

УДК 504.06; 628.4; 691.33

ПОЛІПШЕННЯ ВЛАСТИВОСТЕЙ ПІНОБЕТОНІВ НА ОСНОВІ АНАЛІЗУ МЕТОДІВ ПРИГОТУВАННЯ БЕТОННОЇ СУМІШІ

В. П. Очеретний, В. П. Ковальський, А. Ф. Руда

Проведено аналіз приготування пінобетонів традиційним методом, методами сухої мінералізації та аерування, в результаті було виявлено їх переваги та недоліки, основним з яких є низька стійкість піни. Для підвищення стійкості піни були проведені дослідження, в результаті яких було запропоновано введення стабілізуючої добавки у вигляді рідкого скла та ПВА, що надало змогу підвищити стійкість піни.

Проведен анализ приготовления пенобетонов традиционным методом, методами сухой минерализации и аэрирования, в результате было выявлено их преимущества и недостатки, основным из которых является низкая стойкость пены. Для повышения устойчивости пены были проведены исследования, в результате которых было предложено введение стабилизирующей добавки в виде жидкого стекла и ПВА, что дало возможность повысить устойчивость пены.

The analysis of traditional foam preparation, methods of dryminer alization and aeration as a result found their advantages and disadvantages, the main of which is a low resistance foam. To improve the stability of foams have been conducted, in which it was proposed the introduction of stabilizing additives in the form of liquid glass and PVA, which provided an opportunity to increase the stability of foam.

Вступ

Пінобетон отримують змішуванням водного розчину в'язучих речовин із піною. Перший спосіб отримання пінобетону було запропоновано Є. С. Баєром у 1911 р., але практично цей матеріал почали виготовляти із середини 20-х років минулого століття спочатку у Данії, а потім у ФРН. 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 [1].

В наш час при виготовленні пінобетонів застосовують такі методи приготування бетонної суміші:

1. Поризація бетонної суміші з попередньо підготовленою піною:
 - традиційний пінний спосіб передбачає роздільне приготування високократної піни і розчинної суміші, що поризується, з наступним їх змішуванням в окремому змішувачі для приготування розчинної суміші;
 - метод сухої мінералізації піни передбачає попереднє приготування низькократної піни та її мінералізацію сухими компонентами суміші шляхом поступового і рівномірного додавання їх до піномаси при одночасному перемішуванні в змішувачі.
2. Приготування пінобетонної суміші без попереднього приготування піни:
 - метод приготування піномаси аеруванням базується на втягуванні повітря сумішшю в'язучої речовини, кремнеземистого компонента, води і піноутворювача при швидкісному їх перемішуванні у високообертovому змішувачі.

Кожний з наведених методів має технологічні переваги і недоліки, які наведені в табл. 1.

Задачі досліджень

Аналізуючи дані таблиці, основним завданням було вибрати спосіб приготування пінобетонної суміші з поліпшеними властивостями.

Для вирішення задач було проведено такі дослідження:

- 1) для підвищення стійкості піноутворювача було використано стабілізуючі добавки;
- 2) виготовлення зразків для порівняння методів приготування.

Таблиця 1

Основні переваги та недоліки в технологіях виготовлення пінобетону

Назва методу	Переваги методу	Недоліки методу
Традиційний метод	<ul style="list-style-type: none"> - найбільш відпрацьований і надійний; - параметри пінобетону регулюються відношенням між піною і розчином в складі піномаси. 	<ul style="list-style-type: none"> - у процесі перемішування частково відбувається руйнування структури піномаси. Це залежить від: <ol style="list-style-type: none"> 1) тривалості перемішування – при довгому перемішуванні можна зруйнувати всю піну і не отримати поризованої піномаси; 2) швидкості перемішування; 3) характеру циркуляції змішуваної піномаси у змішувачі і форми змішувальних лопаток; 4) тиксотропних характеристик суміші: рухливості, в'язкості, пластичної міцності і т. д. [2]; 5) від стійкості вихідної піни (залежить від типу піногенератора) - даний метод потребує піногенератор певної конструкції.
Метод сухої мінералізації	<ul style="list-style-type: none"> - такий метод придатний для безперервної технології виробництва пінобетону; - даний метод дозволяє отримувати більш щільні міжпорові перегородки в макроструктурі пінобетону за рахунок зменшення водотвердого відношення і більш щільного пакування частинок в'язучої речовини і кремнеземистого компонента; - керувати експлуатаційними характеристиками пінобетону можна за рахунок зміни кратності піни. 	<ul style="list-style-type: none"> - необхідно точне і рівномірне дозування сухих компонентів і їх рівномірний розподіл в поризованій суміші без її руйнування [2]. - даний метод потребує піногенератор певної конструкції.
Метод аерування	<ul style="list-style-type: none"> - такий метод дозволяє відмовитись від застосування піногенератора; 	<ul style="list-style-type: none"> - передбачає використання високообертового змішувача певної конструкції, що враховує об'єм та співвідношення його основних розмірів; швидкість обертання вала; динаміку потоків суміші при перемішуванні

Для випробування було вибрано балочки розмірами 4×4×16 (мм). Час збивання пінобетонної суміші складав $t = 5$ хв, кількість обертів – $N = 120$ об/хв. Склад замісу прийнято згідно з методикою розрахунку ніздрюватих бетонів [3]. У замісах № 1-4, які вказані в таблиці 2 було використане цементне в'язуче, тверднули за нормальних умов.

Дані про склад зразків пінобетону і методи приготування суміші подані у таблиці 2.

Таблиця 2

Склад зразків пінобетонів

№ замісу	Кількість води, гр	Кількість піноутворювача, гр	Кількість цементу, гр	Добавки	Метод приготування суміші
1	270	14	450	–	Метод аерування
2	270	14	450	15 % ПВА	
3	270	14	450	10 % Рідке скло	
4	270	14	450	–	Традиційний метод

Основна частина

Оскільки, проаналізувавши переваги і недолки кожного методу, основним недоліком є стійкість піни, для покращення цієї властивості було запропоновано використати стабілізуючі добавки, такі як: рідке скло та ПВА. Також було проведено порівняння їх впливу на стійкість піни. Крок варіювання стабілізуючих добавок змінювався 2 % від об'єму суміші.

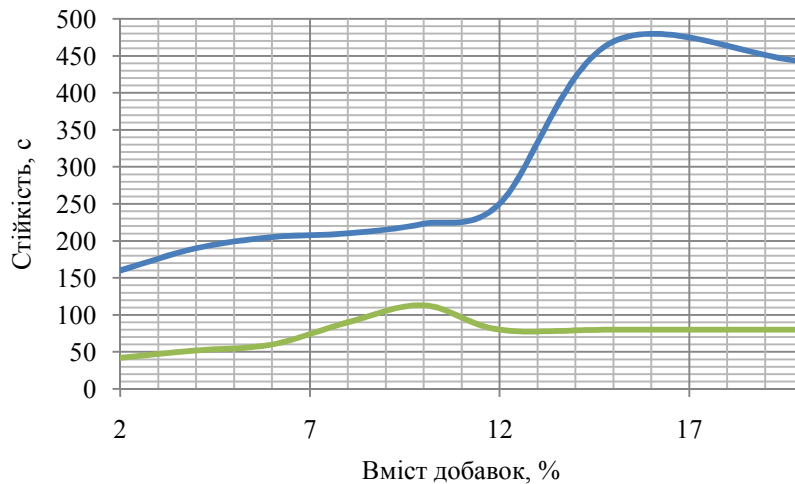


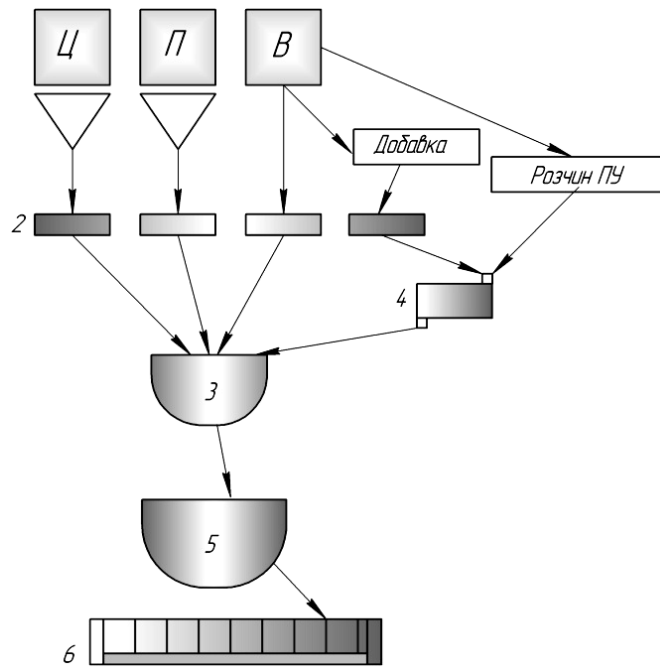
Рис. 1. Порівняння впливу на стійкість піни різних стабілізуючих добавок: 1 – стійкість піноутворбвача з використанням ПВА; 2 – стійкість піноутворбвача з використанням рідкого скла

Найвищу стійкість для рідкого скла було зафіксовано при вмісті клею 10 % від об'єму суміші, яка складає 113 с, при використанні як стабілізуючої добавки ПВА, найвища стійкість складає 469 с, при вмісті клею 15 % від об'єму суміші. Для проведення наступного етапу випробувань було вибрано стабілізуючу добавку ПВА, яка показала кращі результати стійкості у 4 рази порівняно з рідким склом.

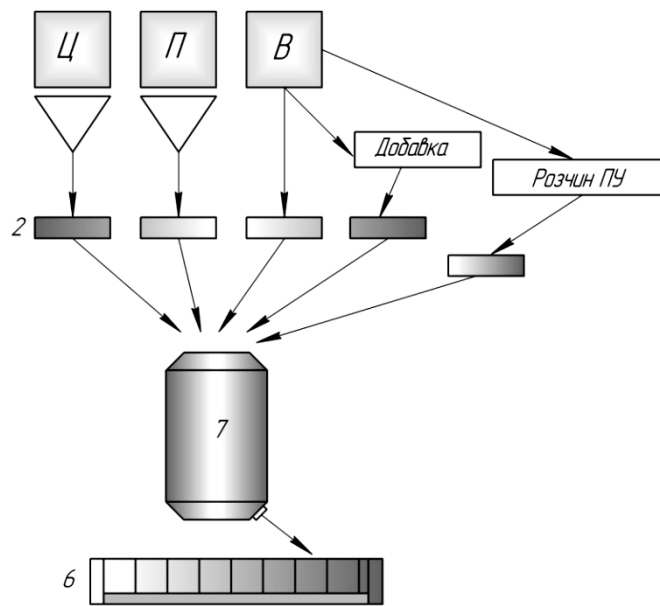
Технологія приготування суміші включає в себе стадії, показані на рис. 3 відповідно до методу приготування пінобетонної суміші – традиційний метод і метод аерування. На відміну від традиційної схеми приготування, нами запропоновано стабілізуючі добавки додавати не в змішувач, а в піногенератор (рис. 3, а).



Рис. 2. Фотофіксація експериментальних зразків: а – експериментальний зразок виготовлений традиційним методом; б – експериментальний зразок виготовлений методом аерування пінобетонної суміші



а



б

Рис. 3. Технологічні схеми виробництва пінобетонних виробів:

а – традиційний метод; б – метод аерування бетонної суміші;

1 – бункери сировинних матеріалів (цементу, піску, води); 2 – дозатори; 3 – змішувач для приготування розчинної суміші; 4 – піногенератори; 5 – змішувач для приготування пінобетонної суміші; 6 – форми; 7 – високообертовий змішувач

В результаті проведення досліджень було отримано такі результати.

Найкращу міцність продемонстрували зразки № 2 та № 3, тобто ті в яких було використано стабілізуючі добавки. Порівнюючи міцність зразків виготовлених традиційним методом та методом аерування, кращий результат було зафіксовано в зразках виготовлених методом аерування (рис. 4).

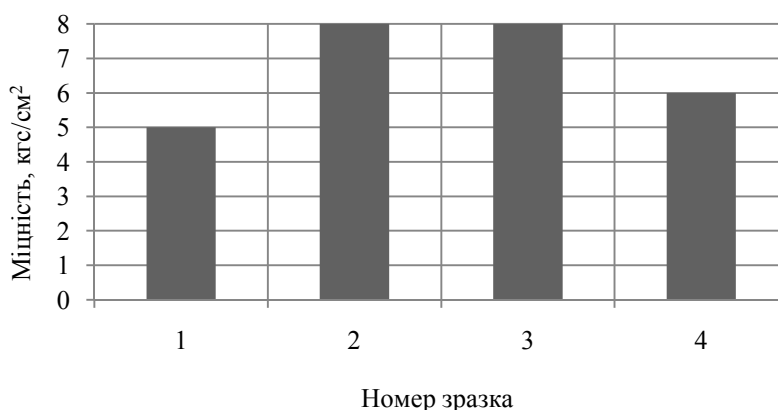


Рис. 4. Міцність зразків: 1 – зразки, виготовлені без стабілізуючих добавок традиційним методом; 2 – зразки, виготовлені з рідким склом традиційним методом; 3 – зразки, виготовлені з ПВА традиційним методом; 4 – зразки, виготовлені без стабілізуючих добавок методом аерування

Таблиця 2

Значення теплопровідності і густини зразків

№ замісу	Середня густина, кг/м ³	Теплопровідність, Вт/(м ⁰ С)
1	720	0,266
2	550	0,179
3	500	0,159
4	539	0,175

Також було виявлено, що зразки виготовлені з ПВА та рідким склом забезпечують більш однорідну структуру пінобетону, що в свою чергу приводить до підвищення як міцності, так і теплопровідності. У зразках з попередньо підготовленою піною традиційним методом, спостерігалась неоднорідність структури (див. рис. 2).

Висновки

- Проведено аналіз методів приготування пінобетонної суміші – традиційного, методів аерування та сухої мінералізації.
- Для підвищення стійкості піни було запропоновано проведення дослідження з додаванням стабілізуючої добавки у вигляді рідкого скла та ПВА, що надало змогу підвищити стійкість піни у 4 рази.
- Згідно з результатами аналізу методів було виготовлено зразки для порівняння їх механічних властивостей. Найкраща міцність складає 8 кгс/см².

Використана література

1. Кривенко П. В. Будівельне матеріалознавство : підручник / [П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, В. Б. Баранівський та ін.]. – К. : ТОВ УВПК "ЕксОб", 2004. – 704 с.
2. Красиникова Н. М. Новый способ приготовления пенобетона // Н. М. Красиникова, В. Г. Хозин // Известия КазГАСУ. – 2009. – № 1 (11). – С. 266-272.
3. Гоц В. І. Бетони і будівельні розчини : підручник / В. І. Гоц. – К. : ТОВ УВПК "ЕксОб", КНУБА, 2003. – 472 с.

Очеретний Володимир Петрович – к.т.н., декан факультету будівництва та будівельного менеджменту Вінницького національного технічного університету.

Ковальський Віктор Павлович – к.т.н., доцент кафедри містобудування та архітектури Вінницького національного технічного університету.

Руда Анна Федорівна – магістрант Вінницького національного технічного університету.