

УДК 666.972

*Лаповська С.Д., канд. техн. наук, зав. лабораторії,
Волошина Т.М., м.н.с., Вудвуд Т.М., м.н.с.
ДП «НДІБМВ», м. Київ*

ДОСЛІДЖЕННЯ ПРОЦЕСІВ МАСОПЕРЕНОСУ В АВТОКЛАВНИХ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНАХ В НАТУРНИХ УМОВАХ

В останні роки в Україні введено в експлуатацію ряд підприємств, що випускають автоклавний газобетон за литвювою технологією. Як відомо, для виробів з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення, що виробляються за литвювою технологією значення післяавтоклавної вологості досягає 35-45% за масою і більше, тобто ця продукція автоматично не відповідає вимогам вітчизняних нормативних документів: ДСТУ Б В.2.7-45:2010, ДСТУ Б В.2.7-137:2008, ДСТУ Б В.2.7-164:2008.

За цими стандартами існує наступне обмеження щодо відпускнуї вологості ніздрюватих бетонів та виробів з них (у % за масою, не більше):

згідно з ДСТУ Б В.2.7-45:2010:

- 35 – для бетонів марок від D200 до D400;
- 30 – для бетону марки D500, виготовленому на піску;
- 25 – для бетонів марок D600-D1100, виготовленому на піску;
- 35 – для бетонів марок D500-D1100, виготовлених на інших кремнеземистих компонентах;

згідно з ДСТУ Б В.2.7-137:2008:

- 25 – для бетонів, виготовлених із використанням піску;
- 35 – для бетонів, виготовлених із використанням зол та інших вторинних продуктів промисловості.

Вплив початкового вологовмісту виробів на експлуатаційні характеристики та показники теплової надійності конструкцій з автоклавного газобетону потребує ретельного аналізу, оскільки високий вміст води може викликати цілий ряд негативних наслідків для будівельних матеріалів в результаті дії фізичних, хімічних або мікробіологічних процесів. Як відомо, вологісний вплив є постійно діючим. Вологість матеріалу визначає напружено-деформований стан конструкції, що змінюється у часі відповідно до зміни вологовмісту, тобто від вологісного стану ніздрюватого бетону залежать практично всі основні його властивості – міцність, деформативність, теплопровідність, морозостійкість.

ДП «НДІБМВ» проводиться експеримент щодо визначення експлуатаційної вологості ніздрюватого бетону середньою густиною 300, 400, 500 та 600 кг/м³.

Для проведення довготривалих натурних досліджень вологісного стану та теплозахисних властивостей автоклавного ніздрюватого бетону на першому поверсі інституту в лабораторному приміщенні у віконних прорізах північно-західної стіни виконано фрагменти стінових конструкцій з дрібних блоків.

Блоки для досліджень марок за середньою густиною D300, D400, D500 та D600 та розмірами 600x200x300 надано ТОВ «АЕРОК».

Фізико-механічні характеристики ніздрюватобетонних блоків наведені у таблиці 1.

З метою моделювання найбільш несприятливих умов перед влаштуванням фрагментів стінових огорожень блоки марок за середньою густиною D500 та D 600 були додатково зволожені до вологості 40% за масою.

Мурування фрагментів стінових огорожень виконували на спеціальному клею, який розроблено для блоків фірми АЕРОС. Товщина швів 3...5 мм. В процесі виконання фрагменти були ретельно ізолювані від конструкції віконних прорізів та один від одного.

Таблиця 1 – Фізико-механічні показники блоків з автоклавного ніздрюватого бетону виробництва ТОВ «АЕРОК»

Марка виробів	Клас бетону за міцністю на стиск	Марка бетону за середньою густиною	Марка за морозостійкістю	Коефіцієнт теплопровідності в сухому стані, Вт/(м·°К)	Післяавтоклавної вологості, % за масою
АЕРОК EcoTerm Super Plus 300	B1,5	D300	F35	0,08	42,1
Аерос EcoTerm 300x200x600	B-2.0	D400	F100	0,1	40,8
Аерос Classic 300x200x600	B-2.0	D500	F100	0,12	35,0
Аерос Econom 200x288x600	B-2.0	D600	F100	0,13	34,5

Фрагменти стінових огорожень мають вигляд, наведений на рис.1 – 2. Всі фрагменти було виконано з 10 блоків кожної марки за середньою густиною.

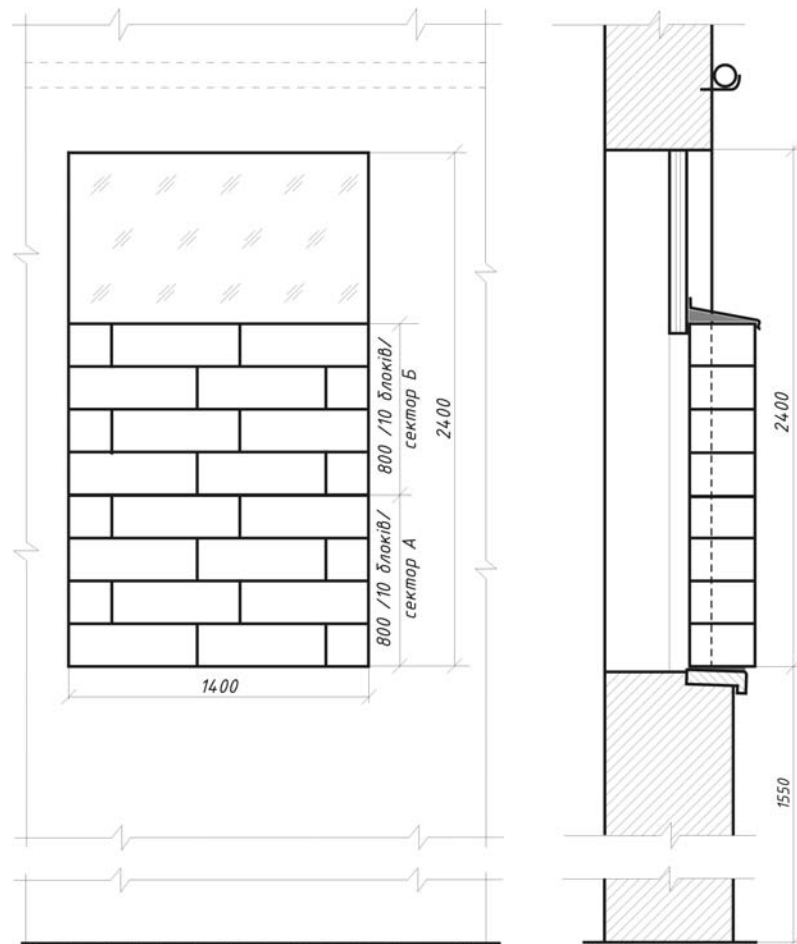


Рисунок 1– Схема дослідних фрагментів стінових огорожень з ніздрюватого бетону

а)



б)



Рисунок 2 – Дослідні фрагменти огорожувальних конструкцій з автоклавного ніздрюватого бетону відразу після укладання блоків (а) та після влаштування штукатурного шару (б)



Рисунок 3 – Зовнішній вигляд фрагментів огорожувальних конструкцій з автоклавного бетону зі сторони лабораторного приміщення

У таблиці 2 наведено дані щодо характеристик досліджуваних фрагментів огорожувальних конструкцій з ніздрюватого бетону автоклавного тверднення.

Таблиця 2 – Параметри фрагментів стінових огорожень

Код фрагмента	Дата виконання фрагмента	Марка блоків за середньою густиною	Тип мурування	Товщина фрагмента
I-A	15.09.2011	D400	на клею	300 мм
II-A	15.09.2011	D300	на клею	300 мм
I-B	16.09.2011	D600	на клею	288 мм
II-B	16.09.2011	D500	на клею	300 мм

Додатково на досліджуваних фрагментах стінових огорожень відразу після мурування було виконано штукатурні шари з застосуванням суміші сухої будівельної «Штукатурка фасадна для газобетону AEROC», що застосовують для вирівнювання та захисту ніздрюватого бетону від атмосферних впливів. Товщина шару штукатурки з середини приміщення 3 мм, ззовні – 5 мм. Штукатурка гідрофобна, має покращену паропроникність, підвищену тріщиностійкість та морозостійкість.

Згідно з календарним планом виконання роботи для визначення вологісного стану матеріалів стінових огорожень передбачається через чітко зазначені проміжки часу (1, 2, 3, 6, 9, 12, 15 та 18 місяців) відбирати з товщі конструкції зразки ніздрюватого бетону (керни) кожної марки за середньою густиною (D300, D400, D500, D600). Отвір, що залишається після відбору зразка, закладається заздалегідь приготованим керном з газобетону.

Вологість підготовлених зразків визначають згідно з ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Впродовж всього терміну випробувань фіксуються значення температури і вологості всередині лабораторного приміщення (вимірювання), а також температури і вологості зовнішнього повітря.

Лабораторне приміщення, призначене для проведення тривалих натурних досліджень, являє собою робочу кімнату, температура та відносна вологість внутрішнього повітря якої відповідає середньостатистичним умовам житлових приміщень в Україні (температура в осінній період до початку опалювального сезону 10-15 °С, відносна вологість 50-75%). Висота віконних прорізів складає 2400 мм, ширина – 1400 мм.

Конструктивні особливості прорізів дозволяють відносно легко виконувати монтаж та демонтаж досліджуваних фрагментів, забезпечують можливість порівняння теплозахисних властивостей та вологісного стану різних фрагментів, що досліджуються одночасно у однакових умовах до настання стаціонарного стану, що забезпечує величину експлуатаційної розрахункової вологості.

Метою натурального дослідження зовнішніх огорожувальних конструкцій з ніздрюватого бетону є визначення фактичної вологості газобетону у початковий період експлуатації та швидкості виходу цієї вологості на рівень рівноважної.

В установлені терміни жовтня, листопада та грудня 2011 року і у січні, лютому, березні, травні 2012 року виконано відбір зразків ніздрюватого бетону марок за середньою густиною D300, D400, D500 та D600 (рис.4, 5).

Результати виконаних випробувань наведено у таблиці 3.

Таблиця 3 – Результати випробувань вологості бетону

Дата проведення випробувань	Марка бетону за середньою густиною	Вологість бетону, у % за масою, залежно від глибини залягання, см, для зразків товщиною 5 см					Вологість бетону огорожувальної конструкції, % за масою
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	
15.09.2011	D300	39,5	41,2	43,4	46,6	39,8	42,1
	D400	38,5	40,6	41,9	43,8	39,2	40,8
16.09.2011	D500	37,9	39,8	41,7	42,9	38,7	40,2
	D600	37,8	39,2	41,4	42,3	38,3	39,8
17.10.2011	D300	27,2	30,1	34,2	36,4	33,3	32,24
	D400	31,3	34,7	35,4	36,1	33,3	34,16
18.10.2011	D500	32,1	35,8	36,2	39,6	34,7	35,68
	D600	32,7	34,8	35,7	38,9	34,3	35,28
16.11.2011	D300	25,7	28,4	32,3	34,4	31,2	30,4
	D400	29,8	32,9	33,5	34,2	31,6	32,4
17.11.2011	D500	30,2	32,3	33,4	34,2	33,1	32,6
	D600	30,6	34,1	35,1	37,7	32,5	34,0

БУДІВЕЛЬНІ МАТЕРІАЛИ, ВИРОБИ ТА САНІТАРНА ТЕХНІКА

Кінець таблиці 3

Дата проведення випробувань	Марка бетону за середньою густиною	Вологість бетону, у % за масою, залежно від глибини залягання, см, для зразків товщиною 5 см					Вологість бетону огорожувальної конструкції, % за масою
		0-5	5-10	10-15	15-20	20-25	
21.12.2011	D300	10,6	33,3	38,0	35,0	34,0	30,18
	D400	15,3	33,3	36,9	37,7	33,3	31,3
	D500	17,5	33,9	35,08	38,8	36,7	32,39
	D600	15,3	35,0	34,4	33,8	34,6	30,62
16.01.2012	D300	7,8	26,3	40	40,5	37,5	30,42
	D400	13,4	34,7	37,7	36,1	36,3	31,64
	D500	15,5	35,2	35,7	31,4	36,5	30,86
	D600	14,2	32,7	35,3	35,4	39,0	31,32
15.02.2012	D300	4,2	22,5	35,0	39,4	38,46	27,91
	D400	9,2	33,3	36,9	40,0	41,9	32,26
	D500	9,8	30,9	34,5	36,3	40,5	30,4
	D600	9,0	30,3	32,7	34,4	34,8	28,24

Висновок

Інформація щодо динаміки зміни вологості мурування в початковий період експлуатації дозволяє оцінити строки виходу конструкції на розрахункові міцнісні та теплофізичні показники.

Закономірності кінетики вологісного стану ніздрюватих бетонів при взаємодії з навколишнім середовищем є функцією параметрів будови матеріалу і параметрів середовища.

Отримані в результаті виконання цієї роботи дані щодо інтенсивності процесів вологообміну ніздрюватих бетонів з навколишнім середовищем створять інформаційну базу:

- для обґрунтування вимог до складів і параметрів технології ніздрюватих бетонів з комплексом заданих властивостей та характеристик;
- для обґрунтування рекомендацій щодо визначення розрахункових характеристик ніздрюватих бетонів при проектуванні конструкцій з них;
- для обґрунтування вимог до раціональних умов застосування ніздрюватих бетонів в конструкціях;
- для обґрунтування пропозицій щодо уточнення теплофізичних показників стін з ніздрюватих бетонів, зокрема при визначенні конструкції зовнішніх стін за умовами забезпечення нормованого термічного опору в реальному діапазоні річної динаміки експлуатаційного вологовмісту матеріалу.

Результати випробувань зразків ніздрюватого бетону, відібраних з фрагментів огорожувальних конструкцій, свідчать про нерівномірний розподіл вологи в товщі конструкції в процесі висихання.

Найменша вологість матеріалу спостерігається у зовнішньому шарі глибиною 50 мм, найвища – у центрі огорожувальної конструкції.

В середньому за перший місяць експлуатації вологість ніздрюватого бетону знизилась на 9,86% для D300, 6,64% для D400, 5,68% для D500, 4,58% для D600. За другий місяць експлуатації вологість усіх зразків знизилась іще на 2-3%. Зниження інтенсивності масопереносу пояснюється зниженням температури зовнішнього повітря та настання так званого періоду волого накопичення, характерного для холодної пори року.

Випробування фрагментів огорожувальних конструкцій продовжується згідно до плану виконання науково-дослідної роботи.

ЛІТЕРАТУРА

1. Drochytka R., Zach J., Hroudova, J., 2010. Problematic of Determination of Design Thermal Values of Cellular Concrete Masonry Structures. Conference Testing and Quality in Civil Engineering. Brno, Brno University of Technology, 279-287. ISBN 978-80-214-4144-6.
2. Spooner D.C., 1982. Autoclaved Aerated Concrete: Moisture and Properties. Elsevier Scientific Publishing Co. Netherlands, November. ISBN 0 444 42117 3.
3. Фаренюк Г.Г. Функціональне проектування сучасних огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка - К.: 2007 - Вип..25 - С.109-113.
4. Галкин С.Л. Применение ячеистобетонных изделий. Теория и практика / Галкин С.Л., Сажнев Н.П., Соколовский Л.В., Сажнев Н.Н. – Минск: Стринко, 2006. – 448 с.
5. Горнашевич Г.С. О теплофизических свойствах ячеистобетонных изделий / Горнашевич Г.С., Гончарик В.Н. // Будівельні матеріали та вироби– 2006 - № 4 (39). – С.24-25.
6. Фаренюк Г.Г. Основи забезпечення енергоефективності будинків та теплової надійності огорожувальних конструкцій / Г.Г.Фаренюк. – К.: Гама-Принт, 2009. – 216 с.
7. Scheffler G.A., Plagge R., 2011. Methods for moisture storage and transport property determination of autoclaved aerated concrete. Article submitted to the 5th International Autoclaved Aerated Concrete Conference in Bydgoszcz, September 2011, Poland.
8. Высыхание наружных стен из автоклавного ячеистого бетона с системой скрепленной теплоизоляции в процессе эксплуатации зданий / Сеземан Г.В., Сеница М.С., Захарченко П.В., Щербина Н.А., Пивень Н.Н. // Материалы 6-й Международной конференции «Опыт производства и применения ячеистого бетона автоклавного твердения» 26-28.05.2010. – Минск. – СТРИНКО