

Газобетон неавтоклавно тверднення випускається у відповідності з вимогами ДСТУ Б В.2.7-137:2008 «Будівельні матеріали. Блоки з ніздрюватого бетону стінові дрібні» зі зміною та характеризується маркою бетону за середньою щільністю Д400, Д500, Д600 та Д700.

Лабораторія силікатних матеріалів розробляє технологічні регламенти на виробництво газобетону неавтоклавно тверднення, проводить комплекс робіт згідно з ДСТУ-Н Б А.3.1-6:2009 «Управління, організація і технологія. Настанова з розроблення та постановлення на виробництво продукції будівельного призначення» та проводить сертифікаційні випробування бетону.

Запрошуємо до співпраці в галузі організації виробництва ніздрюватобетонних виробів.

**Тел./факс:** 38 (044) 417-80-02; +38-067-507-11-57;

**e-mail:** silicate@inbox.ru;

завідуючий лабораторією силікатних матеріалів

**Страшук Сергій Васильович**

#### Література:

1. Матеріали Другої міжнародної конференції по лужним цементам та бетонам, Київ, Україна, травень 18-20, 1999р.

2. Будівельні матеріали. Довідник, М., Будвиздат, 1989, 567с.

3. Страшук С.В., Багаєва Т.Ю., Щепашенко Т.А. // Використання шламових відходів у виробництві ніздрюватого бетону // Екологія та промисловість – 2005-№4(5)-С.56-60.

4. О.В. Ушеров-Маршак, Гранульований доменний шлак. Матеріали конференції «Дні сучасного бетону», Хортиця, 2005р.

5. Страшук С.В., Багаєва Т.Ю., Щепашенко Т.А. // Використання техногенних відходів промисловості у виробництві ніздрюватих бетонів // Будівельні матеріали, вироби та санітарна техніка -2007- №24-С.17-18.

**УДК 666.972**



Лаповская С.Д.



Волошина Т.М.

**Лаповська С.Д., доктор техн.наук, с.н.с., зав. лабораторією БМСП,  
Волошина Т.М., м.н.с., ДП «НДІБМВ», м. Київ**

## ПОРІВНЯННЯ ЗНАЧЕНЬ УСАДКИ ПРИ ВИСИХАННІ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ РІЗНОЇ ГУСТИНИ

Ніздрюватий бетон автоклавно тверднення – це матеріал, що дозволяє забезпечувати сучасний рівень теплоізоляції в одношарових огорожувальних конструкціях. Різноманітні й численні дослідження, проведені провідними зарубіжними і вітчизняними вченими, доводять, що автоклавний ніздрюватий бетон є наступним після дерева екологічним і сприятливим для людини будівельним матеріалом на всіх етапах його створення – починаючи від сировинних матеріалів, процесу виробництва, використання у будівництві будинків, експлуатації та закінчуючи переробкою відходів. Цей універсальний будівельний матеріал повністю підходить для спорудження будівель з майже нульовим споживанням енергії.

В Україні в останні роки введено в дію потужні виробництва виробів з автоклавно газобетону, що вимагає особливої уваги до цього матеріалу. Основна особливість сучасних виробництв – це виготовлення виробів з конструкційно-теплоізоляційного газобетону, який забезпечує виконання теплоізоляційних і конструкційних функцій в огорожувальній конструкції.

Проведені дослідження виробів з ніздрюватого бетону дозволили значно розширити можливості їх використання в практиці вітчизняного будівництва. У той же час, враховуючи значну початкову вологість цього матеріалу, обумовлену технологією виробництва виробів, необхідно ретельно аналізувати вплив цього фактора на експлуатаційні характеристики газобетону, і, зокрема, на показник усадки при висиханні.

Для ніздрюватого бетону важлива об'єктивна оцінка міцності структури і властивостей в природних умовах експлуатації. Така оцінка, отримана за результатами тривалих випробувань усадки, повзучості, зміни міцності і метаморфізації структури гідратних сполук, характеризує поведінку матеріалу при комплексному впливі навантаження, змінної температури і вологості, вуглекислого та ін газів в атмосферних умовах.

Вологообмін бетонів з експлуатаційним середовищем призводить до зміни кількісного вмісту і співвідношення видів води з різною енергією зв'язку зі структурою і, відповідно, до зміни балансу сил, а саме: міжмолекулярної взаємодії поверхні твердої фази з водою, розклинювального тиску адсорбційних плівок, сил поверхневого натягу, капілярних сил. Міра зміни будівельно-технічних властивостей бетонів залежить від внеску складових у баланс сил і визначається розмірно-геометричними та енергетичними характеристиками твердої фази і порового простору матеріалу.

Вологісні напруження і деформації при зміні вмісту вологи матеріалу зумовлені послідовним включенням в дію сил капілярного тиску, розклинювального тиску, поверхневого натягу, взаємодії між частками, сил внутрішніх зв'язків у кристалогідратах і пружної протидії твердої фази її деформуванню. Величина деформацій залежить від умов і можливості зміни балансу цих сил в матеріалі і визначається наступними параметрами складу і структури:

1) об'ємним співвідношенням елементів твердої фази і пор в структурі, так як від цього залежить кількість води в структурі і міра опірності твердофазового каркасу

розвитку деформацій;

2) якісними характеристиками структурних елементів (розподіл за розмірами пор і частинок твердої фази, їх питома поверхня і поверхнева енергія), які визначають міру дії і внесок кожної з позначених складових балансу сил і, отже, величину усадочних напружень.

Визначальний внесок у зміну властивостей матеріалу в різному вологісному стані вносять структурні складові саме новоутворень цементуючої речовини [1-6]. Кінетика вологісної усадки і її величина перебувають під впливом об'ємного вмісту пор, цементуючої речовини і наповнювача і їх співвідношення, розподілу пор за розмірами, кристалохімічної будови і мінералогічного складу, морфології, дисперсності частинок цементуючої речовини, енергетичного стану його поверхні.

Закономірності розвитку вологісних деформацій залежно від сили зв'язку твердої фази і порового простору з водою згідно з класифікацією, введеною Є.М. Чернишовим, характеризуються трьома типами кривих усадки (рис.1). Основою класифікації є величина сили зв'язку структури з водою, що кількісно характеризується питомою усадкою матеріалу в розрахунку на мас. % вилученої вологи.

Для кривих усадки I типу (відповідає структурі з найбільш сильним зв'язком з рідкою фазою і відрізняється проявом максимальної питомої усадки на кожному етапі зневоднення матеріалу) характерні значення питомої усадки при зневодненні в експлуатаційному діапазоні 0,04-0,06 (мм/м)/(%вид.вод.), для кривої II типу (класифікується як проміжковий) – 0,02-0,006 (мм/м)/(%вид.вод.), для кривої III типу (властивий структурам з малою активністю взаємодії з водяними парами і водою; для нього характерний мінімум значень питомої усадки і явно виражений ефект пружного відновлення об'єму твердої фази при видаленні води з капілярів) – 0,005-0,008 (мм/м)/(%вид.вод.) [1].

Можливості «переходу» від першого типу кривої розвитку усадки до третього, тобто можливості зниження рівня питомих і повних усадочних напружень при видаленні води з пор, з поверхні твердої фази та з міжшарових просторів гідросилікатів кальцію забезпечуються, якщо в матеріалі зменшується вміст цементуючої речовини і об'єм пор або збільшується об'ємна частка частинок наповнювача (заповнювача); у складі його цементуючої зв'язки зростає кількість добре закристалізованих новоутворень зі зниженою питомою поверхнею і питомою поверхневою енергією (теплотою змочування), а функція розподілу пор за розмірами змінюється в бік збільшення їх середнього ефективного радіусу.

Вся система структурних параметрів визначає кількісний вміст і силу зв'язку води в матеріалі, кінетику його висихання. У загальному випадку, більш високим значенням вмісту цементую-

чої речовини і пор, питомої поверхні та питомої поверхневої енергії цементуючої речовини, меншому радіусу пор відповідають великі за величиною значення енергетичного потенціалу поверхні твердої фази і порового простору, а саме, не скомпенсованих поверхневих сил, щільності силового поля пор, сил капілярного тиску, що обумовлюють здатність поглинати і утримувати водяні пари і воду на поверхні твердої фази матеріалу і в об'ємі порового простору. Подолання дії цих «утримуючих» рідку фазу сил при зневодненні вимагає відповідно витрати більшої роботи, тобто більшої енергії активації процесу (знижених значень парціального тиску водяної пари і підвищеної температури середовища), але «вивільнення» цих сил в результаті видалення одиниці маси рідкої фази призводить до розвитку великих напружень і деформацій в матеріалі.

При розгляді ніздрюватого бетону як капілярно-пористої структури необхідно відзначити, що найбільший вплив на вологісні деформації справляють мікропори. Механізм вологообміну і пов'язаних з ним об'ємних змін дуже складний. Проте встановлено, що зниження градієнтів вологовмісту і напружень може бути досягнуто при введенні в структуру матеріалу пор повітрявтягнення, а також зменшення концентрації новоутворень.

Гідратні з'єднання, що синтезуються в процесі автоклавної обробки, мають велику питому поверхню. При сорбції водяної пари на поверхні цементуючих речовин вивільняється енергія і система переходить у більш стійкий стан, при цьому відбувається робота, пов'язана із збільшенням об'єму твердого тіла. При десорбції водяної пари має місце зворотне явище. З цієї причини, чим вище питома поверхня новоутворень, тим більше помітно проявляють себе вологісні деформації.

За даними розрахунків, виконаних на основі експериментальних даних, встановлено, що за наявності слабо закристалізованих гідратних сполук усадка матеріалу складає  $4 \cdot 10^{-3}$ ; при збільшенні закристалізованості новоутворень (вміст тобермолу в них становить 50%) вона знижується до  $0,4 \cdot 10^{-3}$  [2].

У табл. 1 представлені результати випробувань усадки неармованого ніздрюватого бетону автоклавного і неавтоклавного тверднення різної густини за тривалий період. З даних табл. 1 випливає, що початкова усадка в інтервалі зміни вологості ( $w_{\text{нас}} \div 5$ )% відбувається в автоклаві, пропарювальної камері або при нормальному твердінні. Інша частина усадки проявляється при висиханні ніздрюватого бетону до рівноважної вологості, в середньому до 5%. Виходячи з цього, найбільшою усадкою в повітряно-сухих умовах експлуатації і, отже, найменшою тріщиностійкістю володіє звичайний ніздрюватий бетон, отриманий за литтєвою технологією, що слідує також з порівняння коефіцієнтів тріщиностійкості.

Для армованих ніздрюватобетонних елементів при ви-

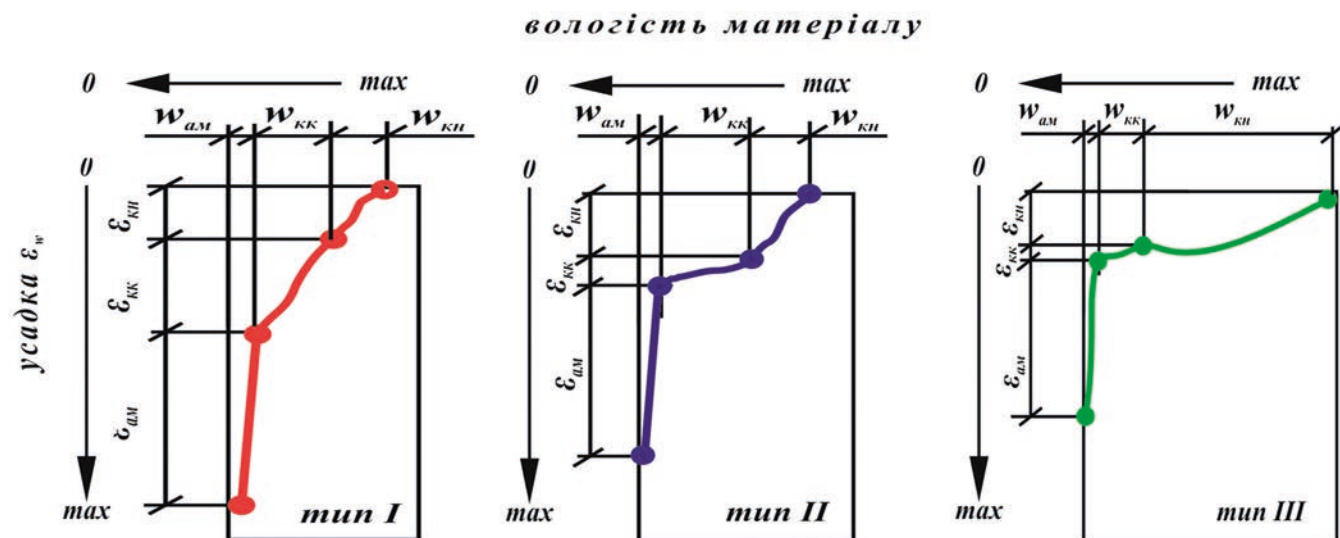


Рис.1. Характерні типи кривих розвитку вологісної усадки водонасиченого силікатного автоклавного матеріалу в умовах квазістатичного висихання [1]:  $\epsilon_w$  – повна усадка при висиханні;  $\epsilon_{кп}$ ,  $\epsilon_{кк}$ ,  $\epsilon_{ам}$  – усадка відповідно на етапах видалення капілярно-насиченої  $w_{кп}$ , капілярно-конденсованої  $w_{кк}$ , адсорбційної та міжшарової води  $w_{ам}$

значенні допустимої величини вільної усадки після твердіння необхідно враховувати умови тверднення, характер і ступінь армування, а також масивність конструкцій. За наявності арматури, внаслідок відмінності температурних коефіцієнтів лінійного розширення металу і ніздрюватого бетону, останній після закінчення твердіння в автоклаві буде стиснутий, що потенційно підвищує тріщиностійкість конструкцій, а при пропарюванні – розтягнутий, що знижує їх тріщиностійкість. Це зумовлює початок відліку повітряної вільної усадки: при автоклавній обробці – від післяавтоклавної вологості –  $W_{\phi}$ , а при пропарюванні і нормальному твердінні – від стану водонасичення –  $W_{\text{нас}}$ .

У всіх випадках усадка зменшується при зниженні В/Т, дисперсності піску і витраті в'язучого, що видно з табл.1.

Відомо, що вологісна усадка ніздрюватого бетону автоклавного твердіння взаємопов'язана зі структурою дрібних пор в діапазоні радіуса пор 7,5 ... 60 нм. Якщо внутрішня поверхня цих пор  $S > 30,5 \text{ м}^2/\text{г}$ , то усадка перевищує 0,5 мм/м [4].

За даними [4] у бетону на базі  $\alpha\text{-C}_2\text{SH}$  при зниженні вологості від насиченого стану до 35% усадки практично не відбувається. При вологості 35% усадка незначна; практично вся усадка відбувається при висушуванні від 5 до 0%. У бетону на базі C-S-H (I) усадка відбувається відносно рівномірно в межах зміни вологості від насиченої до 5% і потім прискорюється. У випадку тобермориту при вологості від насиченого стану до 35 ... 30% відбувається усадка, яка дещо менше, ніж у випадку C-S-H (I), однак при висиханні від 30 до 5% усадка значно сповільнюється, і на кривій залежності усадки від вологості за масою з'являється характерна ступінь. Надалі (5% -0) матеріал на базі тобермориту дає приблизно таку ж усадку, як і НБ на базі C-S-H (I) (табл. 2).

Близькі значення усадки різних ніздрюватих бетонів при висушуванні від 5% до 0% пояснюються виділенням міжшарової води з кристалів гідросилікатів кальцію. При цьому, як морфологія кристалів, так і внутрішня поверхня

капілярних пор в значній мірі втрачають вплив на величину усадки.

Чим більший в матеріалі вміст тобермориту, тим більш «характерно» вимальовується ступінь на кривій усадки в межах вологості 35...5%. За даними [4-6] усадка ніздрюватого бетону з вмістом тобермориту понад 23% при зниженні вологості від насиченого стану до 5% знаходиться в межах 0,40 ... 0,55 мм /м, від 18 до 23% – в межах 0,40...0,85 мм/м, менше 18% – у межах 0,35...1,10 мм/м. При цьому, якщо разом зі зниженням вмісту тобермориту хід кривої усадки набуває вигляду, характерного для C-S-H (I), то величина усадки значно зростає. Якщо ж крива зберігає ступінчастий хід, характерний для тоберморита, то величина усадки практично не змінюється. Тобто, кількісні зміни вмісту тобермориту мало впливають на зміну вологісної усадки, якщо при цьому не з'являються новоутворення з якісно відмінною структурою дрібної пористості.

Відповідно до [5] в процесі висихання C-S-H (I) усадка плавно наростає, починаючи практично від стану капілярного насичення водою (тип усадки плавний). У випадку 1,13 нм-тобермориту усадка протікає в два етапи – від капілярно-насиченого стану до вологості зразка приблизно 40...35% (за масою) і від 10...5% до 0%, а видалення води від 35% до 10% протікає практично без усадочних явищ (тип усадки ступінчастий). Різний характер процесу усадки пояснюється характерною морфологією кристалів мінералів у цементуючій речовині, яка обумовлює різну форму і різний диференціальний розподіл об'єму пор між кристалами. Саме в цих міжкристалічних порах (границі заміряних гідралічних радіусів 0,0075...0,1 мкм) утворюються капілярні сили, взаємодія яких з елементами структури цементуючої речовини викликає явище вологості деформації матеріалу в експлуатаційних умовах ( $w = 5 \dots 35\%$ ).

Для високоякісних автоклавних газобетонів характерний вміст тоберморита у складі цементуючої речовини близько 37% за масою [5]. На рис.2-5 наведені результати дослідження впливу диференціальної пористості на процес вологісної усадки ніздрюватих бетонів,

Таблиця 1.

Усадка ніздрюватого бетону (за даними Сахарова Г.П. [3])

цементне	700	Л	0.5	30	34	0.4	0.34	0.625	0.95	1.69	3.0	0.П5	15.5	0;32	0.941	0.51
		ЛО	0.33	16	21	0.03	0.29	0.21	0.88	1.2	4.0	О.П	34.0	0.39	1.34	1.83
		ВО	0.24	12	21	0.02	0.19	0.09	0.79	1.0	7.4	0.12	57	0.36	1.89	4.06
змішане	600	НВО	0.24	14	21	0.03	0.63	0.38	1.0	1.66	6.0	0.26	39	0.58	0.92	1.53
		Л	0.48	22	49	0.14	0.57	0.58	1.6	2.31	18 (7.6)	0.13	18	0.76	1.33	1.31
		ЛО	0.38	15	47	0.15	0.42	0.3	1.54	2.11	22 (10)	0.27	47	0.7	1.66	2.33
		В	0.39	19	45	0.15	0.9	0.85	1.7	2.75	18 (5)	0.2	19	0.97	1.08	1.14
	900	ВО	0.3	15	46	0.2	0.59	0.42	1.51	2.3	21(5)	0.37	47	0.83	1.41	1,98
		Л	0.42	23	35	0.21	0.62	0.66	1.47	2.3	9 (5)	0.17	20	1.12	1.81	1.7
		ЛО	0.29	15	31	0.15	0.57	0.4	1.35	2.07	12 (4.6)	0.32	44	0.84	1.47	2.1
		В	0.31	18	33	0.22	0.74	0.65	1.52	2.48	11	0.31	32	1.2	1.62	1.85
	ВО	0.24	15	31	0.16	0.57	0.4	1.36	2.09	12 .	0.33	34	0.98	1.72	2.45	

Прийняті позначення: Л – литтєва, В – вібраційна, Н – неавтоклавна технологія; О – оптимальна структура ніздрюватого бетону на грубомолотому піску, зниженому В/Т і температурі вихідних сумішей.

Таблиця 2.

Склад і вологісна усадка ніздрюватого бетону  
густиною  $\gamma = 700 \text{ кг/м}^3$  (за даними [4])

Основний структуроутво- рюючий міне- рал	Вміст мінералу, у % за масою	Усадка, в мм/м, при вологості за масою			
		Насич. → 35	35 → 5	5 → 0	$\Sigma$
$\alpha\text{-C}_2\text{SH}$	24	0	0,15	0,65	0,8
C-S-H (I)	16	0,50	0,55	1,05	2,10
тоберморит	22	0,30	0,15	1,0	1,45

Таблиця 3.

Результати визначення усадки ніздрюватого бетону,  
виготовленого на заводі Skawina (Польща)

Показник	Серія зразка						
	1	2	3	4	5	6	7
Середня густина в су- хому стані, $\text{кг/м}^3$	605	630	635	640	590	630	600
Міцність при стиску, $\text{Н/мм}^2$	4,4	4,3	3,3	5,0	4,7	4,1	3,6
Усадка в діапазоні зниження вологості від 30% до 6% $\epsilon_{cs,ref}$ , мм/м	0,26	0,40	0,44	0,06	0,35	0,31	0,45
Повна усадка $\epsilon_{cs,total}$ , мм/м	0,87	0,92	0,68	0,58	0,91	0,93	0,71

в яких основним мінералом цементуючої речовини був тоберморит (за даними НИПСИликатобетон). Усадка при висиханні протікала, в основному, за ступінчастим типом, проте по мірі зниження В/Т і частки вапна, форма кривих усадки змінювалася у бік плавного типу (рис. 3 і 5). Криві диференціальної пористості досліджених зразків представлені в координатах  $\Delta V / \Delta r - r$ . В цих координатах співвідношення між радіусами пор та їх об'ємами дано без спотворення. Слід зазначити, що у разі використання координат  $\Delta V / \Delta L_{org} - r$  відбувається деяке спотворення диференціальних максимумів.

Диференціальні криві розподілу пор зразків з В / Т від 0,57 до 0,34 утворюють сімейство кривих, в яких при зниженні В / Т закономірно зменшується об'ємна частка (абсолютний об'єм) більш великих капілярів ( $r = 0,1 \dots 0,025 \text{ мкм}$ ) і збільшується частка більш дрібних пор  $r < 0,025 \text{ мкм}$ , а початкові відносно пологі криві перетворюються на криві з сильно вираженим максимумом в області найбільш дрібних пор (що враховується застосованою методикою). Приблизно таким же чином впливає зниження частки вапна (рис. 2 і 4).

Представлені результати показують, що на утворення капілярно-пористої структури ніздрюватого бетону, крім стехіометричних і кінетичних факторів (склад і характеристики суміші, температура і тривалість автоклавовання), помітний вплив роблять фізичні умови проведення синтезу (формувальна вологість, наявність гелеподібної структури і т.д.), а також певні хімічні добавки, які можуть бути присутніми у сировинних матеріалах (особливо в цементі і промислових відходах).

Для автоклавних ніздрюватих бетонів, виготовлених на золі-винесення без застосування цементу (т. зв. PGS-технологія, яка застосовується на заводах у Польщі та ряді інших підприємств) отримані величини усадки, наведені в табл. 3 [6]. Усадку при висиханні було визначено відповідно до стандарту PN-EN 680:2008 шляхом зміни довжини зразків у процесі зниження вологості від 30% до 6% за масою. Для всіх серій зразків була прийнята величина В/Т = 0,5. Зразки відрізнялися вмістом і питомою поверхнею золи-винесення.

Зразки серій 3 і 7 мали найбільшу усадку при висиханні. У зразках серії 3 зола-винесення містила дуже дрібні частинки, а в зразках серії 7 зола-винесення містила дуже великі частки не-вигорілого вугілля, які (на думку А. Łagosz), стали причиною високої усадки при висиханні.

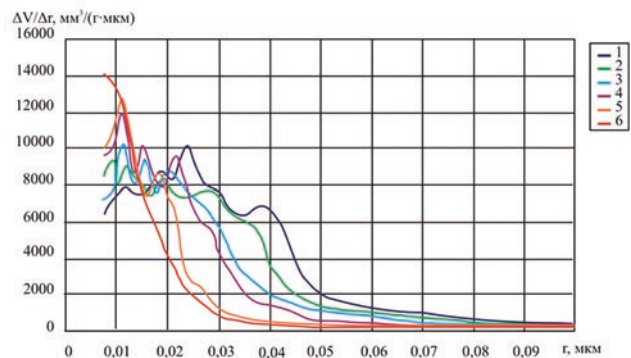


Рис. 2. Криві диференціальної пористості ніздрюватого бетону з різним В/Т: 1 – В/Т=0,57; 2 – В/Т=0,52; 3 – В/Т=0,49; 4 – В/Т=0,45; 5 – В/Т=0,40; 6 – В/Т=0,34 (віброформування)

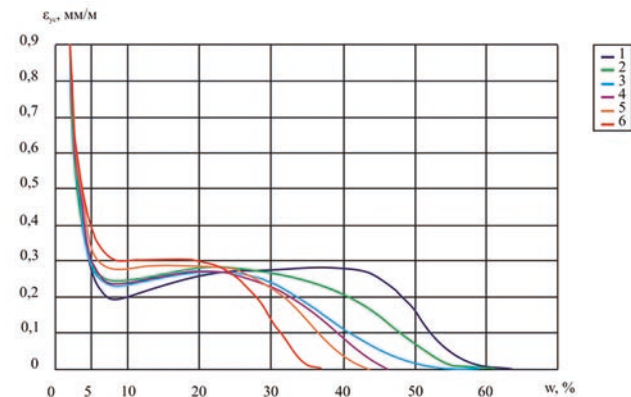


Рис. 3. Криві усадки ніздрюватого бетону з різним В/Т: 1 – В/Т=0,57; 2 – В/Т=0,52; 3 – В/Т=0,49; 4 – В/Т=0,45; 5 – В/Т=0,40; 6 – В/Т=0,34 (віброформування)

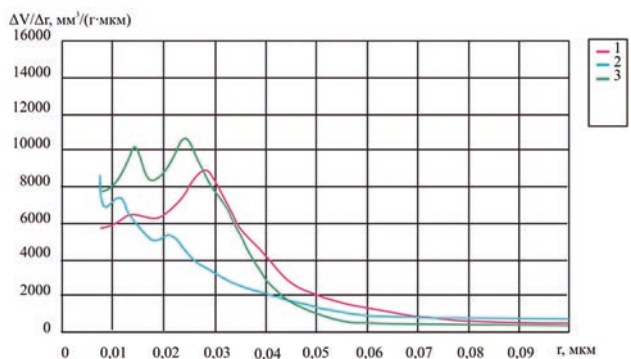


Рис. 4. Криві диференціальної пористості ніздрюватого бетону з різним співвідношенням  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}$ : 1 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=8:1$ ; 2 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=1,2:1$ ; 3 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=4:1$

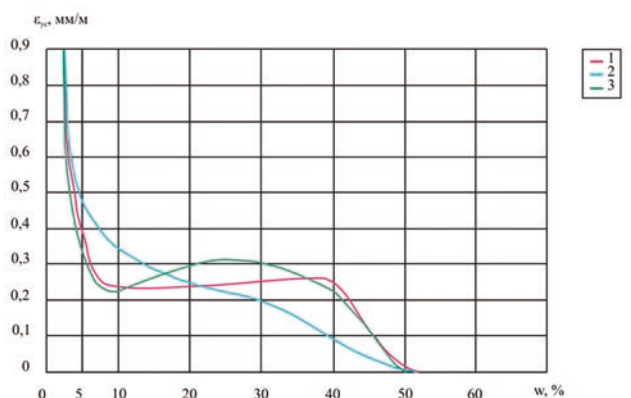


Рис. 5. Криві усадки ніздрюватого бетону з різним співвідношенням  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}$ : 1 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=8:1$ ; 2 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=1,2:1$ ; 3 –  $\text{CaO}_{ii}:\text{CaO}_{ii}=4:1$

**Висновки**

Інтенсивність вологообміну з середовищем визначає міру зміни властивостей ніздрюватих бетонів при експлуатації. Параметри будови визначають міру зміни запасу внутрішньої енергії матеріалу і, тим самим, його реакцію на вологісний вплив. При цьому інтенсивність взаємодії твердої фази з середовищем визначається площею поверхні, її енергетичним станом, параметрами порового простору (енергетичним полем об'єму пор і їх розподілом за розмірами).

Для ніздрюватого бетону можливість зменшення рівня усадочних напружень при зневодненні досягається, головним чином, за рахунок підвищення закристалізованості цементуючої речовини, зміни функції розподілу об'єму пор за їх радіусами у бік збільшення їх середнього ефективного радіусу до 60 нм і мінімального вмісту пор радіусом менше 10 нм.

Рекомендується з метою отримання малоусадочних силікатних автоклавних бетонів в технології їх виготовлення приймати умови формування структури з таким розрахунком, щоб цементуюча речовина складалася з низькоосновних силікатів кальцію з вмістом тоберморита 1,13 нм не менше половини їх загальної кількості, мала питому поверхню не більше 100-150 м<sup>2</sup>/г і характеризувалася теплотою змочування більше 20 Дж/г, а поровий простір включав мінімальний об'єм пор з ефективним радіусом менше 25-30 нм і особливо менше 10 нм. При цьому вміст цементуючої речовини в твердій фазі матеріалу має прийматися мінімально можливим за умовою забезпечення заданого рівня якості по опору руйнуванню і міцності.

**Література:**

1. Структурные факторы управления влажностной усадкой силикатных автоклавных материалов / Е.М. Чернышов // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. – Таллинн. – 1984
2. Теоретические аспекты долговечности ограждающих конструкций и пути повышения качества ячеистых бетонов / А.А. Федин // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. – Таллинн. – 1984
3. Экспериментальная оценка надежности ячеистого бетона в связи с технологическими факторами / Г.П.Сахаров // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. – Таллинн. – 1984
4. О взаимосвязи влажностной усадки и минералогического состава ячеистого бетона автоклавного твердения / Г.Ф. Грюнер, К.К. Эскуссон, П.А. Грюнер, А.Р. Кубо // Тезисы докладов V республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов» Часть 1. – Таллинн. – 1984
5. Исследование влажностной усадки и мелкой пористости автоклавного ячеистого бетона / Г.Ф. Грюнер, Л.И. Острат, К.К. Эскуссон, У.И. Юурвээ // Тезисы докладов VI республиканской конференции «Долговечность конструкций из автоклавных бетонов». – Таллинн. 1987
6. Influence of the fly ash properties on properties of autoclaved aerated concrete / A. Łągosz, P. Szymański, P. Walczak // 5th International Conference on Autoclaved Aerated Concrete «Securing a sustainable future» to be held at Bydgoszcz to celebrate 60 years of AAC experience in Poland, September 14-17, 2011, University of Technology and Life Sciences



Виробнича база будівництва: підручник для студентів вищих навчальних закладів за напрямом Будівництво (всі спец.) В. І. Гоц, Н. О. Амеліна, В. Г. Нестеров; Київ. Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА), 2010.

В підручнику наведена інформація про загальну характеристику виробничої бази будівництва, її місце в будівельному комплексі та структуру. Розглянута інформація про виробництво сорока основних будівельних матеріалів, виробів і конструкцій, які наразі виготовляються в Україні, а саме нерудних будівельних матеріалів і виробів, штучних заповнювачів, мінеральних в'язучих, бетонних сумішей і будівельних розчинів, конструкцій і виробів на основі мінеральних та органічних в'язучих, керамічних виробів, виробів і конструкцій з дерева, сталевих та алюмінієвих виробів і конструкцій, виробів з мінеральних розплавів, полімерів, санітарно-технічних заготовок.