

# РЕСУРСОЗБЕРІГАЮЧІ В'ЯЖУЧІ МАТЕРІАЛИ І БЕТОНИ ТА ЕФЕКТИВНІ ТЕХНОЛОГІЇ ЇХ ВИГОТОВЛЕННЯ

УДК 691-405.8

**ДО ПИТАННЯ ПРОГНОЗУВАННЯ ТВЕРДІННЯ КОМПОЗИЦІЙ  
ЛЕГКОГО КАРБОНАТНО ШЛАКОВОГО БЕТОНУ**

**TO THE QUESTION OF PREDICTING THE HARDENING OF  
COMPOSITIONS OF LIGHT CARBONATE SLAG CONCRETE**

**Вологжаніна Я.В.** ст. групи БАД-113м ORCID: 0009-0001-8057-8659, **Назаренко О.М.** к.т.н., доц. ORCID: 0000-0003-3738-1129, **Березовська А.О.**, асп. ORCID: 0009-0004-5503-5283, **Залєвський В.І.**, асп. ORCID: 0000-0002-4670-0577, **Ліфаненков О.О.**, ст. гр БАД 113м, ORCID: 0009-0007-1449-9008, **Клітній О.Г.**, асп, ORCID: 0000-0002-6600-4733. (Національний університет «Запорізька політехніка», м. Запоріжжя)

**Vologzhanina Ya.V** st. group BAD-113m ORCID: 0009-0001-8057-8659, **Nazarenko O.M.** Ph.D., Assoc. ORCID: 0000-0003-3738-1129, **Berezovska A.O.**, postgraduate student ORCID: 0009-0004-5503-5283, **Zalievskiy V.I.** postgraduate student (ORCID: 0000-0002-4670-0577, **Lifanenkov O.O.**, st.group, BAD-113m, ORCID: 0009-0007-1449-9008, **Klytniy O.G.**, postgraduate student ORCID: 0000-0002-6600-4733 (Zaporizhia Polytechnic National University, Zaporizhia)

**Напередодні відкриті гідравлічно в'язучі властивості у з'єднаннях лужних металів, літію, натрію, калію, рубідії, цезію, на основі яких розроблені лужні та лужно-земельні в'язучі. Приватним випадком таких в'язучих з'явилися продукти шлакоземельних цементів. Використання бетонів на шлаколужних цементах дозволяє підвищити марку цементів, а також розширити діапазон заповнювачів, знизити витрату палива, енергії, транспортних коштів. Розробляються нові технології виробництва силікатних конструкцій, на базі нових гідравлічно в'язучих та бетонних сумішей контактного твердіння. В її основу покладено виробництво продуктів, що дозволяють надавати їм міцність і водостійкість у момент пресування. Це явище отримало назву ефекту упорядкування структури силікатних систем. Спосіб дозволив не тільки принципово змінити технологію синтезу бетонного каменю, виключити опалубку з виробництва конструкції, але й суттєво скоротити час настання водостійкості, максимально механізувати та автоматизувати виробництво. Технологія отримання бетонів контактного твердіння відкриває необмежені можливості для вдосконалення виробництва**

будівельних конструкцій, а також для розширення сировинних баз будівництва за рахунок використання місцевих дисперсних ґрунтів, силікатних та лужних відходів промисловості. Композиційне в'язуче на основі мелених шлаків та карбонатних порід, здатне утворювати міцні структури їх активацією, дозволяє здешевити виробництво будівельних матеріалів, стінових блоків, цегли, облицювальних плиток. Рішення технологічної схеми деяких енергоємних та екологічно забруднених процесів, розширення місцевої дешевої сировинної бази призводить до економії сировини, паливних ресурсів, електроенергії та збереження чистоти навколишнього середовища. Суттєвий масштаб можуть надати нові розробки будівельних виробів, плитки, цегли, блоків для промислового та частного будівництва

**On the eve, hydraulic binding properties were discovered in compounds of alkali metals, lithium, sodium, potassium, rubidium, cesium, on the basis of which alkaline and alkaline earth binders were developed. Slag cement products are a special case of such binders. The use of concretes on slag-alkaline cements allows you to increase the brand of cements, as well as to expand the range of aggregates, to reduce the consumption of fuel, energy, and transportation means. New technologies for the production of silicate structures are being developed, based on new hydraulically binding and contact hardening concrete mixtures. It is based on the production of products that allow to give them strength and water resistance at the time of pressing. This phenomenon was called the effect of ordering the structure of silicate systems. The method made it possible not only to fundamentally change the technology of concrete stone synthesis, to exclude formwork from the production of the structure, but also to significantly reduce the time of onset of water resistance, to maximally mechanize and automate production. The technology of obtaining contact hardening concrete opens up unlimited possibilities for improving the production of building structures, as well as for expanding the raw material bases of construction due to the use of local dispersed soils, silicate and alkaline industrial waste. Composite binder based on ground slag and carbonate rocks, capable of forming strong structures by their activation, allows to reduce the cost of production of building materials, wall blocks, bricks, facing tiles. The solution of the technological scheme of some energy-intensive and ecologically polluted processes, the expansion of the local cheap raw material base leads to the saving of raw materials, fuel resources, electricity and the preservation of environmental cleanliness. A significant scale can be provided by new developments of construction products, tiles, bricks, blocks for industrial and private construction.**

**Ключові слова:** формування матеріалу, випробування, термомодернізація будівлі, мікрокремнезем, вступлення, методологія, твердіння, розрахунок, інвестиції, індукційний період.

material formation, testing, thermal modernization of the building, microsilica, swelling, methodology, hardening, calculation, investment, induction period.

**Вступ.** У природних умовах металургійні шлаки не виявляють гідравлічної активності. Внаслідок цього гранульовані тонкомолоті основні металургійні шлаки здебільшого без активізаторів твердіння відрізняються уповільненою кінетикою наростання міцності. Значимий індукційний період, що триває в цементному тісті нормальної густоти, наприклад, у Луганського шлаку до 7 діб з наступним швидким набором міцності та експоненційним уповільненням, відповідає, як показують наші дослідження, S-подібної кінетичної кривій структуроутворення вапна. Для малоактивних шлаків (Нововасилівський феррованадієвий шлак) індукційний період структуроутворення триває протягом двох місяців.

Картина S-подібна кінетичне зростання міцності характерна для більшості мінеральних в'язучих речовин, продуктами гідратації яких є гелеподібні речовини. В одних в'язучих (гіпс, ГЦПВ) індукційний період вимірюється хвилинами, в інших (цементи, шлаколузні в'язучі) - годинами, у третіх - шлаки, золи) - добою. Класичні S-подібні криві описують залежність зростання маси кристалів від часу кристалізації при зародку утворення, що протікає в гелях.

#### **Аналіз останніх досліджень.**

Забезпечення новітніми матеріалами будівельних площадок на регіональному рівні є стратегічним напрямом розвитку будівельної галузі в Україні та економіки в цілому.

Форма S-подібних кінетичних кривих ускладнює точну кількісну оцінку тривалості індукційного періоду. Розумно за міру індукційного періоду приймати відрізок на осі абсцис (час), що відсікається при екстраполяції прямої тангенсу кута нахилу, побудованого для визначення максимальної швидкості зростання міцності. Однак рівняння, яке за допомогою відповідних коефіцієнтів могло б описати характер підвищення міцності, поки не виведено, і тому фізичний сенс відрізка часу, що називається індукційним періодом, залишається незрозумілим. Точно також і справа з величинами енергії активації формування міцності, які розраховуються за тривалістю індукційного періоду.

На підставі експериментів можна вважати, що тривалість індукційного періоду для конкретного виду шлаку залежить від В/Ш - відносини, температури твердіння, тонкощі помелу. Вода у малих кількостях грає роль ефективного мінералізатора, збільшуючи пересичення міжчасткового розчину та підвищуючи концентрацію попередніх частинок у розчині. При підвищенні водозмісту з'являється значний індукційний період.

Дослідження, які проводили вчені А.П.Приходько, Н.В.Шпирько, А.А.Салей, Ю.Л.Савін, Л.І.Дворкін, О.В.Безуськ, О.М.Бордюженко, Н.С.Сторчай показали, що можливості виробництва розвиваються, та поширюються по регіонам, залежно від виробничих можливостей.

Вихідними матеріалами для виготовлення карбонатношлакової цегли та декоративної облицювальної плитки є: гранульований і мелений металфізичний шлак, відсів карбонатної породи (вапняку), лужні активізатори, поверхнево-активні речовини, тонкодисперсні наповнювачі (глина, зола, шлак), дрібнозернисті заповнювачі (кварцовий та керамзитовий пісок, відходи каменедроблення) та декоративний зернистий наповнювач.

Тривалість індукційного періоду зазвичай залежить від швидкості утворення зародків, що виділяються з поверхні в міжчастковий простір. Мінералізацію дії води виразно проявляється по кінетиці набору міцності водошлакових паст при різних В/Ш – відносинах (рис. 1). З графіків випливає, що попри близькі модулі основності Нововасилівського та електротермофосфорного Токмацького шлаку вони суттєво відрізняються за темпами набору міцності. При нормальній густоті шлакового тесту Нововасилівський шлак протягом 3-4-4 діб не має помітної міцності, у той час як при формуванні в жорсткій пасті зразки набирають помітну міцність вже на 2 добу. Індукційний період ЕТФ шлаку з низьким модулем активності ( $M_a = 0,08$ ) на тесті нормальної густоти ростягується до 14 діб.

Обидва шлаки добре активізуються лугами, проте з більш високого вмісту  $Al_2O_3$  у Луганському шлаку ефективність лужної активізації його значно вища, ніж ЕТФ. У зв'язку з тим, що розчинність шлакових частинок у воді значно нижче, ніж цементних, сильнішим мінералізатором є іон  $OH^-$ . Гідроксильні групи служать достойним комплексоутворювачем, так як вони здатні переводити в розчинний стан амфотерні оксиди і кремнезем. Комплекси, що утворюються, порівняно легко розпадаються і не гальмують глибші перетворення вихідних сполук. Чим більше кислим стає розчин, тим менше здатних до обміну катіонів входить в склад складного силікату при гідратації в'язучого. У лужному середовищі кількість таких катіонів зростає. Так наприклад, комплексні іони гідратного катіону алюмінію можуть співіснувати з більш простими катіонами типу  $Al^{3+}$ ,  $Al(OH)_2$ ,  $Al(OH)_2^{3+}$ . У шлаковій суспензії з добавками луги стійкі аніони  $Al(OH)^-$  і продукти його гідратації  $AlO_2$  і складні аніони  $Al(H_2O)_2(OH)_5^{2-}$ ,  $Al(H_2O)_2(OH)_4^-$  та ін.

Сильне скорочення індукційного періоду в шлаках з 10...20 діб до 10...15 годин з підвищенням рН (введення  $NaOH$ ,  $KCN$ ,  $Na_2CO_3$ ,  $K_2CO_3$ ) також пояснюється посиленням розчинення склоподібної фази: чим інтенсивніше протікає розчинення, тим швидше зростаються зародки, оскільки тим збільшується частота зіткнень частинок - попередників у рідкій фазі. Відповідно підвищення концентрації попередників у рідкій фазі прискорює утворення зародків на вже сформованій поверхні затравки. Важливий вплив має і молекулярно структурні зміни води поблизу іонізованих частинок

електроліту у першому наближенні можна вважати, що додавання солі у водну систему призводить до такої же зміни спектрів води в області обертонів, як і при дії температури. Так, вже при концентрації NaOH 0,2 м/л (0,8 г/100 мл) настають спектральні зміни води.

Збільшення температури синтезу цементуючих ваг супроводжується різким скороченням індукційного періоду. Оцінка кажучої енергії активації зміцнення відповідно до рівняння Арреніуса:

$$K = A \times e^{-Ea/RT} \quad (1)$$

де  $K$  - константа швидкості зміцнення;

$A$  - константа Арреніуса;

$Ea$  – енергія активації;

$T$  - температура;

$K$  - газова стала;

показала, що  $Ea$  в інтервалі температур 293-308°K має максимальні значення та змінюється для Луганського, Чернівецького та ЕТФ шлаку в межах від 31 до 153 кДж/моль, зменшуючись з часом. Можна припустити, що при введенні наповнювача ці значення мало зміняться, якщо розчин веде не так на комплексне в'язуче, але в частку шлаку у ньому.

Слід зазначити, що підвищення температури призведе до швидкого формуванню високої міцності лише за винятку об'ємної деструкції при пароутворенні, а саме, прогріванні в герметичних формах або при гарячому пресуванні. За цих умов швидкість зародкоутворення досягає максимальних значень на ранніх стадіях процесу. Вплив трьох факторів - підвищеної температури ( $t = 100$  °C), низького В/Ш - відношення (0,14) і високої лужності ( $pH = 14,2$ ) - дозволило в умовах силового пресування отримати через одну годину зразки з міцністю 210 МПа. Високі значення енергії активації виключають припущення про дифузний контроль і вказують на те, що експериментально певна швидкість насправді відображає швидкість гетерогенного хімічного процесу. Цей процес пов'язаний або зі швидким виникненням з'єднань-попередників, або з осадженням у контактних менісках готових фрагментів каркаса, що утворюються в результаті конденсації-полімеризації попередників з найтонших частинок шлаку.

Підвищена дисперсність шлаків зменшує тривалість індукційного періоду внаслідок двох причин - підвищення розчинності дрібних шлакових частинок та прискорення накопичення в міжчастковому просторі відокремлених від поверхні гелеподібних субмікрочастинок. Уся кількість активних центрів і більш розчинних мінеральних реліктів, які виходять на поверхню частинок, створює оптимальну просторову відповідність і визначає механізм накопичення цементних структурних одиниць. У зв'язку з тим, що швидкість осадження пропорційна загальній зовнішньої поверхні, при малому наповненні шлаку високодисперсними «інертними» частинками в межах 5-10% індукційний період зменшується, незважаючи на меншу міцність

наповненого в'язучого порівняно з чистим компонентом. Зменшення шляхів міграції продуктів розтинання шлаку до місць контакту «інертних» частинок, де кривизна має негативну величину, що скорочує терміни осадження гідратної фази на внесених центрах кристалізації. Тому структура каменю з високодисперсним наповнювачем має оптимальну топологію каркасу.

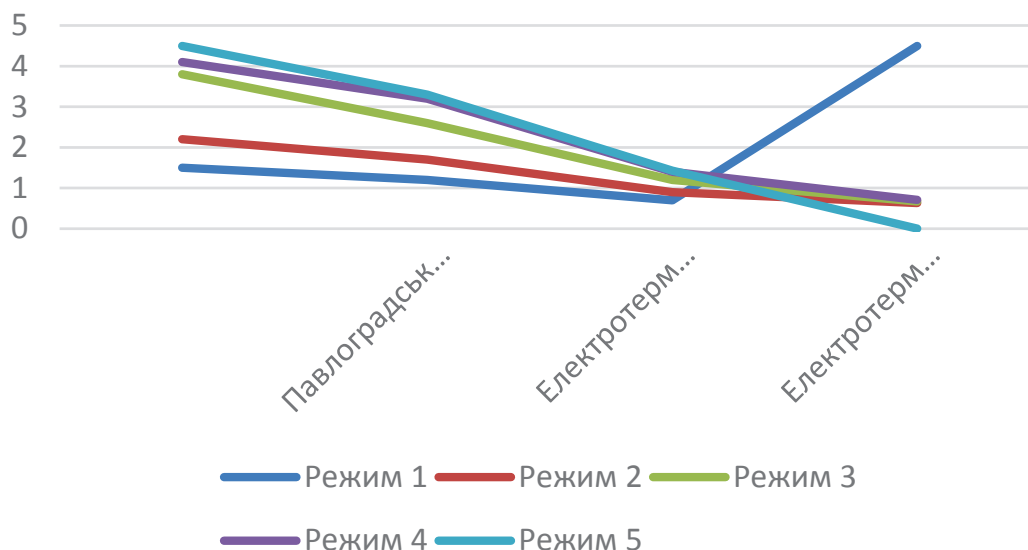


Рис. 1. Кінетика набору міцності шлаків залежно від В/Ш - відношення:  
 1,1' - Павлоградський шлак, відповідно при В/Ш = 0,22 та 0,30;  
 2, 2' - електротермофосфорний шлак, відповідно при В/Ш = 0,22 та 0,30.

Проведено порівняльний експеримент на чисто шлаковому в'язучому та карбонатношлаковому в'язучому при різному водозмісті, показує вплив зазначених вище факторів на кінетику структуроутворення і форму S-подібних кривих. Відповідно розглядалися три способи формування зразків: віброущільнення - при водовідносному відношенні - 0,26; ливарний спосіб - при водовідносному відношенні - 0,40; пресування - при водовідносному відношенні - 0,12...0,14. Зразки розміром 20x20x20 мм зберігалися при температурі 24 ... 25°C термошафи, у вологих умовах. З метою активізації процесів твердіння шлакові композиції зачиняли лужним розчином. Введення у водний розчин лужних сполук призводить до утворення відповідних силікатів. Утворення стійких силікатів і алюмосилікатів при граничних концентраціях гідроксидів лужних металів супроводжується руйнуванням плівок гідратованого кремнезему та проникненням води вглиб скла, подальшим його гідролізом та гідратацією. У лужному середовищі реакції відбуваються у більш ранні терміни, ніж при гідратації з водою, що підтверджено експериментальним дослідженням. Результати наведено у таблиці 1. Як випливає з результатів, хімічно неактивізовані шлакові пасти при В/Ш = 0,26 і 0,40 тверднуть повільніше, ніж їх аналоги, активізовані малими добавками лугів. Однак у місячному віці міцність каменю з неактивізованих паст стає вищою, ніж з добавками NaOH. Аналогічна

картина спостерігається для віброущільнених та литих зразках із карбонатношлакових продуктів. Для віброущільнених паст без активізаторів індукційний період розтягується до 7...10 діб, але кінечна міцність, незважаючи на таке уповільнення кінетики, істотно перевищує дає міцність активізованих паст. У пресованих композиціях точна міцність активізованих систем значно перевищує таку для неактивізованих.

Таблиця 1

Кінетика набору міцності активізованих та неактивізованих шлаків і карбонатношлакового в'язучого при різном водозатворенні (Температура твердіння  $T = 24$  год;  $t = 25$  град С).

№ п/п	Склад композицій співвідношення компонентів масових % від маси композиційного в'язучого					Міцність при стисканні Кстиск, МПа, через			$\gamma$ , г/см <sup>2</sup> в природному стані
	шлак	Вапняк	луга	вода	Вид формування	1 діб	7 діб	28 діб	
1	77,6/100	-	2,3/3,0	20,1/26,0	віброущільність	8,0	20,7	32,45	2,23
2	79,4/100,0	-	-	20,6/26,0	віброущільність	2,9	14,7	36,7	2,25
3	69,9/100,0	-	2,1/3,0	28,0/40,0	ливарний	2,8	9,6	17,4	2,21
4	71,4/100,0	-	-	28,6/40,0	ливарний	-	6,9	19,2	2,23
5	85,5/100,0	-	2,5/3,0	12,0/14,0	пресовання, 15 МПа	9,4	19,3	33,7	2,22
6	87,7/100,0	-	-	12,3/14,0	пресовання 15МПа	0,95	2,54	22,6	2,54
7	31,0/40,0	46,6/60,0	2,3/3,0	20,1/26,0	віброущільність	6,7	11,8	17,6	2,43
8	31,8/40,0	47,6/60,0	-	20,6/26,0	віброущільність	-	-	19,3	2,23
9	27,9/40,0	42,0/60,0	2,1/3,0	28,0/40,0	ливарний спосіб	3,4	6,7	9,2	2,07
10	28,6/40,0	42,8/60,0	-	28,6/40,0	ливарний спосіб	-	4,8	12,7	2,21
11	34,2/40,0	51,3/60,0	2,5/3,0	12/12,7	пресування 15МПа	9,8	14,9	27,6	2,34
12	35,1/40,0	52,6/60,0	-	12,3/14,0	пресування 15 МПа	1,7	8,9	14,2	2,24

Так, у шлакових пастах, що твердіють при температурі 17°C (табл. 3.2, склад 2) індукційний період збільшується до 7 діб порівняно з 1 цілодобово (табл.3.2, склад 1). Нормативна міцність при цьому (19,5 МПа) становиться істотно нижче тієї, яка сформувалася за цей період у активізованих паст (27,8 МПа). Таким чином, для хімічно неактивізованих водошлакових систем навіть невелике зниження температури на 7-8°C призводить до сильного уповільнення наростання міцності і до суттєвого зниження нормативної міцності. Це необхідно враховувати в виробничій практиці, особливо в

зимовий період, коли температура в приміщеннях може знижуватися. Інший важливий висновок, що випливає з результатів досліджень: хімічно активізовані наповнені системи перехід із силового пресування на вібропресування більш обводнених композицій, що призводить до істотному зниженню швидкості твердіння і міцності, ніж у хімічно активізованих системах. Тому для відновлення міцності при такому переході рівень підвищення води з одного боку має бути невеликим, з іншого - це мінімальне підвищення має забезпечити необхідний структурно-реологічний стан для віброуцільнення суміші. Це неможливо досягти без суперпластифікаторів

Довговічність будівельних матеріалів та конструкцій визначається міцністю, тріщиностійкістю і жорсткістю, а для конструкцій і виробів, що працюють у зовнішніх умовах - повітростійкістю та морозостійкістю, які забезпечують тривалий опір багаторазовим зовнішнім знакозмінним деформаціям та напругам. Шляхами покращення довговічності карбонатно шлакових композицій є: правильний вибір марки матеріалу за його призначенням та створення щільної та однорідної структури. Встановлено, що використання їдкою натру та содопоташної суміші дає можливість отримати бетони високою міцності та з високими пружними властивостями. Застосування кальцинованої соди підвищує деформативність і зменшує модуль пружності.

**Висновки 1.** Шлаки та карбонатношлакові в'язучі без введення лужного активатора та підвищення вмісту води відрізняються уповільненою S-образною кінетикою наростання міцності. Тривалість індукційного періоду тим вище, чим вище В/Ш пропорція. На кінетичний набір значний вплив має температурно-вологісний режим твердіння в'язучого, вид та вміст лужних активаторів.

2. При оцінці впливу суперпластифікатора С-3 встановлено, що вапняк є високоселективною речовиною в парі з С-3. Введення С-3 в систему «шлак-вапняк-луг», суттєво знижує водозміст, підвищує міцність матеріалу за рахунок більш компактного пакування частинок при пресуванні, зменшує тиск та роботу пресування та дозволяє перейти до несилкових видів формування - вібропресування при тиску 0,008 МПа, із збереженням міцності.

3. Рентгенофазовий аналіз дозволив з'ясувати характер сполук у карбонатношлаковій системі в лужному середовищі через 28 діб твердіння.

4. Експериментальні результати довели можливість заміни дорогого активатора гідроксиду натрію на більш дешеві: поташ, кальциновану соду. Встановлено реакційний механізм зміцнення карбонатно-шлакових композицій за допомогою лужних карбонатів за рахунок їх каустифікації гідролізічним вапном з утворенням луку і кальциту, і кристалізації останнього на частинках вихідного карбонату кальцію.

1. Алексеенко А.Е., Мурашко Л.Д., Николаенко В.Г. Влияние режима тепловлажностной обработки на свойства шлакощелочного мелкозернистого бетона.

// Строительные материалы и конструкции. – Строительные материалы. - 1989.- №9.- с.27-28. Киев : Будівельник, 1987. -№2-с.33.

Alekseenko A.E., Murashko L.D., Nykolaenko V.H. Vlyianyе rezhymа teplovlazhnostnoi obrabotky na svoistva shlakoshchelochnoho melkozernystoho betona. // Stroytelnye materyaly y konstruksyy. – Stroytelnye materyaly. - 1989.- №9.- s.27-28. Kyev : Budivelnyyk, 1987. -№2-s.ZZ.

2. Арбузова Т.Б., Сухов В.Ю. Безавтоклавные стеновые материалы на основе местного сырья.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов 1-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1994.- с. 23-25.

Arbuzova T.B., Sukhov V.Iu. Bezavtoklavnye stenovyye materyaly na osnove mestnoho syrya.// Voprosy planirovki y zastroiky horodov: Tezysy dokladov 1-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1994.- s. 23-25.

3. Бабков В.В., Полак А.Ф., Комохов П.Г. Аспекты долговечности цементного камня // Цемент. - 1988. - №3. - с.14-16.

Babkov V.V., Polak A.F., Komokhov P.H. Aspekty dolhovechnosti tsementnoho kamnia // Tsement. - 1988. - №3. - s.14-16.

4. Баженов Ю.М. Бетоны XX I века / Ресурсо- и энергосберегающие технологии строительных материалов, изделий и конструкций: Материалы международной конференции - Белгород, 1995. - с.3-5.

Bazhenov Yu.M. Betonы XX I veka / Resurso- y enerhosberehaiushchye tekhnolohyy stroytelnykh materyalov, yzdelyi y konstruksyyi: Materyaly mezhdunarodnoi konferentsyy - Belhorod, 1995. - s.3-5.

5. Баррер Р. Гидротермальная химия цеолитов: перевод с англ. - М.: Мир, 1985. - 424с.

Barrer R. Hydrotermalnaia khymyia tseolytov: perevod s anhl. - M.: Myr, 1985. -424s.

6. Безрук В.М. Теоретические основы укрепления грунтов цементами. - М.: Автотрансиздат. - 1956.- 124с.

Bezruk V.M. Teoretycheskye osnovы ukrepleniya hruntov tsementamy. - M.: Avtotransyzdat. - 1956.- 124s.

7. Береговой А.М., Калашников В.И., Викторова О.Л. Ограждающие конструкции из бетонов для энергоэффективных зданий.// Вопросы планировки и застройки городов: Тезисы докладов II-междун. научно-практической конференции - Пенза, 1995.-с. 105-107.

Berehovoі A.M., Kalashnykov V.Y., Vyktorova O.L. Ohrazhdaiushchye konstruksyy yz betonov dlia energoeffektivnykh zdaniy.// Voprosy planirovki y zastroiky horodov: Tezysy dokladov P-mezhdun. nauchno-praktycheskoi konferentsyy - Penza, 1995.-s. 105-107.

8. Березовська А.О.// Моделивання морозостійкості композиції легкого карбонатно шлакового бетону // С.М.Боровіков, О.М. Назаренко, В.І.Залевський, О.О.Ліфаненков, В.Я.Гарбар. НУВГП, Рівне, 2023, 44 вип. С.3-11.

Berezovska A.O.// Modeliuvannia morozostiikosti kompozytsii lehkooho karbonatno shlakovoho betonu // S.M.Borovikov, O.M. Nazarenko, V.I.Zalievskyi, O.O.Lifanenkov, V.Ia.Narbar. NUVHP, Rivne, 2023, 44 vyp. S.3-11.

9. Назаренко О.М.// Актуалізація розробки технологічного процесу використання техногенних відходів в будівельному виробництві // С.І.Ломовацький, А.О.Березовська, О.С.Іщенко, М.В.Кулік, Н.С.Сторчай. НУВГП, Рівне, 2022, 44 вип. С.68-76.

Nazarenko O.M.// Aktualizatsiia rozrobky tekhnolohichnoho protsesu vykorystannia tekhnohennykh vidkhodiv v budivelnomu vyrobnytstvi // S.I.Lomovatskyi, A.O.Berezovska, O.S.Ishchenko, M.V.Kulik, N.S.Storchai. NUVHP, Rivne, 2022, 44 vyp. S.68-76.