

УДК 666.973.6

*Сердюк В.Р., доктор техн. наук, професор,  
завідувач кафедри МБЦО,  
Христич О.В., канд. техн. наук, доцент кафедри  
МБЦО, Вінницький національний технічний  
університет (ВНТУ),  
Іванова Н.Л., викладач, ВБТ, м. Вінниця*

## ЕФЕКТИВНІ ЗАПОВНЮВАЧІ ДЛЯ НІЗДРЮВАТИХ БЕТОНІВ

**Вступ.** Підприємства виробничої бази будівництва в умовах енергетичної кризи в Україні, коли питома вага ресурсів становить більше половини собівартості продукції потребують впровадження нових технологій з використанням дешевих сировинних матеріалів. Наряду з проблемами енергоощадності виробничих галузей дотепер також актуальними є завдання по захисту навколишнього середовища і збереження національних багатств (природні ресурси) вирішення яких полягає у широкому використанні техногенних продуктів промислових підприємств для виготовлення будівельних матеріалів. Разом з тим сучасне будівництво потребує збільшення обсягів використання ефективних конструкційно-теплоізоляційних матеріалів. Відомо, що Україна серед країн Європи постає в переліку останніх місць по обсягам використання в будівництві ніздрюватих будівельних матеріалів і виробів на їх основі. Так в Німеччині річний обсяг виробництва стінових виробів ніздрюватої структури становить більше 300 м<sup>3</sup> на одну тисячу населення, у Швеції - більше 250 м<sup>3</sup>, у Білорусі – 120÷130 м<sup>3</sup>. В Україні ці показники ледве сягають значення 5÷7 м<sup>3</sup>. Отже майбутні перспективи розвитку підприємств промисловості будівельних матеріалів полягають у розробці ресурсоефективних технологій з виробництва ніздрюватих бетонів і нарощуванні обсягів виготовлення дрібноштучних стінових виробів на їх основі [1].

**Постановка задач досліджень і шляхи їх вирішення.** Комплексне вирішення актуальних проблем з виробництва енергоефективних будівельних матеріалів передбачає постановку перед науковцями таких головних задач: – проведення аналізу технологій виготовлення конструкційно-теплоізоляційних матеріалів;

– дослідження сировинної бази компонентів для виготовлення сировинних сумішей матеріалів ніздрюватої структури (золи-виносу, дисперсні металеві шлами, фосфогіпси, кислі стоки хімічних виробництв);

– аналіз існуючих різновидів техногенних продуктів промислових виробництв і технологій їхнього використання в будівельному виробництві;

– проведення експериментальних досліджень і розробка нових технологій виготовлення ніздрюватих бетонів з використанням ефективних заповнювачів.

До переліку завдань також слід віднести пошук і розробку шляхів вирішення питань екологічної безпеки окремих регіонів Вінницької області, які виникли через забруднення її значних територій багатотоннажними відходами теплоенергетики – золами-виносу (ЗВ) ТЕС та відходами хімічної промисловості.

Під час виготовлення конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів виробниками використовуються два найбільш поширені різновиди пороуворювачів структури формувальних масивів в результаті чого виробники отримують пінобетон або газобетон. Серед них найбільш стабільними параметрами структури характеризуються газобетони. Виробництво газобетону в залежності від режимів формування масивів може здійснюватись за двома технологіями: під впливом тиску і температури – автоклавна і безавтоклавна технологія – тверднення масиву у звичайних умовах. Безавтоклавна технологія дозволяє отримувати стінові вироби класу В2,5 з середньою щільністю 650÷720 кг/м<sup>3</sup>. Разом з тим дана технологія не потребує значних капіталовкладень на організацію виробництва стінових матеріалів і є досить економічно привабливою за термінами окупності капіталовкладень і показниками рентабельності.

Основними компонентами при виробництві конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів з газобетону за безавтоклавною технологією є:

- мінеральне в'язуче – портландцемент марок 400 або 500;

- заповнювач – мелений кварцовий пісок;
- добавка-пороутворювач – алюмінієва пудра або паста;
- хімічні добавки-прискорювачі тверднення і стабілізуючі добавки.

Для приготування формувальних розчинів використовують розчинозмішувач примусової дії і попередньо підігріту ( $45\div 55\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) воду замішування. Собівартість виготовлення  $1\text{ м}^3$  виробів з такого матеріалу в середньому складає 280–360 грн. в залежності від витрат на транспортування сировини. З них біля 40 % це вартість в'язучого, 20–25% – заповнювач, який потрібно додатково домелювати і решта – вартість добавок, електроенергії і заробітна плата робітників.

Завдання розробки нового різновиду ресурсозберігаючих технологій виготовлення безавтоклавного газобетону може вирішуватись шляхом використання попередньо активованих заповнювачів техногенного походження (золи-виносу) і скороченням при цьому витрат мінерального в'язучого. Відомо, що природні мінеральні заповнювачі і добавки потребують додаткових затрат на їх виробництво і транспортування, разом з тим 12 діючих на Україні теплових електростанцій в середньому щорічно направляють у відвали біля 10 млн. т золошлакових відходів. Їхнє повторне використання при виробництві конструкційно-теплоізоляційних стінових матеріалів вирішуватиме як економічні так і екологічні проблеми держави.

Однією з фізичних характеристик золи-виносу є гладка оплавлена скловидна поверхня та приблизно правильна сферична форма її частинок. Завдяки цьому і високій питомій поверхні золи-виносу використовують для підвищення пластичності будівельних сумішей і для скорочення витрат мінерального в'язучого (до 30% мас). Мінералогічний склад такого заповнювача і його хімічні характеристики залежить від технології спалювання вугілля, тинини помелу палива і його хіміко-мінералогічного складу. В результаті проведених попередніх досліджень встановлено, що для покращення фізико-хімічних і фізико-механічних характеристик зразків поризованих бетонів найбільш доцільно використовувати золу-виносу Ладизинської ТЕС. Вона за хімічним складом відноситься до основних зол, що позитивно впливатиме на процеси структуроутворення міжпустотних перегородок ніздрюватих структур газобетону (табл. 1).

**Таблиця 1– Хімічний склад золи-виносу Ладизинської ТЕС**

Хімічний склад	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	CaO	MgO	K <sub>2</sub> O	Na <sub>2</sub> O	SO <sub>3</sub>	п.п.
Вміст %	52,1	23,1	15,6	3,16	1,08	0,4	1,2	0,57	0,7

В роботах [2 - 4] авторами було представлено результати дослідження впливу механічної і хімічної активації зерен золи-виносу на фізико-механічні характеристики зразків будівельних розчинів. Попереднє домелювання ЗВ в кульовому млині призводить до деякої руйнації скловидних поверхонь зерен, що викликає збільшення водопотреб суміші, зниження пластичності, але сприяє підвищенню міцності при стиску і розтягу. Активація зерен заповнювача  $0,5\div 10\%$  розчинами сірчаної і ортофосфорної кислот в процесі витримування і одночасного перемішування в бункері протягом 3 діб також позитивно впливає на фізико-механічні властивості зразків. Порівняно з механічною активацією механічні характеристики підвищуються на 7%, рухливість зменшується на 4%, водопотреба суміші підвищується на 3.5%. Авторами відмічалось, що і перший, і другий способи підготовки заповнювача мають свої переваги і недоліки. Так, домелювання потребує витрат енергоресурсів і додаткових технологічних операцій порівняно з використанням звичайної ЗВ, хоча при цьому відмічено покращення властивостей кінцевої продукції. Хімічна активація більш виразно впливає на властивості дослідних зразків (приріст міцності  $28\div 36\%$ , скорочення витрат в'язучого на  $25\div 35\%$ ) порівняно із неактивованою ЗВ, але залишки кислот на поверхні частинок ЗВ негативно впливають на міцність і структуроутворення матеріалу.

Складними фізико-хімічними процесами при структуроутворенні поризованих цементних систем є їхня гідратація, набір пластичної міцності, тепловиділення і зміна показника рН. Найбільш інтенсивні процеси структуроутворення стінок міжпорових перегородок масиву газобетону проходять в перші 20–60 хв., що супроводжується значною зміною реологічних характеристик матеріалу в цей період. При цьому зміна реологічних властивостей матеріалу міжпорової перегородки впливає на процес пороутворення і кінцеві фізико-механічні властивості матеріалу. Додавання

до складу формувальних сумішей фосфогіпсу викликає значні зміни реологічних властивостей в порівнянні із звичайним газобетоном неавтоклавного тверднення. Кислі залишки, що знаходяться у складі фосфогіпсу негативно впливають на процеси газовиділення в лужному середовищі і уповільнюють тужавіння масиву, тому фосфогіпс потрібно попередньо нейтралізувати.

Нами в процесі виконання держбюджетної науково-дослідної роботи 69-Д-325 запропоновано використання у якості ефективного заповнювача для виготовлення стінових виробів з безавтоклавного газобетону активованої ЗВ замість меленого кварцового піску.

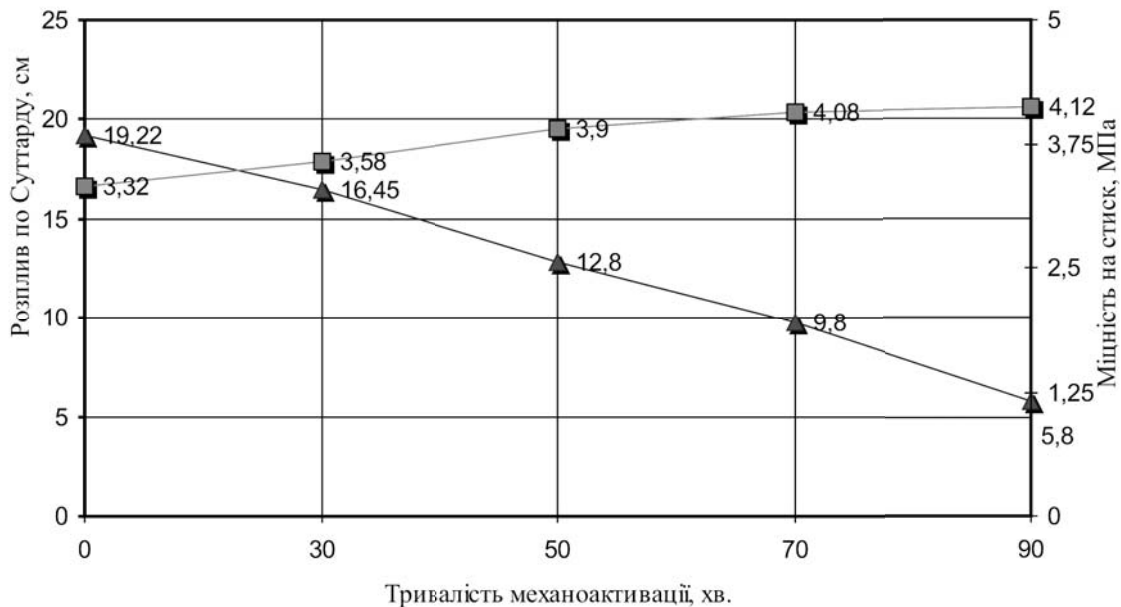
Технологія активації передбачає витримування ЗВ у водному розчині кислих залишків (відходи промивання фосфогіпсів) протягом 48 годин і наступне періодичне домелювання мас в кульовому млині. На останньому етапі механоактивації в бункер млина додавали 10 – 15 % мас. природних мінеральних добавок – мергелю.

Використання хімічно і механічно активованої золи-виносу в деякій мірі негативно впливає на реологічні характеристики будівельних розчинів (рис. 1, рис. 2). Так, по мірі збільшення впливу процесів активації (концентрація кислотних залишків водного розчину 12,5% і тривалість механічного розмелювання) на графіках спостерігається зменшення величини рухливості розчину. Очевидно, що механо-хімічна активація призводить до руйнування скловидних поверхонь частинок ЗВ, зростання водопотреб суміші і збільшення ступеню гідратації мінеральних складових заповнювача.

Представлені результати експериментальних досліджень відображають позитивний вплив механо-хімічної активації ЗВ в технологічному процесі отримання ефективного заповнювача для виготовлення будівельних розчинів. В процесі механо-хімічної активації золи-виносу, вона набуває поліфункціональних властивостей - з однієї сторони вона може виконувати функцію активної мінеральної добавки, з іншої — ефективного заповнювача. За рахунок хімічної активації зольної складової суміші зростатиме міцність силікатної матриці ніздрюватих бетонів, при цьому також скорочуються витрати портландцементу. Так для порівняння, під час використання меленого кварцового піску авторами [4] отримано конструкційно-теплоізоляційні дрібнорозмірні стінові блоки з міцністю при стиску 3.2 МПа. Стабілізація процесів структуроутворення масиву ніздрюватого бетону досягається також нейтралізацією кислих залишків природною добавкою і зменшенням седиментаційних деформацій і усадок завдяки зниженню рухливості формувального розчину.



**Рисунок 1 - Вплив хімічної активації витяжки із фосфогіпсу на рухливість будівельного розчину**



**Рисунок 2 - Вплив тривалості механоактивації на реологічні властивості розчину і міцність при стиску зразків (кислотна концентрація водного розчину - 10,4%)**

### Висновок

В результаті проведених комплексних досліджень нами підтверджено гіпотезу щодо доцільності механо-хімічної активації золи-виносу водними розчинами кислот, які отримані в результаті відмивання фосфогіпсів. Зола-виносу після попередньої обробки є ефективним заповнювачем у складі газобетону безавтоклавного тверднення, що пояснюється приростом міцності і зниженням рухливості (осідання) сформованого масиву в процесі структуроутворення. Комплексний механізм отримання такого заповнювача вирішує також досить важливі екологічні проблеми – утилізацію кислих стоків і переробку відвальних відходів.

### ЛІТЕРАТУРА

1. [http:// gazobeton.hmarka.net/](http://gazobeton.hmarka.net/).
2. Сердюк В. Р., Борецький О. Й., Амер Номан. Хімічна активація золи-виносу для цементно-зольних композицій // Вісник ВПІ. — 1997. — № 1. — С. 23—29.
3. Сердюк В. Р., Борецький О. Й., Амер Номан. Пріоритетні напрямки утилізації фосфогіпсових відходів // Вісник ВПІ. — 1998. — № 2. — С. 37—41.
3. Боднар П.С. Оптимізація рецептурних факторів для золоцементного в'язучого. Матеріали к 41-му міжнародному семінару по моделюванню и оптимизации композитов «Рациональный эксперимент в материаловедении». Одесса, 2002. - С. 55.
4. Авторське свідоцтво СРСР № 481564 кл. С 04 В 13/22, 1972.