

*In the article describes the need for revision of sectoral building codes that are in force in the field of construction now. Cause the parametric method for determining regulatory requirements are implemented. The main requirements of sectoral building codes are analyzed. Results of this are proposals for their processing into other types of documents that was formed taking into account the implement of a parametric method for determining regulatory requirements.*

**Key words:** *sectoral building codes, parametric method, standard, standard-instruction.*

**УДК 691.3**

**О.Ю. Ковальчук**

канд. техн. наук, с.н.с.

ORCID: 0000-0001-6337-0488

**Г.Ю. Ковальчук**

канд. техн. наук, с.н.с.

ORCID: 0000-0002-2702-1616

**В.В. Іваничко**

студент

ORCID: 0000-0002-4384-6490

Київський національний університет будівництва і архітектури

## **ВИСОКОНАПОВНЕНІ ЛУЖНІ НІЗДРІОВАТІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ПРОМИСЛОВИХ ВІДХОДІВ**

*Розроблено теплоізоляційні матеріали з високим ступенем наповнення відходом. В якості лужної речовини використовували такі лужні цементи, а саме: шлаколуужний цемент, зололужний цемент і лужний портландцемент, з яких виготовляли пінобетони неавтоклавного твердіння, а основним кальцієвміщуючим компонентом був доменний гранульований шлак. Отримані пінобетони на основі запропонованих лужних систем є ефективними і затребуваними в умовах сучасного будівництва*

**Ключові слова:** *лужний цемент, пінобетон, теплоізоляційні матеріали, доменний гранульований шлак*

**Вступ.** В умовах сучасного будівництва з врахуванням постійного підвищення цін на енергоносії на світовому ринку особливо актуальними стають питання пошуку нових ефективних теплоізоляційних матеріалів і покращення функціональних характеристик вже існуючих. Всі теплоізоляційні матеріали, які використовують на сьогоднішній день, характеризуються тими чи іншими недоліками, які в певній мірі заважають подальшому розширенню сфери і об'ємів їх застосування. Серед таких недоліків можна виділити достатньо високу середню густину і відповідно, теплопровідність деяких матеріалів, високу гігроскопічність, відсутність паро проникності теплоізолятора, токсичність при займанні вогнем та інші. Особливо слід відзначити невисоку прогнозовану довговічність багатьох теплоізоляційних матеріалів (в першу чергу, зроблених на основі органічної і волокнистої сировини).

Таким чином очевидна потреба ринку будівельних матеріалів в нових ефективних легких теплоізоляторах на основі неорганічної сировини. В той же час традиційні в'язучі речовини не дозволяють отримати матеріали з достатньо високими експлуатаційними характеристиками, тому є необхідність використання нових, принципово відмінних в'язучих речовин.

**Аналіз останніх досліджень та публікацій.** Спеціалістами науково-дослідницького інституту в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського були запропоновані розроблені науковою школою лужні в'язучі, які на рівні з підвищеними експлуатаційними характеристиками дозволяють утилізувати велику кількість промислових відходів, що не лише покращує екологію, але значно знижує вартість сировини і, відповідно, самої продукції. Довговічність таких в'язучих систем перевірена лабораторними дослідженнями і підтверджена 60-річним досвідом експлуатації будівель і споруд на їх основі на території колишнього Радянського Союзу.

**Метою** представлених дослідів було отримання теплоізоляційних матеріалів з високим ступенем наповнення відходом. В якості товарної продукції було запропоновано розробити склад пінобетонів неавтоклавного тверднення, виробництво яких може бути реалізовано в невеликих цехах, а також виробити на основі пінобетонної матриці, наповнені легкими заповнювачами різної природи, що дозволяє ще знизити вартість продукції і покращити характеристики матеріалів.

**Основна частина дослідження.** В якості в'язучих речовин для проведення дослідів на основі проведених раніше робіт було запропоновано використовувати різні види лужних цементів, а саме: шлаколузний цемент, зололужний цемент і лужний портландцемент. Використання останнього може дозволити отримати унікальні теплоізоляційні матеріали з підвищеною жаростійкістю.

Таблиця 1

Компонентні склади в'язучих речовин

| № | Вид в'язучої речовини | Основні компоненти, % за масою |      |                 |            |
|---|-----------------------|--------------------------------|------|-----------------|------------|
|   |                       | зола-винос                     | шлак | портланд-цемент | метакаолін |
| 1 | Зололузний цемент     | 70                             | 15   | 15              | -          |
| 2 | Шлаколузний цемент    | -                              | 100  | -               | -          |
| 3 | Лужний портландцемент | 30                             | -    | 40              | 30         |

Як основний кальцієвміщуючий компонент шлаколузного цементу було використано доменний гранульований шлак з модулем основності 1,15, розмелений до питомої поверхні 554 м<sup>2</sup>/кг за Блейном. Для отримання зололужного в'язучого та лужного портландцементу використовували золу виносу з питомою поверхнею 354 м<sup>2</sup>/кг за Блейном. Як основний компонент лужного портландцементу використовували портландцемент тип І з питомою поверхнею 450 м<sup>2</sup>/кг за Блейном. Як добавка-модифікатор був використаний метакаолін з питомою поверхнею 900 м<sup>2</sup>/кг по Блейну. Лужний компонент було представлено натрієвим рідким склом із силікатним модулем 2,8.

Оптимізацію складів лужних пінобетонів проводили відповідно до трьохрівневого двофакторного плану експерименту. Як фактори варіації використовувалися параметри, які мають найбільший вплив на середню густину пористих бетонів, а саме – водотверде відношення (ВТ, X1) і кількість піноутворювача (X2). Діапазони варіації було прийнято, виходячи із результатів проведених раніше робіт. У результаті проведених досліджень фіксували показники середньої густини, міцності при стиску та коефіцієнт конструктивної якості.

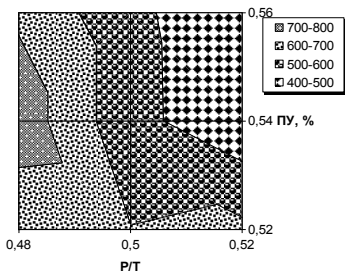
Матриця експерименту щодо оптимізації складу зололужного пінобетону представлена в табл. 2. Результати математичної обробки отриманих даних представлено на рис. 1.

В ході експерименту були отримані зразки пінобетону, густина яких коливалася в межах  $406 \dots 760 \text{ кг/м}^3$ , що відповідає маркам за середньою густиною від D400 до D800 (теплоізоляційні і конструкційно-теплоізоляційні матеріали). Основним фактором, що впливає на середню густину, можна визначити водотверде відношення, кількість піноутворювача - другорядний фактор. Це пояснюється високою чутливістю системи до зміни в'язкості при незначних коливаннях змісту рідкої фази, що характерно для систем на основі рідкого скла.

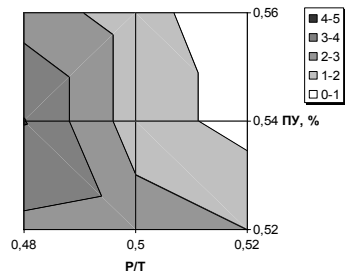
Таблиця 2

**Інтервали варіювання факторів при оптимізації складів зололужних пінобетонів**

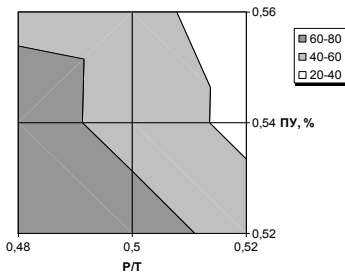
| Фактори, вид                              |           | Рівні варіювання |            |            | Крок варіювання |
|---|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|
| натуральний                               | Кодований | Нижній -1        | Середній 0 | Верхній +1 |                 |
| Водотверде відношення (В/Т)               | $x_1$     | 0,48             | 0,50       | 0,52       | 0,02            |
| Кількість піноутворювача (ПУ), % за масою | $x_2$     | 0,52             | 0,54       | 0,56       | 0,02            |



а



б



в

Рис.1. Ізопараметричні діаграми зміни властивостей пінобетонів на основі зололужних в'язучих речовин: середньої густини,  $\text{кг/м}^3$  (а), міцності при стиску, (б), ККЯ (в)

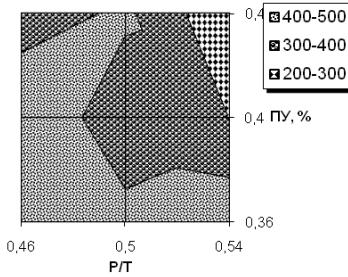
Вплив зміни факторів варіювання на показники міцності при стиску в цілому має тенденції, схожі з впливом факторів на середню густину зололужних пінобетонів. Міцність систем обернено пропорційна В/Т і, в меншій мірі, кількості піноутворювача. Максимальна міцність зололужних пінобетонів перевищувала 4 МПа, а для середньої густини  $600 \text{ кг/м}^3$  становить 2,5 МПа. Максимальне значення ККЯ (більше 70) відповідають найкращим показниками промислових неавтоклавних пінобетонів.

Не менший інтерес представляють собою пористі бетони на основі шлаколувної в'язучої речовини. Склад промислових відходів в таких матеріалах може досягати 100%. Матриця експерименту щодо оптимізації складу шлаколувного пінобетону представлена в табл. 3. Результати математичної обробки отриманих даних представлені на рис. 2.

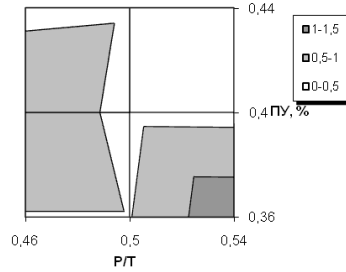
Таблиця 3

**Інтервали варіювання факторів при оптимізації складів шлаколувних пінобетонів**

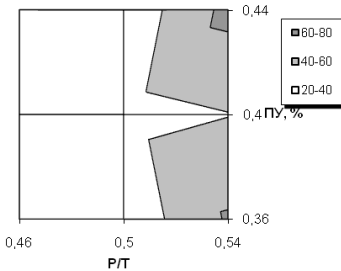
| Фактори, вид                              |           | Рівні варіювання |            |            | Крок варіювання |
|---|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|
| натуральний                               | Кодований | Нижній -1        | Середній 0 | Верхній +1 |                 |
| Водотверде відношення (В/Т)               | $x_1$     | 0,46             | 0,50       | 0,54       | 0,04            |
| Кількість піноутворювача (ПУ), % за масою | $x_2$     | 0,36             | 0,40       | 0,44       | 0,04            |



а



б



в

Рис. 2. Ізопараметричні діаграми вимірювання властивостей пінобетонів на основі шлаколувних в'язучих речовин: середньої густини,  $\text{кг/м}^3$  (а), міцності при стиску, (б), ККЯ (в)

Аналіз отриманих даних показав можливість отримання ефективних теплоізоляційних матеріалів – густина зразків коливається в межах 214...498  $\text{кг/м}^3$ , що відповідає маркам за середньою густиною D200, D300, D400 та D500. Функція впливу параметрів варіювання на середню густина носить більш складний характер, в порівнянні з зололувними аналогами (рис. 2). Нижчі показники середньої густини можуть бути обумовлені меншою густиною лужного компонента, а також структурними особливостями паст на основі золо- і шлаколувних систем: склади на основі золи більш в'язкі в зв'язку з прискореним насиченням дисперсійного

середовища силікат-аніонами, і, відповідно, утворенням більшої кількості коагуляційних зв'язків на ранньому етапі структуроутворення. Також можна відзначити зниження витрати піноутворювача для шлаколузних систем і загальне зниження показника середньої густини.

Як видно на представленій діаграмі, пінобетони густиною 400...500 кг/м<sup>3</sup> можуть бути отримані при знижених значеннях В/Т і витрати піноутворювача, а безпосередньо теплоізоляційні матеріали густиною 300...400 кг/м<sup>3</sup> - при В/Т в межах 0,48...0,53 і витраті піноутворювача 0,38. Отримання ж надлегких матеріалів до 300 кг/м<sup>3</sup> обумовлено В/Т вище 0,52 і витратою піноутворювача більше 0,4%.

Діаграма зміни міцності матеріалу при стиску істотно відрізняється від попередньої системи, також як відрізняється за характером і від діаграми зміни середньої густини. Отримана діаграма показує існування двох областей підвищеної міцності: при підвищеному В/Т і зменшеній витраті піноутворювача, і менш інтенсивну, але більшу за площею, яка відповідає складам зі зменшеними значеннями В/Т. Існування першої області пов'язано зі зниженням негативного впливу піноутворювача на процеси гідратації, а другий - зі зменшенням В/Т, що покращує умови для гідратації шляхом підвищення концентрації дисперсійного середовища. Максимальна міцність шлаколузних пінобетонів складала 1,4 МПа для марки D500, 0,44 МПа - для марки D400, 0,4 МПа для марки D300 і 0,3 МПа - для марки D200.

Коефіцієнт конструктивної якості шлаколузних пінобетонів найбільш схильний до впливу водо цементного відношення, причому механізм взаємодії носить прямопропорційний характер. За абсолютним значенням ККЯ система поступається показникам золо лужних пінобетонів, але це пояснюється значно нижчими показниками середньої густини в даній системі.

Для забезпечення отримання пористих бетонів з підвищеними експлуатаційними та спеціальними характеристиками був запропонований лужний портландцемент. Особливістю даного виду в'язучої речовини є те, що вона була попередньо модифікована з метою отримання систем з підвищеною жаростійкістю. Оптимізацію складів проводили на підставі трирівневого двухфакторного плану проведення експерименту. Як фактори варіювання було обрано водотверде відношення і витрата піноутворювача (табл. 3), діапазон факторів вибраний за результатами попередніх досліджень. Оцінювали середню густину, міцність при стиску і коефіцієнт конструктивної якості. Результати досліджень показано на діаграмі (рис. 3).

Таблиця 4

#### Інтервали варіювання факторів при оптимізації складів пінобетонів на основі лужного портландцементу

| Фактори, вид                              |           | Рівні варіювання |            |            | Крок варіювання |
|---|-----------|------------------|------------|------------|-----------------|
| натуральний                               | Кодований | Нижній -1        | Середній 0 | Верхній +1 |                 |
| Водотверде відношення (В/Т)               | $x_1$     | 0,50             | 0,55       | 0,60       | 0,05            |
| Кількість піноутворювача (ПУ), % за масою | $x_2$     | 0,45             | 0,50       | 0,50       | 0,05            |

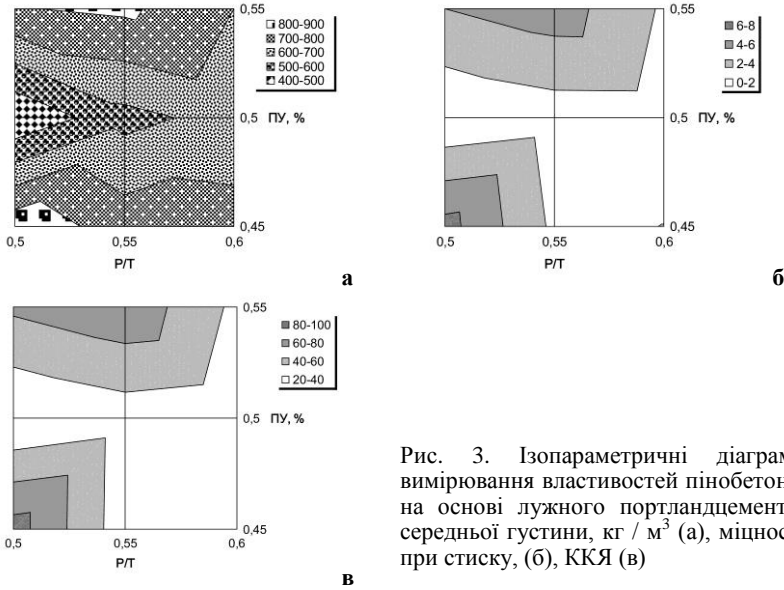


Рис. 3. Ізопараметричні діаграми вимірювання властивостей пінобетонів на основі лужного портландцементу: середньої густини, кг / м<sup>3</sup> (а), міцності при стиску, (б), ККЯ (в)

Середня густина отриманих пінобетонів знаходиться в діапазоні 410...870 кг/м<sup>3</sup>, що відповідає маркам за середньою густиною від D400 до D900 (тобто, охоплений весь діапазон від теплоізоляційних до конструкційних ніздрюватих бетонів). Аналіз отриманих даних показав, що основним фактором, що впливає на густину пінобетонів на основі лужного портландцементу, є вміст піноутворювача, тоді як водотверде відношення впливає в незначній мірі (ізопараметричні лінії практично паралельні В/Т). При цьому найменші показники густини характерні для середньої витрати піноутворювача (0,5%), тобто це і є оптимальною кількістю поверхнево-активної речовини. Зниження витрати піноутворювача, відповідно, призводить до зменшення обсягу залученого повітря під час перемішування, а збільшення концентрації добавки - до різкого зменшення стабільності спіненої структури з її подальшим можливим руйнуванням в процесі перемішування або укладання суміші в форму. Зазначені фактори ускладнюють отримання пінобетонів зі зниженою середньою густиною в системах на основі лужного портландцементу.

Аналіз показників міцності і ККК пінобетонів на основі даної в'язучої речовини показує відносно невисокі експлуатаційні характеристики таких матеріалів. При цьому міцність пінобетонів різко падає з зменшення середньої густини матеріалу. Можна припустити, що зниження концентрації твердої фази в одиниці матеріалу є критичним саме для лужної портландцементної системи, що може бути пов'язано з інтенсифікацією деструктивних карбонізаційних процесів при збільшенні вмісту рідкої фази, як було встановлено попередніми дослідженнями.

Ізопараметричні діаграми коефіцієнта конструктивної якості пінобетонів на основі лужних портландцементів мають схожий характер, що підтверджує визначальний вплив саме міцності матеріалу на показник ККК. Зазначені діаграми характеризуються двома чітко визначеними максимумами - перший при

мінімальній витраті піноутворювача і мініальному  $V / T$ , а другий - при максимальній витраті піноутворювача і середніх показниках водотвердого відношення (в цьому випадку відбувається руйнування первинної пористої структури з відповідним ущільненням вихідної суміші).

Однак перевагами пінобетонів на основі даного виду лужних в'язучих є можливість створення на їх основі унікальних жаростійких теплоізоляційних систем. Проведені подальші дослідження показали оптимальні температури експлуатації пінобетонів на основі лужного портландцементу 600...800 ° С, тобто той діапазон, де використання традиційних шмотних легковагих вогнетривів є економічно і технічно необґрунтованим.

**Висновки та перспективи подальших досліджень.** Таким чином, можна констатувати, що пінобетони на основі всіх запропонованих лужних систем є ефективними і затребуваними в умовах сучасного будівництва. Золоті системи з вмістом паливних зол до 70% можуть бути використані в житловому і промисловому будівництві в якості заміни традиційних блокових теплоізоляторів. Шлаколувні пінобетони можуть бути використані в будівництві для створення унікальних монолітних теплоізоляційних прошарків (колодязна кладка та ін.). Цьому сприяє можливість отримання надлегких само несучих теплоізоляторів з короткими термінами набору пластичної міцності. Пінобетони на основі лужного портландцементу можуть бути використані для теплової ізоляції високотемпературного промислового обладнання, а також для конструкцій, будівель і споруд підвищеної відповідальності. Подальші дослідження спрямовано на підвищення експлуатаційних характеристик шляхом введення в розроблену пінобетонну матрицю пористих заповнювачів мінерального і органічного походження.

#### **Список літератури:**

1. Кривенко П.В., Рябова А.Г. Золощелочные вяжущие // Цемент. - 1990. - № 11. - С. 14-16.
2. Мартыненко В.А. Основне требования к свойствам пенообразователей для производства пенобетона раздельным способом // Строительные материалы и изделия. – 2001. - №3. – С. 32-34.
3. Krivenko P., Kovalchuk G.Yu. Achieving a heat resistance of cellular concrete based on alkali activated fly ash cements. Materials and Structures/Materiaux et Constructions, Volume 48, Issue 3, 2014, Pages 599-606.
4. Современные методы оптимизации композиционных материалов / Под ред. В.А. Вознесенского. - К.: Будівельник, 1983. - 144 с.
5. Горшков В.С., Тимашев В.В., Савельев В.Г. Методы физико-химического анализа вяжущих веществ: Учеб. пособие. - М.: Высш. школа, 1981. - 335 с.
6. Krivenko P. Why alkaline activation - 60 years of the theory and practice of alkali-activated materials. Journal of Ceramic Science and Technology Volume 8, Issue 3, 2017, Pages 323-333
7. Sustainable Development through the Use of High-Volume Fly Ash Cements / O.S. Kavalerova, E.K. Pushkarova, V.I. Gots, G.Yu. Kovalchuk // Proceed. 16th Internat. Conf. "Ibausil". – Weimar (Germany). – 2006. – P. 1-0933 – 1-0940.
8. Dhir, R.K., Newlands, M.D., McCarthy, A. Use of Foamed Concrete in Construction // Proceed. Intern. Conf. "Global Construction: Ultimate Concrete Opportunities". – Scotland, UK. – 2005. – 160 p.

**А.Ю. Ковальчук, Г.Ю. Ковальчук, В.В. Іваничко**

**Высоконаполненные щелочные ячеистые бетоны на основе промышленных отходов**

*Разработаны теплоизоляционные материалы с высокой степенью наполнения отходом. В качестве вяжущего вещества использовали щелочные цементы, а именно: шлакощелочный цемент, золощелочной цемент и щелочной портландцемент, из которых изготавливали пенобетоны неавтоклавного твердения, а основным кальциесодержащим компонентом был доменный гранулированный шлак. Полученные пенобетоны на основе предложенных щелочных систем являются эффективными и востребованными в условиях современного строительства*

**Ключевые слова:** щелочной цемент, пенобетон, теплоизоляционные материалы, доменный гранулированный шлак.

**O. Yu. Kovalchuk, G. Yu. Kovalchuk, V. V. Ivanychko**

**High-completed alkaline portable concrete based on industrial waste**

*Designed insulation materials with a high degree of filling waste. Alkaline cements were used as alkaline substances, namely: slag-alkali cement, alkali alkali cement and alkaline portland cement, from which non-autoclaved hardening foam concrete was made, and the main calcium-containing component was blast furnace granulated slag. The resulting foam concrete based on the proposed alkaline systems are effective and in demand in the conditions of modern construction.*

**Keywords:** alkaline cement, foam concrete, thermal insulation materials, granulated blast furnace slag.

УДК 69. 658.5

**I.A. Арутюнян,**

докт. техн. наук, професор

ORCID: 0000-0002-5049-3742

Інженерний інститут Запорізького національного університету

## **УПРАВЛІННЯ ПОТОКОВИМИ ПРОЦЕСАМИ В ОРГАНІЗАЦІЙНО-ТЕХНОЛОГІЧНО-ЕКОНОМІЧНИХ СИСТЕМАХ ПІДПРИЄМСТВ БУДІВЕЛЬНОЇ ГАЛУЗІ З МЕТОЮ ПІДВИЩЕННЯ ЇХ КОНКУРЕНТОСПРОМОЖНОСТІ В УМОВАХ НЕСТІЙКОГО РИНКУ**

*У статті відображено підходи розв'язання актуальної задачі управління поточковими процесами, які дають можливість своєчасно організувати вхідні потоки для безперерійного виконання будівельних процесів, враховуючи економічні можливості логістичного інструментарію. Щоб впровадити ці підходи, необхідно розглянути та застосувати сучасні моделі логістичних концепцій для управління поточковими процесами в організаційно-технологічно-економічних системах підприємств будівельної галузі в умовах нестійкого ринку.*

**Ключові слова:** організація; управління поточковими процесами; організаційно-технологічно-економічні системи; матеріальний потік; інформаційний потік; фінансовий потік

**Вступ.** Соціально-економічні перетворення країни, що відбулися в період кризи та за роки реформ, стали негативним явищем для різкого зростання невизначеності зовнішнього середовища будівництва. Сьогодні для багатьох будівельних