збільшується за рахунок гідратації шлаку.

Тобто на основі вказаних результатів диференційно-термічного аналізу може бути пояснено суттєве підвищення міцності ніздрюватого бетону з добавкою золи у віці 90 діб, тим, що у вказаній

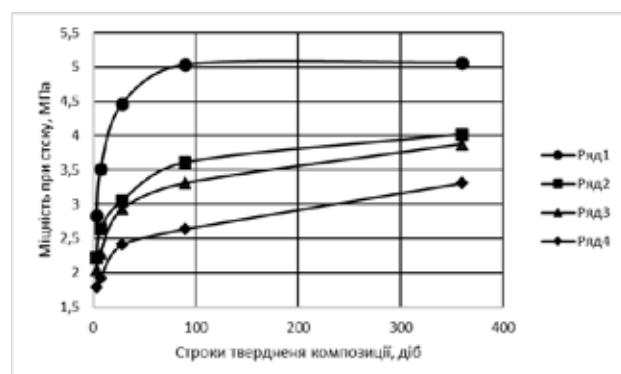


Рис. 5. Кінетика зміни міцності при стиску ніздрюватого бетону при твердінні у нормальних умовах: 1 – склад 8 (без добавки); 2 – склад 13 (з добавкою піску 25%); 3 – склад 14 (з добавкою піску 25%); 4 – склад 15 (з добавкою піску 67%)

композиції саме в цей час протікають процеси хімічної взаємодії новоутворень цементного каменю та добавки. В разі відсутності такої хіміч-

ної взаємодії добавка наповнювача практично не впливає на міцність ніздрюватого бетону.

Про це також свідчать залежності, що характеризують кінетику набору міцності ніздрюватим бетоном який виготовлений з добавкою в якості заповнювача немеленого кварцового піску в кількості 25 мас. % (зразок 12), 43 мас. % (зразок 13) та 67 мас. % (зразок 14), які вказують на те, що зі збільшенням кількості заповнювача, міцність ніздрюватого бетону знижується (рис. 5). При чому характер залежностей не змінюється з часом та відповідає характеру зміни у часі міцності матеріалу матриці (табл. 3).

Для реалізації цілей досліджень з розробки технології виготовлення високоміцних безавтоклавних газобетонів на основі великотоннажних відходів промисловості були використані лужні цементы [7], які виготовляються на основі доменного гранульованого шлаку та характеризуються високою міцністю (до 100 МПа), довговічністю (F1000) та корозійною стійкістю.

Характеристики лужного цементу, використаного для розробки безавтоклавного газобетону на основі меленого доменного шлаку, представлені в таблиці 5.

Результати випробування зразків безавтоклавного газобетону (табл. 6), які були виготовлені на основі лужного цементу без заповнювача та з композицій на основі лужного цементу з заповнювачем у вигляді фракціонованого кварцового піску та немолотого доменного гранульованого

шлаку, вказують на те, що представлені безавтоклавні газобетони у віці 7 діб характеризуються високими рівнями міцності при стиску на рівні вимог національного стандарту для безавтоклавних газобетонів у віці 28 діб (табл. 8). Марочна міцність досліджуваних композицій у віці 28 діб, у всіх випадках, перевищує вимоги до марки національного стандарту, а вологість газобетону знаходиться в межах значень відпускнуої вологості, що нормуються, тобто не більше 25%.

Лужне середовище лужного цементу забезпечує хімічну взаємодію продуктів його гідратації з поверхнею наповнювача – кварцового піску. Відсутність такої взаємодії у композиціях на основі портландцементу обумовлює помітне зниження міцності при стисканні композицій газобетону (табл. 7). При введенні до складу газобетону кварцового піску в кількості 25% від маси портландцементу міцність знижується до 68% від міцності композицій без заповнювача. Зі збільшенням частки заповнювача до 43 і 67%, міцність знижується до 66 і 54% відповідно. У той же час при введенні кварцового піску до складу композицій на основі лужного цементу в кількості 50 і 100% від маси шлаку, зниження міцності становить 10 і 20% відповідно.

Отримані результати випробування безавтоклавних газобетонів на основі лужного цементу показують, що розроблені композиції характеризуються рівнями міцності в межах показників, що регламентують характеристики міцності

Таблиця 7

**Міцність безавтоклавного газобетону D600 на основі портландцементу та лужного цементу без заповнювача та із заповнювачем, кварцовим піском, у віці 28 діб**

Вид цементу	Кількість заповнювача, %, від маси цементу	Міцність при стиску, МПа, у віці 28 діб	Міцність у % від міцності зразків без заповнювача
Портландцемент	0	4,46	100
	25	3,05	68,4
	43	2,93	65,7
	67	2,41	54,0
Лужний цемент	0	4,75	100
	50	4,36	91,8
	100	3,82	80,4

Таблиця 8

**Вимоги стандарту та характеристики міцності безавтоклавного газобетону на основі лужного цементу**

Марка бетону за середньою густиною	Рівні міцності при стиску газобетону, МПа, у відповідності до ДСТУ [8]		Міцність при стиску, МПа, безавтоклавного газобетону на основі лужного цементу		
	автоклавного	безавтоклавного	без заповнювача	з заповнювачем, немелений шлак у кількості	
				50 %	100 %
D500	2,17 – 3,62	1,45 – 2,90	4,07	2,87	2,56
D600	2,90 – 3,62	2,17 – 2,90	4,75	4,47	3,75
D700	3,62 – 7,23	2,90 – 3,62	6,09	5,14	4,43

газобетонів національними стандартами, не тільки в області безавтоклавних композицій, але і в області автоклавного газобетону (табл. 8).

Високі фізико-механічні характеристики безавтоклавного газобетону D600 були реалізовані під час випуску дослідно-промислової партії стінових газобетонних панелей розміром 3300×1500×500 мм.

#### Висновки.

1 Максимальним значенням міцності при стиску у віці 28 діб характеризується безавтоклавний ніздрюватий бетон марки D600 на основі портландцементу без мінеральних добавок – 4,5 МПа. Аналогічна характеристика для ніздрюватого бетону з добавкою золи та меленого шлаку складає 3,2 та 3,4 МПа, а мінімальними значеннями міцності у віці 28 діб характеризуються

бетони з добавкою немеленого піску 3,1, 2,9 та 2,4 МПа при кількості піску 25, 43 та 67 мас. % відповідно. Проте, ніздрюваті бетони всіх названих складів за міцністю при стиску, перевищують значення, що регламентується діючим нормативним документом для безавтоклавних ніздрюватих бетонів.

2 Максимальним значенням міцності при стиску у віці 28 діб характеризується безавтоклавний ніздрюватий бетон марки D600 на основі лужного цементу без мінеральних добавок – 4,75 МПа. Аналогічна характеристика для ніздрюватого бетону з добавкою немеленого доменного гранульованого шлаку складає 4,5 МПа (при кількості добавки 50 мас. %) та 3,8 МПа (при кількості добавки 100 мас. %).

#### Список літератури:

1. U.S. Concrete, Inc. Cement and CO<sub>2</sub> emissions. Communications Department 331 N. Main Street Euless, TX 76039. URL: <https://www.us-concrete.com/low-co2-concrete> (дата звернення: 08.12.2022).
2. ДБН В.2.6-31:2006. Теплова ізоляція будівель. Конструкції будинків і споруд. Державні будівельні норми України. Київ, 2006. 36 с.
3. Захарченко П.В., Плиська Є.І. Стан та перспективи розвитку ринку газобетонних виробів в Україні та світі. Строительные материалы и изделия. 2013. № 5-6. С. 80-81.
4. Страхук С.В., Багаєва Т.Ю., Щепещенко Т.А. Газобетон неавтоклавного твердження – технологія та перспективи виробництва в Україні. Строительные материалы и изделия. 2013. № 4. С. 48-51.
5. Сахаров Г.П. Альтернативные теплоизоляционные материалы для ограждающих конструкций зданий. Строительные материалы и изделия. 2005. № 3. С. 2-7.
6. Raw mixture and method for producing gas concrete: пат. 9487442 США: U.S.Cl. C04B 7/1535 (2013.01) V. Glukhovskiy, I. Glukhovskiy, заявл. 03.02.2016, опубл. 08.10.2016.
7. ДСТУ Б В.2.7-181:2009. Будівельні матеріали. Лужні цементи. Технічні умови. Київ, 2009. 11 с.
8. ДСТУ Б В.2.7-45:2010. Будівельні матеріали. Бетони ніздрюваті. Загальні технічні умови. Київ, 2010. 15 с.

#### Glukhovskiy V.V., Glukhovskiy I.V. HEAT-INSULATING WALL STRUCTURAL ELEMENTS OF LOW ENERGY INTENSITY

*The results of a study of the main physical and mechanical properties of non-autoclaved cellular concrete based on Portland cement and large-tonnage industrial waste (granulated blast-furnace slag and coal ash) are presented.*

*To implement the research objectives for the development of manufacturing technology for high-strength non-autoclaved aerated concretes on the basis of large industrial waste, alkaline cements. The peculiarity of this type of cement, is that they are made on the basis of large-scale wastes of metallurgy – blast furnace granulated slag and are characterized by a high branding strength, durability and corrosion resistance.*

*The main mechanical and thermophysical characteristics of concretes produced according to the developed technologies have been established. It has been proven that such wall elements meet the requirements of the current regulatory documents and are characterized by an increase in strength over time, in contrast to autoclaved cellular concrete and foam concrete. The brand strength of the proposed compositions at the age of 28 days, in all cases, exceeds the requirements for the brand of the national standard, and the moisture content of aerated concrete is within the normalized values of the release moisture content, that is, no more than 25%. A distinctive feature of non-autoclaved aerated concrete from similar compositions of autoclaved hardening is an increase in compressive strength during subsequent hardening for 90 days.*

*The obtained results of testing non-autoclaved aerated concrete show that the developed compositions are characterized by strength levels within the parameters that regulate the strength characteristics of aerated concrete standards, not only in the field of non-autoclaved compositions, but also in the field of autoclaved aerated concrete. High physical and mechanical characteristics of non-autoclaved aerated concrete were realized during the production of a pilot batch of aerated concrete wall panels with a size of 3300 × 1500 × 500 mm.*

**Key words:** non-autoclaved cellular concrete, alkaline cements, compressive strength, blast furnace granulated slag, quartz sand.