



Лаповська С. Д.



Демченко Т. М.



Конопля М. С.

Лаповська С. Д., д. т. н., професор,
Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів»,
вул. Костянтинівська, 68, 04080, Київ, Україна,
✉ labbmsp@ukr.net ☎ +38 (050) 311 26 35
ORCID ID: 0000-0002-1967-3200;

Демченко Т. М., с.н.с.,
Державне підприємство «Український науково-дослідний і проектно-конструкторський інститут будівельних матеріалів та виробів»,
вул. Костянтинівська, 68, 04080, Київ, Україна;

Конопля М. С., аспірант,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна,
✉ Nikolaykonoplya@gmail.com ☎ +38 (067) 768 08 08
ORCID ID: 0009-0001-4392-5973

Svitlana Lapovska, D. Sc. (Tech.), Prof.,
State Enterprise «Ukrainian Research and Design Institute
of Building Materials and Products»,
str. Kostyantynivska, 68, 04080, Kyiv, Ukraine,
✉ labbmsp@ukr.net ☎ +38 (050) 311 26 35
ORCID ID: 0000-0002-1967-3200;

Tatiana Demchenko, Senior Research Fellow,
State Enterprise «Ukrainian Research and Design Institute of Building Ma-
terials and Products», str. Kostyantynivska, 68, 04080, Kyiv, Ukraine,
✉ labbmsp@ukr.net;

Mykola Konoplya, postgraduate,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
ave. Povitroflotskyi Prospect, 31, 03037, Kyiv, Ukraine,
✉ Nikolaykonoplya@gmail.com ☎ +38 (067) 768 08 08
ORCID ID: 0009-0001-4392-5973

ВПЛИВИ КРЕМНІЙОРГАНІЧНИХ ГІДРОФОБІЗУЮЧИХ ДОБАВОК НА ДОВГОВІЧНІСТЬ НІЗДРЮВАТОГО БЕТОНУ АВТОКЛАВНОГО ТВЕРДНЕННЯ

EFFECTS OF SILICONE HYDROPHOBIC ADDITIVES ON THE DURABILITY OF AUTOCLAVED CELLULAR CONCRETE AND THE AERATED AUTOCLAVED CONCRETE QUALITY

Анотація. В статті наведені результати дослідження впливу кремнійорганічних гідрофобізуючих добавок на основні фізико-механічних властивостей автоклавного газобетону марки за середньою густиною D400.

Мета роботи – Визначити ефективність кремнійорганічних гідрофобізуючих добавок на довговічність ніздрюватого бетону.

Висновки. За результатами проведених досліджень встановлено, що для підвищення основних фізико-механічних та експлуатаційних характеристик газобетонів марки за середньою густиною D400 оптимальним є введення до складу ніздрюватобетонних сумішей добавки кремнійорганічної рідини ПМС-50 у кількості 1,5–2 % від маси сухих компонентів. При цьому міцність матеріалу при стиску підвищується з 2,9 МПа до 3,8 МПа; водопоглинання знижується з 49,6 % до 4,2 % за масою, морозостійкість підвищується на 2 марки. Склади, що містять добавки ПМС-50 і ПМС-40 характеризувалися зниженою на 3–5% середньою густиною у сухому стані за рівнозначних значень міцності при стиску (3,7 МПа і 3,8 МПа відповідно). Зразки автоклавних газобетонів, модифікованих добавками олігометилгідросилоксану і метилсиліконату натрію, показали підвищення міцності і морозостійкості за кількості добавок 3,5 % і 2,5 % відповідно. Міцність ніздрюватого гідрофобізованого бетону автоклавного твердіння забезпечується основними низькоосновними гідросилікатними фазами та збільшеною кількістю видовжених призматичних кристалів афіліту.

Ключові слова: бетон, водопоглинання, добавка, гідрофобізація, морозостійкість, густина, міцність, ніздрюватий бетон.

Abstract. The article presents the results of a study of the effect of silicone hydrophobic additives on the main physical and mechanical properties of autoclaved aerated concrete with an average density of D400.

The purpose of the work is to determine the effectiveness of silicone water-repellent additives on the durability of cellular concrete.

Purpose of the article. According to the results of the studies, it was found that to improve the main physical, mechanical and operational characteristics of aerated concrete with an average density of D400, it is optimal to introduce an additive of silicone liquid PMS-50 in the amount of 1.5–2 % by weight of dry components into the composition of aerated concrete mixtures. In this case, the compressive strength of the material increases from 2.9 MPa to 3.8 MPa; water absorption decreases from 49.6 % to 4.2 % by weight, and frost resistance increases by 2 grades. The compositions containing PMS-50 and PMS-40 additives were characterised by a 3–5% reduction in average dry density with equivalent compressive strength values (3.7 MPa and 3.8 MPa, respectively). Samples of autoclaved aerated concrete modified with oligomethylhydrosiloxane and sodium methyl silicate additives showed an increase in strength and frost resistance at an additive content of 3.5 % and 2.5 %, respectively. The strength of the cellular hydrophobic concrete of autoclaved curing is provided by the main low-base hydrosilicate phases and an increased number of elongated prismatic crystals of affilite

Key words: Concrete, water absorption, additive, hydrophobisation, frost resistance, density, strength, cellular concrete.

Ніздрюваті бетони автоклавного твердіння належать до будівельних матеріалів, структура яких характеризується високою пористістю та значною гідрофільністю. Тому питання зниження сорбційного вологовмісту та водопоглинання ніздрюватого бетону є актуальними з огляду на необхідність розширення сфери застосування цього прогресивного будівельного матеріалу. Знизити показники сорбційного вологовмісту та водопоглинання ніздрюватого бетону до певного оптимального значення можливо шляхом оптимізації його структури.

Одним із напрямів оптимізації структури будівельних матеріалів є їхня гідрофобізація - поверхнева або об'ємна — за допомогою різних органічних сполук, здатних надати поверхні матеріалу водовідштовхувальних властивостей.

Відома [1] технологія об'ємної гідрофобізації автоклавного газобетону кремнійорганічною сполукою ПМС-100 дає змогу отримати матеріал із водопоглинанням від 2 до 12 % за масою. Однак рідина ПМС-100 має досить високу кінематичну в'язкість — $(95-105) \cdot 10^{-6}$ м²/с за +20 °С, що ускладнює рівномірний розподіл гідрофобізатора за об'ємом суміші, а отже, потребує більших витрат енергії на приготування газобетонної суміші.

В Україні виробляється ціла низка продуктів на основі полісилоксанів, які мають теплостійкість понад 200 °С та нижчу порівняно з ПМС-100 кінематичну в'язкість, що теоретично дасть змогу використовувати їх для об'ємної гідрофобізації ніздрюватого бетону автоклавного твердіння.

Характеристики гідрофобізаторів на основі поліметилсилоксану

№ п/п	Показник	ПМС-100	ПМС-50	ПМС-40
1	2	3	4	5
1	В'язкість кінематична при +20°C, м²/с	(95-105).10 ⁻⁶	(45-55).10 ⁻⁶	(36-44).10 ⁻⁶
2	Температура спалаху у відкритому тиглі, °C, не нижче	305	220	200
3	Густина при 20°C, г/см³	0,91 - 0,98	0,91 - 0,98	0,91 - 0,98

Таблиця 2.

Характеристики гідрофобізатора на основі олігометилгідросилоксану

№ п/п	Найменування показників	ГКЖ 136-157 М
1	В'язкість кінематична при +20°C, м²/с	29,9.10 ⁻⁶
2	Температура спалаху у відкритому тиглі, °C	151
3	Густина при температурі (25±0,5) °C, г/см³	0,998
4	Реакція середовища (рН водної витяжки)	6,72

Таблиця 3.

Характеристики гідрофобізаторів на основі метилсилоксану

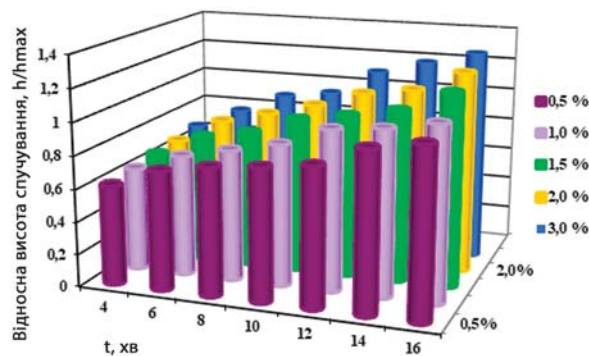
№ п/п	Найменування показників	Аквапрок Н
1	В'язкість при температурі (20±0,5) °C, г/см³	1,217
2	Лужність у перерахунку на NaOH, %	15,0
3	Масова частка нелетких речовин, %	26,9

Як видно з табл. 1, рідини ПМС-40 і ПМС-50 мають значно нижчі значення кінематичної в'язкості за температури спалаху у відкритому тиглі понад 200 °C, що перевищує температуру автоклавної обробки. ГКЖ 136-157 М характеризується ще нижчим показником кінематичної в'язкості, але температура спалаху становить 151 °C.

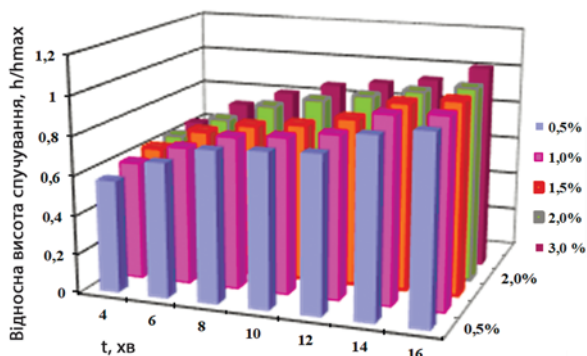
Дослідження можливості використання вищевказаних кремнійорганічних сполук виконували для конструкційно-теплоізоляційного газобетону марки за середньою густиною D400.

Добавки кремнійорганічних рідин вводили до ніздрюватобетонної суміші з водою замішування. Витрати гідрофобізатора варіювали від 0,5 до 3 % за масою від маси сухих компонентів для поліметилсилоксану ПМС, і від 0,5 до 5 % — для олігометилгідросилоксану ГКЖ 136-157 М і метилсилоксану натрію Аквапрок Н.

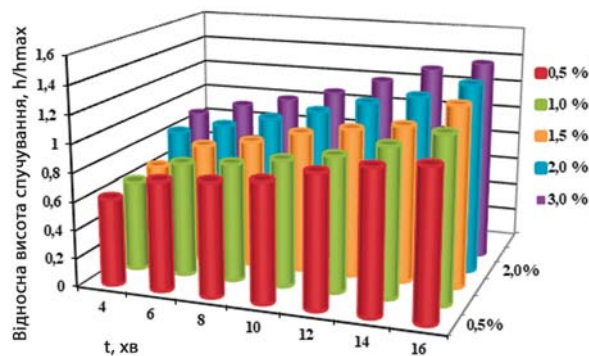
Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей, що містять добавки, наведена на (мал. 1-5).



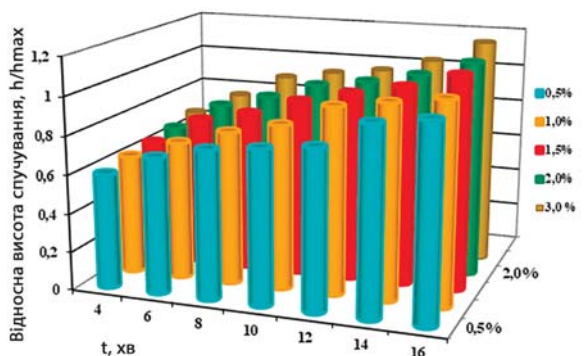
Мал. 3. Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей із добавкою ПМС-40



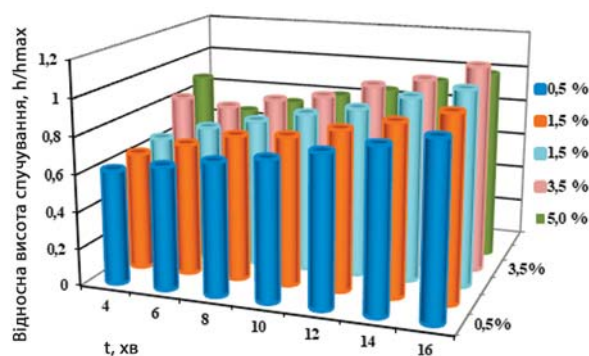
Мал. 1. Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей із добавкою ПМС-100



Мал. 4. Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей із добавкою ГКЖ 136-157 М



Мал. 2. Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей із добавкою ПМС-50



Мал. 5. Кінетика спучування ніздрюватобетонних сумішей з добавкою метилсилоксану натрію Аквапрок Н

Після завершення процесу спучування висота масивів, що містили добавки ПМС-50, ПМС-40 і ГКЖ 136-157 М була вищою, ніж у масивах, що містили добавку ПМС-100 і Аквапрок Н.

Також було досліджено вплив добавок на процес набору пластичної міцності ніздрюватобетонного сирцю.

Було встановлено, що введення добавок ПМС-50, ПМС-40 і метилсилікату натрію до складу ніздрюватобетонних сумішей не спричиняє помітного негативного впливу на кінетику набору пластичної міцності сирцю порівняно з добавкою ПМС-100.

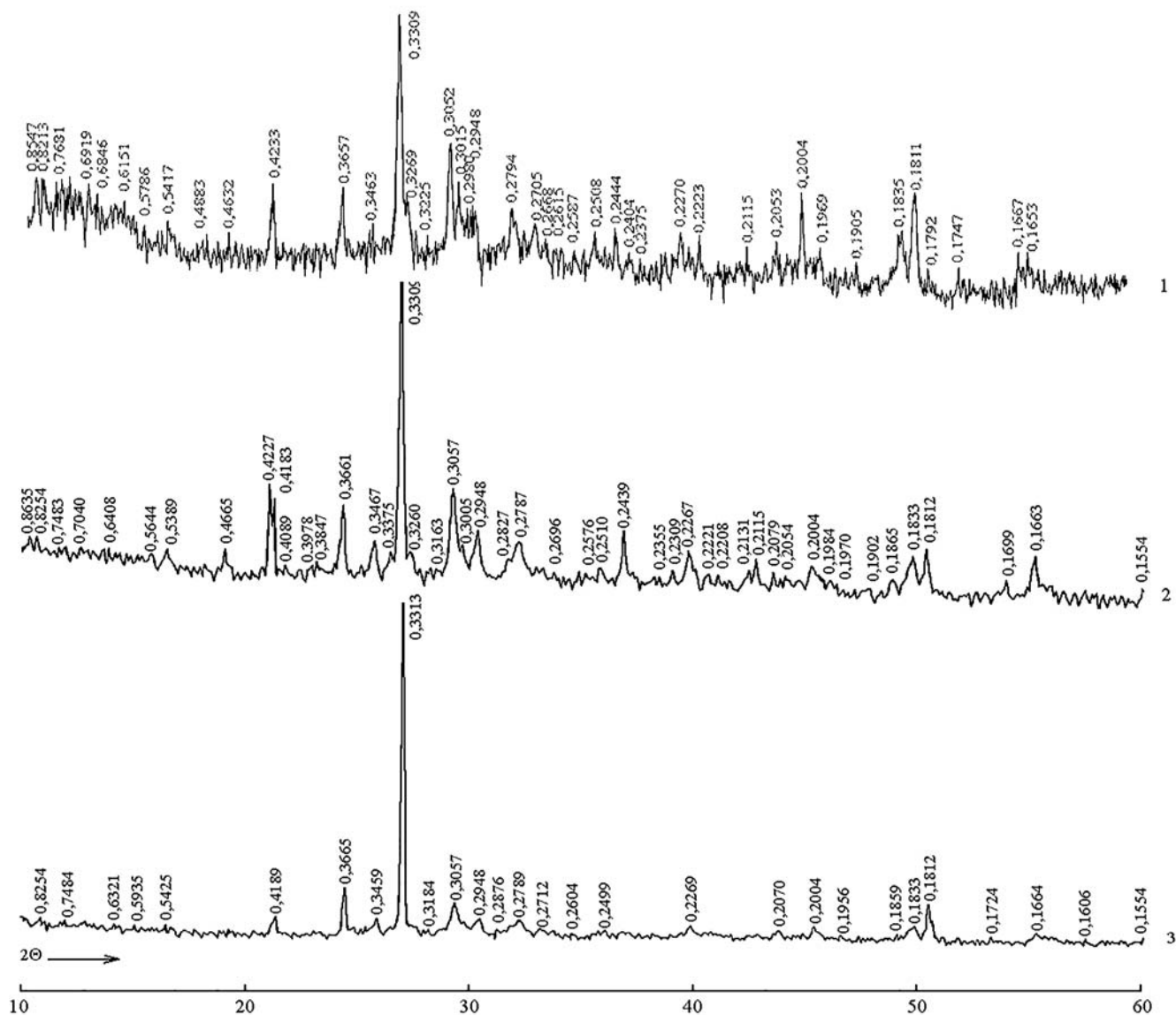
Фізико-механічні властивості розроблених газобетонів (міцність при стиску, середня густина в сухому стані, водопоглинання, морозостійкість) було досліджено згідно з вимогами чинних в Україні нормативних документів, які наведено в табл. 4-5.

Також було проведено аналіз впливу добавки поліметилсилоксану на процеси синтезу гідросилікатів. Досліджувана добавка ПМС фактично реагує вже на стадії змішування, формування та доавтоклавної витримки. Збільшення вмісту добавки поліметилсилоксану понад 2% призводить до зниження міцності готових виробів. Однією з можливих причин зниження міцності за вмісту добавки понад 2% є перекристалізація новоутворень та їх укрупнення в процесі автоклавної обробки, що спричиняє порушення структури. Іншою причиною є утворення ліній гідрофобізатора, що чинять розклинювальну дію та спричиняють порушення зв'язків між новоутвореннями.

У результаті проведених фізико-хімічних методів досліджень (рис. 6-8) зафіксовано новоутворення в гідрофобізованих ніздрюватих бетонах, аналогічні новоутворенням бездобавочного автоклавної газобетону. За використання добавки ПМС (мал. 6, кр. 2) чіткіше проявляються дифракційні відображення основних низькоосновних гідросилікатних фаз, причому збільшення введення добавки поліметилсилоксану призводить до блокування процесів гідратування в умовах автоклавної обробки, інтенсивність фаз зменшується (мал. 6, кр. 3).

Використання у складі ніздрюватобетонної суміші добавки ПМС у кількості до 2% сприяє підвищенню вологостійкості газобетону після його автоклавної обробки (об'ємна гідрофобізація) до 12,8 разів (для ПМС-100 [1]) порівняно з бездобавальною сумішшю та формуванню сфероїдальних осередків меншого діаметру та меншої товщини міжпорових перегородок (мал. 7, б, ж) порівняно з бездобавальною сумішшю (мал. 7, а, е).

На кривій ДТА (мал. 8, кр. 2) виділення фізично зв'язаної води фіксується в ширших межах: від 110 до 250 °С, інші ендо- та екзоєфекти зміщуються в бік збільшення температур приблизно на 18 ... 60 °С.



Мал. 6. Рентгенограми зразків гідрофобізованого ніздрюватого бетону автоклавної твердіння:

1) - без добавки; 2) при додаванні 2 % ПМС-100; 3) при додаванні 10 % ПМС-100 [1]

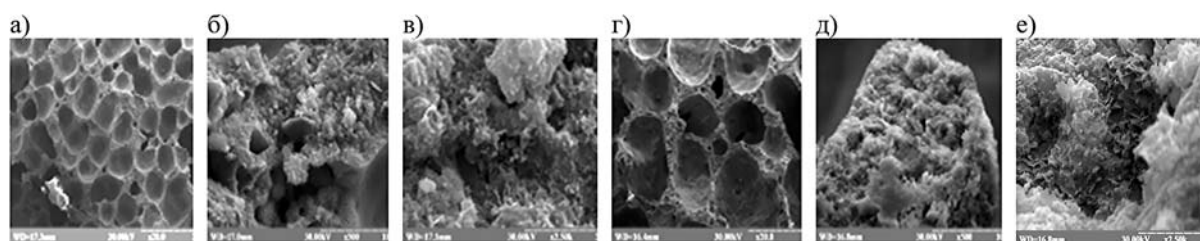
Фізико-механічні характеристики розроблених

Показник	Склад автоклавних газобетонів									
	без добавки	з добавкою в кіл., % за мас. сухих компонентів								
		2% ПМС-100			ПМС-50			ПМС-40		
		1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0	1,5	2,0	3,0
Середня густина в сухому стані, кг/м ³	410	394	390	396	387	383	380	378	382	385
Міцність при стиску, МПа	2,9	3,0	3,7	3,3	3,1	3,8	3,5	3,0	3,7	3,4
Водопоглинання, % за мас., протягом 24 ч.	49,6	6,2	2,6	2,0	7,0	4,2	3,0	8,4	5,1	4,8
Морозостійкість, марка	F25	F35	F50	F35	F35	F50	F50	F35	F50	F50

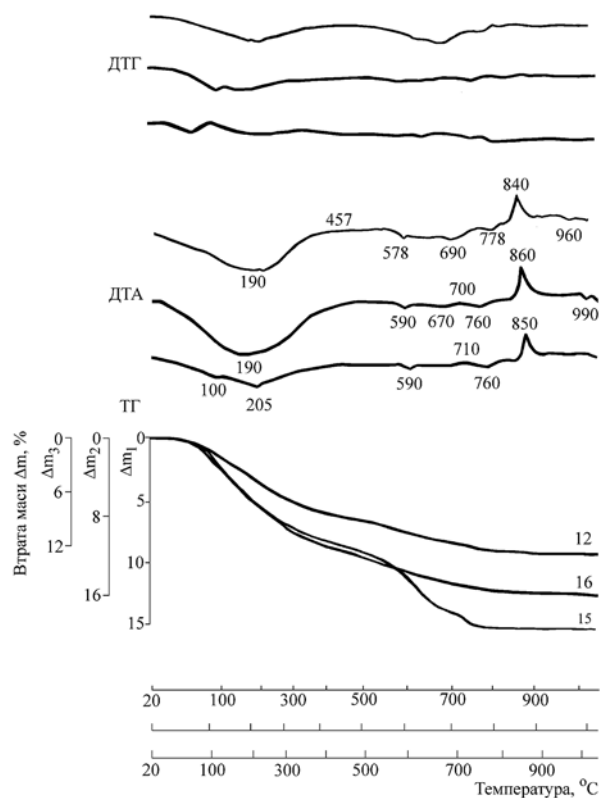
Таблиця 5.

Фізико-механічні характеристики розроблених автоклавних газобетонів марки за середньою густиною D400, модифікованих добавками олігометилгідросилоксану та метилсиліконату натрію

Показники	Склад автоклавних газобетонів							
	без добавки	з добавкою в кіл., % за мас. сухих компонентів						
		ГКЖ 136-157 М			Аквапрок Н			
		2,5	3,5	5,0	2,5	3,5	5,0	
Середня густи у сухому стані, кг/м ³	410	402	396	390	408	413	419	
Міцність при стиску, МПа	2,9	3,2	3,5	3,0	3,3	3,0	2,7	
Водопоглинання, % за мас., протягом 24 ч.	49,6	31,0	29,8	31,7	30,3	30,8	32,6	
Морозостійкість, марка	F25	F25	F35	F25	F35	F25	F25	



Мал. 7. Електронні мікрофотографії поверхні відколу зразка гідрофобізованого ніздрюватого бетону автоклавного твердіння: (а, б, в) модифікованого поліметилсилікономом у кількості 2 %, (г, д, е) без добавки



Мал. 8. Термограми зразків гідрофосфоризованого ніздрюватого бетону автоклавного твердіння: 1) без додавання; 2) при додаванні 2% ПМС-100; 3) при додаванні 10% ПМС-100

Висновок

За результатами проведених досліджень встановлено, що для підвищення основних фізико-механічних та експлуатаційних характеристик газобетонів марки за середньою густиною D400 оптимальним є введення до складу ніздрюватобетонних сумішей добавки кремнійорганічної рідини ПМС-50 у кількості 1,5-2 % від маси сухих компонентів. При цьому міцність матеріалу при стиску підвищується з 2,9 МПа до 3,8 МПа; водопоглинання знижується з 49,6 % до 4,2 % за масою, морозостійкість підвищується на 2 марки. Склади, що містять добавки ПМС-50 і ПМС-40 характеризувалися зниженою на 3-5% середньою щільністю в сухому стані за рівнозначних значень міцності на стиск (3,7 МПа і 3,8 МПа відповідно). Зразки автоклавних газобетонів, модифікованих добавками олігометилгідросилоксану і метилсиліконату натрію, показали підвищення міцності і морозостійкості за кількості добавок 3,5% і 2,5% відповідно.

Міцність ніздрюватого гідрофобізованого бетону автоклавного твердіння забезпечується основними низькоосновними гідросилікатними фазами та збільшеною кількістю видовжених призматичних кристалів афвіліту.

Література:

1. Лаповська С.Д. Автоклавний газобетон із поліпшеними експлуатаційними властивостями: дис. ... докт. техн. наук / Світлана Давидівна Лаповська; КНУБА - К., 2013.