

# Technological features of foaming agent introduction to the aerated concrete production

Volodymyr Ocheretnyi, Viktor Kovalskyi,  
Aliona Bondar, Anna Didenko

Department of Town-Planning and Architecture,  
Vinnytsia State Technical University,  
UKRAINE, Vinnytsia, 95, Khmelnytske shosse,  
E-mail: ocheret@inbtegp.vstu.vinnica.ua

In the article the technology of aerated concrete production with the use of surface-active agents in the role of foaming agents was examined. It was determined that application of stabilizing agents is necessary for the improvement of properties of technological foam.

The possibility of use of polyvinyl additive (PVA) and liquid glass as the stabilizing agents to the synthetic foaming agents was investigated. According to the results of research the optimal content of the above mentioned stabilizing agents was set: for PVA - 15%; for liquid glass - 10%. Introduction of PVA allows to increase the foam firmness 4.5 times and its volume 1.5-2 times. PVA is also the most effective addition as it can be entered on the different technological stages of foamed concrete production whereas the liquid glass can be added only on the initial stage of foam preparation. The volume of technical foam obtained on the basis of synthetic foam production makes 20 and does not depend on a concentration within the scope of 5-20% foaming agent but it does depend on the time of technical foam preparation. At determination of mechanical properties of foam concrete it was found out that the increase of concentration of synthetic foaming agent over 15% reduces the mechanical properties of foam concrete. Introduction of PVA and liquid glass to the organic foaming agents as stabilizing agents is ineffective.

There was obtained a non-autoclave foam concrete with the use of synthetic foam agent and industrial wastes.

*Переклад виконано в Агенції перекладів РІО  
www.pereklad.lviv.ua*

# Технологічні особливості введення піноутворювачів при виготовленні ніздрюватих бетонів

Володимир Очеретний, Віктор Ковальський, Альона Бондар, Анна Діденко

Кафедра містобудування та архітектури  
Вінницького національного технічного університету,  
УКРАЇНА, м.Вінниця, вул. Хмельницьке шосе, 95,  
E-mail: ocheret@inbtegp.vstu.vinnica.ua

*Розглянуто технологію виробництва ніздрюватих бетонів з використанням поверхнево-активних речовин та стабілізуючих добавок при виготовленні пінобетонів.*

*Досліджено залежність властивостей пінобетону від виду поверхнево-активної речовини та способу її введення в розчинну суміш. Встановлено необхідність введення стабілізуючої добавки для покращення характеристик технічної піни.*

*Отримано неавтокланий пінобетон з використанням відходів промисловості та синтетичного піноутворювача.*

*Показана можливість використання органічних поверхнево-активних речовин як сухої поризуючої добавки у виготовленні пінобетонної суміші із сухих будівельних сумішей.*

**Ключові слова** – ніздрюваті бетони, поверхнево-активні речовини, пінобетон, поризовані сухі будівельні суміші.

## I. Вступ

Ніздрюваті бетони (піно- та газобетони) відносяться до високоефективних будівельних матеріалів. Це штучний кам'яний матеріал на основі мінерального в'язучого і кремнеземистого компонента з рівномірно розподіленими по всьому об'єму порами [1].

Показники теплопровідності конструкційно-теплоізоляційного ніздрюватого бетону дозволяють використовувати його при зведенні будівель практично у всіх кліматичних зонах України, що відповідає новим нормативним теплотехнічним вимогами щодо енергозбереження у новобудовах [2].

При досить простій технології виробництва пінобетону, постає проблема з регулюванням властивостей як розчинної суміші, так і уже готового виробу. Великий вплив на властивості пінобетону, крім сировинних матеріалів, з яких він виготовляється, має вид піноутворювача та технологічні особливості його введення.

## II. Аналіз поверхнево-активних речовин як піноутворюючих добавок

Поверхнево-активні речовини (ПАР, *сурфактанти, детергенти*) – хімічні речовини, молекули або йони яких концентруються під дією молекулярних сил (адсорбуються) біля поверхні розділу фаз (рідина (вода) – повітря (пара), рідина (вода) – рідина (масло), рідина – тверда поверхня), знижують поверхневу

енергію, поверхневий натяг рідини, полегшують розтікання. У технології виготовлення ніздрюватих бетонів ПАР використовуються як піноутворюючі добавки. [3, 4]. Молекули ПАР, адсорбуючись на поверхні розділення «повітря – вода», знижують поверхневий натяг води (розклинюючий ефект) [5] і стабілізують дрібні бульбашки повітря в цементному тісті. Це дозволяє регулювати структуроутворення пінобетонної суміші і покращує її стійкість. Пластифікуюча дія добавок ПАР полягає в зменшенні витрати води, а отже і цементу, при виготовленні розчинів. Піноутворюючі ПАР дозволяють отримувати пінобетонні суміші з рівномірно розподіленими порами у вигляді сферичних пухирців, діаметром 1...3 мм і обсягом – 80...85%. Найпоширенішими є синтетичні піноутворювачі, отримані омиленням (обробкою лугом) білків, жирних, смоляних, нафтових і нафтових кислот. Для таких піноутворювачів потрібно використовувати стабілізатор піни – столярний клей, сульфати алюмінію, заліза. На відміну від повітровтягуючих добавок, які спричиняють утворення мікропористої структури цементного каменю, піноутворюючі добавки викликають утворення в цементному камені замкнених макропор з розмірами від 0,1 мм до кількох міліметрів. Виробництво ефективного по теплофізичних параметрах пінобетону є проблемним через складність забезпечення стабільності ніздрюватої структури при високій пористості і постійній щільності, що забезпечується лише за рахунок підвищення міцності матриці поризованого матеріалу й створення оптимальної пористої структури матеріалу [6]. Забезпечення міцності неорганічної матриці можливо шляхом підвищення хімічної активності в'язучого, зниження водоцементного відношення, використання механохімічної активації в'язучого. Створення оптимальної пористої структури залежить від кратності й стійкості піни у високомініралізованих цементних пастах [7, 8], що вирішується спеціальними технологічними прийомами утворення та/або введення вже готової піни до розчинової суміші, а також підбором оптимальної ПАР.

### III. Технологія виготовлення пінобетонів

Пінобетон отримують змішуванням водного розчину в'язучих речовин із піною. В останні роки запропоновані нові технологічні прийоми виготовлення пінобетонів. Основними перевагами пінобетонної технології є можливість транспортування пінобетонної суміші формування ніздрюватої структури бетону при звичайній температурі, недоліком є відносно велика витрата в'язучої речовини, що пов'язано з негативною дією піноутворювачів на процеси гідратації та структуроутворення в'язучої речовини. Зазвичай введення піноутворювача в значній кількості для отримання суміші низької середньої густини, а також використання високого водотвердого відношення, призводить до зниження міцності пінобетонних

виробів [9], що пояснюється тим, що піноутворювач, як поверхнево-активна речовина (ПАР), обволікає частинки клінкерних мінералів та наповнювача, тим самим сповільнюючи процес твердіння [6].

На даний час при виготовленні пінобетонів застосовують такі методи приготування бетонної суміші:

1. Поризація бетонної суміші попередньо підготовленою піною:

- традиційний пінний спосіб передбачає роздільне приготування високо кратної пін і розчинової суміші, по поризується, з наступним їх змішуванням в окремому змішувачі для приготування розчинової суміші;

- метод сухої мінералізації піни передбачає попереднє приготування низько кратної піни та її мінералізацію сухими компонентами суміші шляхом поступового і рівномірного додавання їх до піно маси при одночасному перемішуванні і змішувачі.

2. Приготування пінобетонної суміші без попереднього приготування піни:

- метод приготування піно маси керуванням базується на втягування повітря сумішшю в'язучої речовини, кремнеземистого компонента, води і піноутворювача при швидкісному їх перемішування у високо обертовому змішувачі.

У перших двох методах для отримання піни застосовують піногенератори. Як наслідок властивості піни залежать не лише від виду піноутворювача, але й від конструкції піногенератора [9]. Метод сухої мінералізації дає змогу отримувати пінобетон із високим коефіцієнтом конструктивної якості, але існує складність його апаратного супроводження, оскільки метод потребує спеціального обладнання [9].

Приготування пінобетонної суміші методом керування дозволяє відмовитись від застосування піногенератора, але передбачає використання високо обертового змішувача певної конструкції, що враховує об'єм та співвідношення його основних розмірів; швидкість обертання вала; динаміку потоків суміші при перемішуванні. До технологічних факторів, які потрібно врахувати, відносять: коефіцієнт завантаження змішувача за об'ємом, час змішування, водотверде відношення, кількість і вид піноутворювача, рухомість пінобетонної суміші.

### IV. Вплив способів введення ПАР на властивості пінобетонів, виготовлених з використанням техногенних відходів

В якості ПАР було використано два піноутворювача: органічний піноутворювач СДО (смола деревна омилена) і синтетичний піноутворювач «Софір».

Смола деревна омилена (СДО) – органічний піноутворювач отриманий шляхом омилення частково конденсованої (термообробленої) деревної смоли лугом. При застосуванні піноутворювач СДО вводять безпосередньо в змішувач через дозатор, додають

воду і перемішують розчин. Для прискорення процесу розчинення добавки застосовують воду, прогріту до 50 °С. Для виготовлення пінобетонів рекомендується використовувати СДО концентрацією 2-10%, оскільки вища концентрація добавки може призвести до значної усадки та збільшення строків тужавлення.

«Софір» являє собою концентровану рідину, що відноситься до біорозчинних піноутворювачів, малотоксичний, невибухонебезпечний, незаймистий, водневий показний іонів (рН) складає 7,0-10,0, призначений для одержання пінобетонів різних марок.

Метою досліджень було підібрати оптимальну концентрацію піноутворювача, а також дослідити залежність стійкості піни від кількості обертів змішувача та часу перемішування. З метою стабілізації технічної піни у розчин було введено полівінілацетатну добавку (ПВА) і рідке скло, а також проведено аналіз впливу відсоткового вмісту стабілізатора на стійкість піни.

У результаті проведених досліджень було визначено, що найбільш оптимальною для СДО є концентрація речовини 10% при якій стійкість піни складає 67 с, кратність 8 (Табл. 1). Подальше збільшення обертів міксеру не підвищує кратності піни.

Таблиця 1

Вплив концентрації СДО на стійкість технічної піни при сталому часі збивання  $t=180$  с

Концентрація СДО, %	10	7	5	4	3	2
Стійкість піни, с	67	64	50	40	40	40
Кратність піни	8	8	6	6	6	6
Кількість обертів об/хв	100	80	70	70	70	70

Для піноутворювача «Софір» отримані такі результати: найоптимальніша кількість обертів  $N=100$  об/хв, найоптимальніший час збивання  $t=180$  с при концентрації піноутворювача 14%. Кратність технічної піни, отриманої з «Софір» у всіх випадках становила 20. Результати досліджень приведені в Табл. 2, 3, основні залежності відображені на Рис. 1.

Таблиця 2

Вплив тривалості збивання на стійкість технічної піни при сталій кількості обертів змішувача  $N=100$  об/хв і 14%-ій концентрації «Софір»

Час збивання піни, с	60	120	150	180	210	240
Стійкість піни, с	53	77	87	109	70	60

Таблиця 3

Вплив кількості обертів змішувача на стійкість піни при сталому часі збивання  $t=180$  с і 14%-ій концентрації «Софір»

Кількість обертів, об/хв	70	90	100
Стійкість піни, с	50	120	140

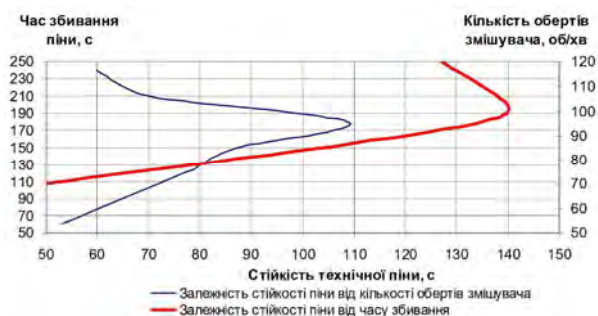


Рис.1 Залежність стійкості піни від часу збивання та кількості обертів змішувача для піноутворювача «Софір»

Для проведення наступного етапу випробувань було обрано піноутворювач «Софір» оскільки на основі виконаних дослідів встановлено, що технічна піна отримана на основі цього піноутворювача має кращу кратність і є більш стійкою.

З метою покращення властивостей технічної піни, отриманої при застосуванні піноутворювача «Софір» були використані ПВА та рідке скло. Визначено, що найоптимальніший вміст клею ПВА для 14%-вого розчину даного піноутворювача складає 15 % (Табл. 4), рідкого скла – 10 % (Табл. 5). Результати досліджень відображені на Рис.2.

Таблиця 4

Вплив відсоткового вмісту ПВА на стійкість технічної піни, отриманої при 14%-ій концентрації «Софір», сталій кількості обертів змішувача  $N=100$  об/хв і сталому часі збивання  $t=180$  с

Стійкість піни, с	160	190	205	205	223	253	469	442
Вміст ПВА, %	2	4	6	8	10	12	15	20

Таблиця 5

Вплив відсоткового вмісту рідкого скла на стійкість технічної піни, отриманої при 14%-ій концентрації «Софір», сталій кількості обертів змішувача  $N=100$  об/хв і сталому часі збивання  $t=180$  с

Стійкість піни, с	42	52	60	90	113	80
Вміст рідкого скла, %	2	4	6	8	10	12

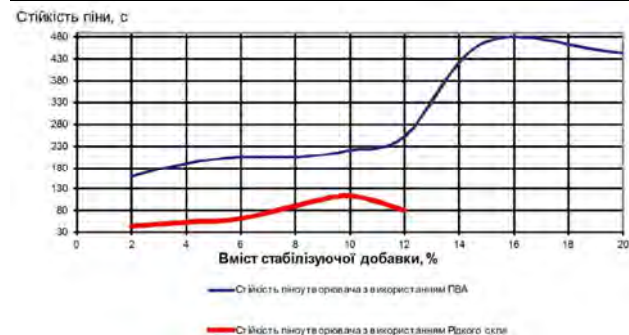


Рис.2 Порівняння впливу на стійкість піни різних стабілізуючих добавок

ПВА вводився безпосередньо у концентрований розчин «Софір», у воду та у 14%-ий водний розчин піноутворювача, а також в уже готову технічну піну.

Найкращі результати показало введення ПВА в концентрований розчин «Софір» та у 14%-ий водний розчин піноутворювача.

У результаті досліджень було отримано неавтоклавний пінобетон (Рис.3) на основі синтетичного піноутворювача «Софір» з додаванням до нього у якості стабілізатора піни ПВА та наступних сировинних матеріалів: портландцемент, зола-винос Ладиженської ТЕС, пісок, вапняковий порошок, отриманий з відходів дроблення вапняку та червоний бокситовий шлам.

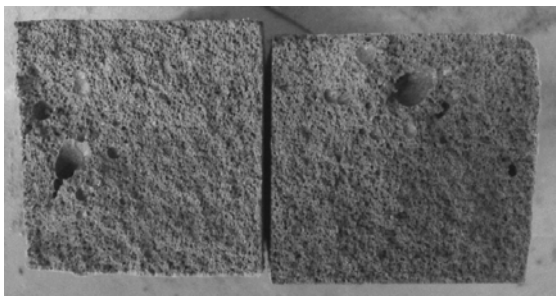


Рис.3 Зразок пінобетону, виготовленого з піноутворювачем «Софір»

Смола деревна омилена (СДО) була використана нами для виготовлення пінобетонної суміші з сухих будівельних сумішей, оскільки, крім 50%-ного концентрату, сьогодні розроблений порошокподібний піноутворювач SDO-L з вмістом смоли – 96%. У ході досліджень був отриманий теплоізоляційний пінобетон неавтоклавного тверднення на основі сухих будівельних сумішей (Рис.4) з використанням відходів промисловості та місцевих сировинних матеріалів [10], що є перспективним напрямком розробки поризованих теплоізоляційних сухих будівельних сумішей.



Рис.4 Структура пінобетону, виготовленого на основі сухих будівельних сумішей та СДО у якості піноутворюючої добавки

## Висновок

Проаналізовано технологію виготовлення ніздруватих бетонів та встановлено необхідність введення стабілізуючих добавок для покращення характеристик технологічної піни.

Розглянуто можливість використання полівінілацетатної добавки (ПВА) та рідкого скла в якості стабілізуючої добавки до піноутворювачів.

За результатами дослідження встановлено, що введення 15% ПВА збільшує стійкість піни у 4,5 рази і покращує її кратність. Рідке скло не впливає на кратність піни і в порівнянні з ПВА дає нижчу її стійкість.

Введення в органічні піноутворювачі ПВА та рідкого скла в якості стабілізуючої добавки є неефективним.

Розглянуто можливість використання сухих органічних піноутворювачів для виготовлення пінобетону неавтоклавного тверднення із сухих будівельних сумішей на основі місцевої сировини.

## Література

- [1] Томилин К. В. Ячеистый бетон – перспективы развития. / К. В. Томилин, Н. С. Сторчай // Бетон и железобетон в Украине. – 2006. – № 3. – С. 2-3.
- [2] Портник А. А. Все о пенобетоне. / А. А.Портник. – СПб. , 2003. – 266 с.
- [3] Моргун В.Н. Теоретическое обоснование закономерностей конструирования структуры пенобетона. / В.Н. Моргун // Труды международного конгр.Н. Теоретическое обоснование закономерностей «Наука и инновации в строительстве SIB-2008». Современные проблемы строительного материаловедения и технологии. – Воронежский ГАСУ, 2008. – Т. 1. – С. 29-35.
- [4] Шабанова Г.М. Теплоизоляционно-конструкционный пенобетон с повышенными эксплуатационными характеристиками. / Г.М. Шабанова, О.П. Васильчук, А.М. Корогодська, О.О. Гапонова, Ф.А. Васюгін, Т.С. Бондаренко // Вісник Національного технічного університету «ХПІ». Тематичний випуск «Хімія, хімічна технологія та екологія» Збірник наукових праць. – 2009. – Випуск № 40. – С. 169-176.
- [5] Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. / Владимир Геннадиевич Батраков. – М., 1998. – 768 с.
- [6] Ратинов В.Б. Добавки в бетон. / В.Б. Ратинов, Т.И.Розенберг. – М.: Стройиздат, 1989. – 188 с.
- [7] Гельфман М.И. Коллоидная химия / М.И. Гельфман, О.В. Ковалевич, В.П. Юстратов. – [4-е изд.]. – М.: Лань, 2008. – 336 с.
- [8] Морозов А.П. Пенобетоны и другие теплоизоляционные материалы. / А. П. Морозов. – Магнитогорск, 2008. – 103 с.
- [9] Будівельне матеріалознавство: підручник. / [П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Баранівський та ін.]. – К. : ТОВ УВПК "ЕксОБ", 2004. – 704 с. – ISBN 966-7769-35-6.
- [10] Очеретний В.П. Викоритання поверхнево-активних речовин у якості поризуючої добавки до сухих будівельних сумішей. / В.П. Очеретний, В.П. Ковальський, А.В. Бондар // Науково-технічний збірник «Сучасні технології, матеріали і конструкції в будівництві» Вінниця: ВНТУ, 2011. – №1. – С.36-40.