

Кривенко П.В., Руденко І.І., Петропавловський О.М., Константиновський О.П.

Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В.Д. Глуховського

Київського національного університету будівництва і архітектури

*(Повітрофлотський просп., 31, Київ, 03680; e-mail: pavlo.kryvenko@gmail.com,
igor.i.rudenko@gmail.com, oleg.petropavlovskii@gmail.com, alexandrkp@gmail.com;*

orcid.org/0000-0001-7697-2437, orcid.org/0000-0001-5716-8259,

orcid.org/0000-0002-3381-1411, orcid.org/0000-0002-7936-5699)

ВИСОКОРУХОМІ ШЛАКОЛУЖНІ БЕТОНИ З ПІДВИЩЕНОЮ РАННЬОЮ МІЦНІСТЮ

Метою роботи є розробка ефективних складів комплексних добавок і рецептурних рішень високорухливих бетонних сумішей на основі лужних цементів при забезпеченій збереженості їх консистенції протягом 2 годин, придатних для перекачування бетононасосами та здатних до утворення штучного каменя з підвищеною ранньою (2 доби) міцністю. При виконанні досліджень використовували відомі найбільш ефективні поверхнево-активні речовини (ПАР) та неорганічні сполуки сумісні з шлаколужними цементами для отримання пластифікованих розчинних сумішей. Використовували стандартні методи досліджень, які охоплювали випробовування рухливості цементно-піщаних розчинів та бетонних сумішей, збереження їх консистенції (життєздатність), а також міцності, пористості та морозостійкості бетонів. Показано вплив окремих ПАР на пластифікацію бетонних сумішей, здатності до збереження рухливості в часі та визначено ефективність їх використання в комплексі складу: висококальцієвий компонент, аніоноактивна ПАР, неорганічна сполука з групи нітратів. Використання запропонованого складу комплексної добавки (КД) при оптимальному співвідношенні компонентів та їх загальному вмісті по відношенню до шлакової складової лужного цементу дозволяє отримати бетонні суміші, лужний компонент яких представлений кальцинованою содою, з консистенцією, що відповідає маркам Р4-Р5 та бетони з показниками міцності на стиск на 2 добу - 15-19 МПа, на 7 добу - 28-33 МПа, на 28 добу - 38-42 МПа, водопоглинанням 3,0-3,7 %, морозостійкістю 200-250 циклів. Технічна новизна та економічна привабливість таких бетонів полягає у використанні відомих недорогих складових комплексу, який представлений органічними сполуками у вигляді глюконату і лігносульфонату натрію разом з неорганічними речовинами у вигляді портландцементного клінкеру та нітрату натрію.

Ключові слова: лужний цемент, важкий бетон, комплексна добавка, рухливість, життєздатність, кінетика міцності, морозостійкість.

Вступ. Результати досліджень в напрямку вивчення технічних і експлуатаційних характеристик важких бетонів на основі широкої номенклатури лужних цементів дозволили оновити ряд технічних і технологічних вимог до таких матеріалів, що знайшло відображення в ряді нормативних документів, які дають розуміння особливостей лужних цементів, бетонів та технології їх отримання, можливостей щодо розширення областей їх ефективного використання в будівельній індустрії [1].

В цьому напрямку було розроблено такі нормативні документи, як ДСТУ Б

В.2.7-181: 2009 «Будівельні матеріали. Цементи лужні. Технічні умови», ДСТУ Б В.2.7-25:2012 «Бетони важкі лужні. Технічні умови», ДСТУ-Н Б В.2.7-304:2015 «Настанова з виготовлення та застосування лужних цементів, бетонів та конструкцій на їх основі» з узагальненими рекомендаціями з проектування складів важких бетонів і конструкцій на їх основі, технології їх виготовлення, основних положень з управління їх властивостями в залежності від призначення.

Широке використання технологій монолітного будівництва останнім часом привертало увагу дослідників до показників реологічних властивостей бетонних сумішей з регламентованими вимогами до них [2, 3]. Серед таких вимог – поліпшена рухливість, здатність до транспортування насосами на значні відстані, в тому числі по висоті, збереження консистенції на рівні, забезпеченої на початку приготування бетонної суміші. При цьому ефективність будівництва визначається економічними показниками, які забезпечуються зменшенням собівартості при високих експлуатаційних характеристиках бетону в конструкціях. Звідси виникає зацікавленість та актуальність в розширенні використання лужних цементів для рухливих і високорухливих бетонів, а також в застосуванні ефективних методів управління їх структурними і фізико-механічними характеристиками.

Реологічні показники бетонних сумішей регулюють хімічними добавками, в першу чергу, обраних з групи пластифікаторів і суперпластифікаторів, ефект дії яких визначається сумісністю їх природи з цементуючою складовою [4, 5].

Слід зазначити, що особливості складів лужних цементів та бетонів не дозволяють використовувати відомі методи і добавки, які прийнятні для традиційних цементів і бетонів, особливо при виготовленні і використанні бетонних сумішей з високою рухливістю і збереженням консистенції (життєздатністю), що визначило необхідність розробки і впровадження нових підходів до технології і проектування композиційних складів пластифікованих лужних цементів та бетонів підвищеної рухливості [6-9].

Відомо, що максимальний ефект пластифікації у шлаколужних розчинах та бетонах проявляється при використанні лігносульфонатів лужних металів, глюконату натрію і їх комплексів [5], добавок полікарбоксилатного типу [10], а також багатоатомних спиртів [11].

Показано [12-17], що управління реологічними характеристиками лужних цементних систем, швидкістю процесів їх структуроутворення також можливо шляхом зміни вмісту кальційвміщуючого компонента, основності алюмосилікатної складової, показника рН добавок, аніонної складової лужного компонента та ін.

Метою роботи є розробка ефективних складів комплексних добавок і рецептурних рішень високорухливих бетонних сумішей з використанням лужних цементів при забезпеченій збереженості їх консистенції протягом 2 годин та придатних для перекачування бетононасосами.

Для досягнення поставленої мети в роботі поставлені наступні задачі:

- відповідно до ДСТУ-Н Б В.2.7-304:2015 визначити ефективні добавки для пластифікації і збереження консистенції бетонних сумішей на основі лужних цементів;
- вирішити технічні та технологічні питання щодо отримання бетонних сумішей для перекачування бетононасосами;
- забезпечити збереження рухливості бетонних сумішей на рівні марок Р4-Р5 протягом 2 годин;
- забезпечити міцність бетону на стиск не менше 10 МПа через 2 доби;
- визначити порову структуру та морозостійкість бетону.

Сировинні матеріали та методи досліджень. При виконанні роботи використовували шлаколужні цементні композиції, які відповідають типу ЛЦЕМ І згідно з ДСТУ Б В.2.7-181:2009 з використанням лужного компонента в сухому стані.

В якості основного компоненту лужного цементу використовували мелений доменний гранульований шлак виробництва ПАТ «Дніпровський металургійний комбінат», який відповідає вимогам ДСТУ Б В.2.7-302:2014 і характеризується модулем основності $M_o = 1,11$, питомою поверхнею $S_{\text{пит.}} = 4500 \text{ см}^2/\text{г}$ по Блейну, вмістом стеклофазы 84,0 %.

Хімічний склад шлаку, % за масою: SiO_2 – 37,90; Al_2O_3 – 6,85; Fe_2O_3 – 0,31; MnO – 0,11; MgO – 5,21; CaO – 44,60; R_2O – 1,13.

Як заповнювачі бетонів використовували річковий пісок (р. Дніпро) $M_k = 1,2$ ($W = 0,08\%$), гранітний щебінь фракцій 5 ... 10 мм ($W = 0,08\%$) і 10 ... 20 мм ($W = 0,11\%$).

Як лужний компонент цементу використовували соду кальциновану технічну безводну (Na_2CO_3) згідно з ГОСТ 5100-85.

Як аніоноактивні ПАР для регулювання реологічних характеристик бетонних сумішей і їх життєздатності використовували лігносульфонат натрію "Borresperse Na" (Норвегія) по CAS № 8061-51-6 ($\text{pH} \geq 8,5$), глюконат натрію по CAS № 527-07-1.

В якості неорганічних сполук з групи нітратів використовували нітрат натрію (NaNO_3) по CAS № 7631-99-4.

В ролі висококальцієвого компонента використовували мелений портландцементний клінкер з $S_{\text{шт.}} = 3500 \text{ см}^2/\text{г}$.

В якості мікронаповнювача цементної матриці бетону використовували чистий карбонат кальцію (CaCO_3) у вигляді порошку згідно ISO 27921662.

Розрахунок та призначення складу бетонних сумішей для умов перекачування бетононасосами проведено з урахуванням рекомендацій [18].

Збереженість консистенції (життєздатність) бетонних сумішей визначали методами ДСТУ Б В.2.7-69-98 «Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності».

Міцність бетонів визначали згідно з ДСТУ Б В.2.7-214:2009 «Будівельні матеріали. Бетони методи визначення міцності по контрольних зразках» на зразках-кубах з ребром 7,07 см при використанні цементно-піщаних розчинів і з ребром 10 см при використанні крупнозернистих бетонів після тверднення в нормальних умовах ($t=20\pm 2^\circ\text{C}$, $W=95\pm 5\%$) на протязі 2, 7 і 28 діб.

Визначення показників пористості бетону проводили відповідно до ДСТУ Б В.2.7-170: 2008 за зміною водопоглинання бетону за масою (W_m), загального об'єму

пор (Π_n), об'єму відкритих капілярних пор (Π_o) і умовно-закритих пор (Π_3).

Морозостійкість бетонів визначали методами ДСТУ Б В.2.7-49-96.

Результати досліджень. При виконанні роботи згідно рекомендацій ДСТУ-Н Б В.2.7-304:2015 та результатів попередніх досліджень [9, 16, 17] обрані найбільше ефективні хімічні добавки для регулювання реологічних властивостей розчинових і бетонних сумішей на основі шлаколуужних цементів. В якості таких добавок використовували лігносульфонат натрію ($\text{pH}=8,5$), глюконат натрію та їх комплекс з нітратом натрію.

Для проектування складу бетонів, здатних до перекачування бетононасосами використовували рекомендації [18], в яких особливу увагу приділено призначенню оптимального об'єму цементного тіста (перевищення об'єму пустот суміші заповнювачів на $\geq 40 \text{ л/м}^3$), об'єму цементно-піщаного розчину (≥ 550 -650 л), використанню мікронаповнювача та підтримання значень В/Ц в межах 0,4-0,6.

Після розрахунків в роботі використовували наступний склад бетону: мелений шлак – 400 кг/м^3 ; карбонат кальцію – 20 кг/м^3 ; кальцинована сода – 36 кг/м^3 ; пісок – 764 кг/м^3 ; щебінь фр. 5-10 мм – 320 кг/м^3 , фр. 10-20 мм – 558 кг/м^3 . Загальний вміст води розраховано із умови забезпечення розчинення кальцинованої соди та сорбційного змочування заповнювачів – 190 - 196 л/м^3 ($\text{В/Ц} = 0,42$ - $0,43$).

Зазначені хімічні добавки вводили до складу бетонів у вигляді водних розчинів.

Оптимальний склад комплексу хімічних добавок для вирішення поставлених задач визначали шляхом дослідження впливу окремих складових на консистенцію цементно-піщаного розчину як складової бетонної суміші. При цьому відношення піску до цементної складової (мелений шлак, карбонат кальцію, кальцинована сода) складало 1,675, що відповідало відношенню в бетон-

ній суміші, а вміст води затворювання, враховуючи воду в розчинах добавок, відповідав наведеним вище необхідним значенням. Визначали ефекти дії як окремо для кожної добавки, так і їх комплексу на консистенцію розчинових сумішей і кінетику набору міцності твердуючого розчину. В дослідженнях було прийнято наступний вміст добавок по відношенню до маси шлакової складової лужного цементу (у перерахунку на суху речовину): глюконат натрію 0,25 %, лігносульфонат натрію 0,5 %, нітрат натрію 1 %.

Консистенцію цементно-піщаних розчинових сумішей визначали за розпливом стандартного конуса згідно з ДСТУ Б В.2.7-46:2010, але без струшування.

Результати роботи наведено на рис.1 та рис. 2.

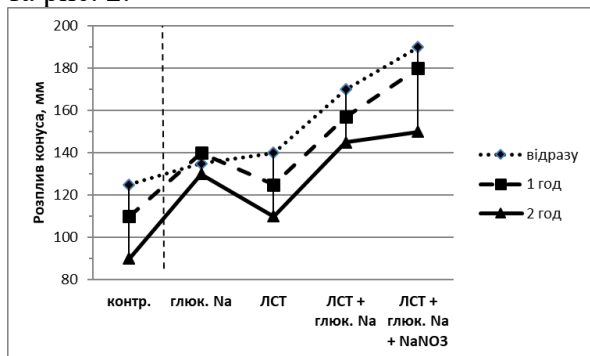


Рис. 1. Консистенція цементно-піщаних розчинових сумішей та її збереження в залежності від складу пластифікуючої добавки.

Аналіз свідчить, що введення окремо глюконату і лігносульфонату натрію при прийнятих дозуваннях не дозволяє досягнути поставленої мети як за початковою рухливістю розчинної складової бетонної суміші, так і за збереженням консистенції протягом 2 год.

Сумісне використання вказаних органічних сполук значно покращує легкоукладальність розчинових сумішей, але не дозволяє досягнути заданої життєздатності.

Відмічено, що поєднання цих ПАР з нітратом натрію в складі КД дозволяє значно збільшити як початкову легкоукладальність, так і термін збереження консистенції

розчинової суміші. Однак зменшення розпливу конуса на 35 мм за 2 год, а також виявлений негативний вплив на початкову (2 доби) міцність розчину (рис. 2) не дозволяє прийняти КД такого складу для подальших досліджень.

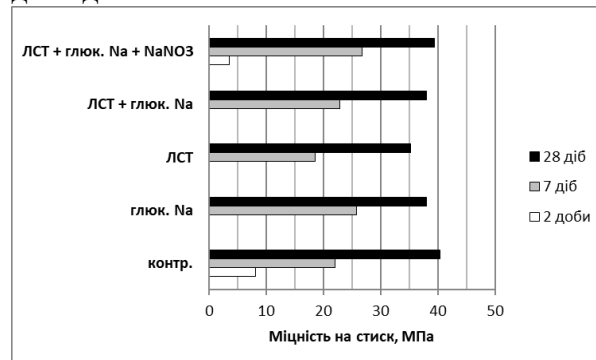


Рис. 2. Кінетика розвитку міцності розчинів при твердінні в залежності від складу добавки.

З метою збільшення ранньої міцності розчину як активуючу добавку для шлако-лужного цементу було обрано мелений портландцементний клінкер у кількості 2,5 % від маси шлакової складової цементу, що є оптимальним для лужних цементів, отриманих на основному шлаку [19].

Портландцементний клінкер до розчинів як складову КД вводили в сухому стані разом із складовими лужного цементу. В якості пластифікуючої складової використовували зазначений вище комплекс сполук (лігносульфонат, глюконат і нітрат натрію) при їх попередньому розчиненні у воді для замішування.

Як показано на рис. 3 використання портландцементного клінкеру, по-перше, визначає відсутність зміни консистенції розчину на протязі 2 год, по друге, дозволяє отримати штучний камінь з міцністю на стиск 14 МПа через 2 доби, що відповідає меті досліджень.

Отримані результати дозволили перейти до перевірки ефективності запропонованої КД при виготовленні важкого бетону і до корегування її складу у напрямку ефективного співвідношення складових.

Вплив такої добавки до корегування складу на консистенцію бетонної суміші та кінетику розвитку міцності бетону наведено в табл. 1 (склад № 1).

Видно, що використання такої КД дозволяє отримати бетонну суміш, легкоукладальність якої характеризується маркою Р5, яка з часом (2 год) підвищується, що позначається на уповільненні набору ранньої міцності бетону (табл.2, поз №1). Після декількох перевірок цей факт підтверджено, що визначило необхідність корегування як співвідношення між органічними і неорганічними складовими КД, так і загального вмісту КД в складі бетону (подана заявка на патент України).

Корегування складу КД шляхом зміни співвідношення між ПАР і нітратом натрію дозволило отримати бетонні суміші (табл. 1, поз. № 2 та поз. № 3) марок Р4 та Р5 із

прийнятною зміною консистенції в часі, тобто через 2 год рухливість залишається в межах вихідної марки.

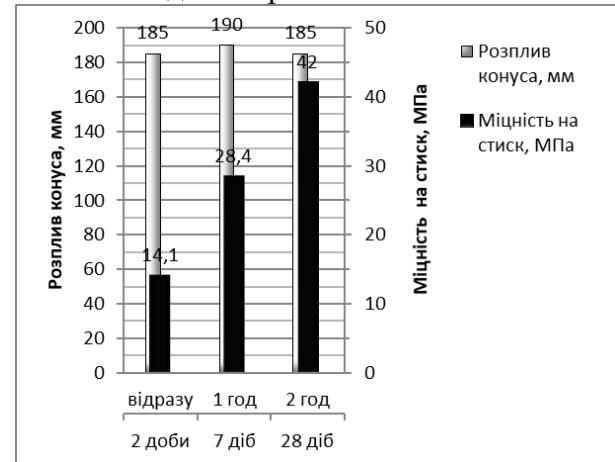


Рис. 3. Збереженість консистенції і розвиток міцності цементно-піщаного розчину з використанням пластифікуючої органо-мінеральної добавки.

Таблиця 1 - Склади та властивості важких бетонних сумішей

№ складу	Композиційний склад бетонної суміші							Розплив конуса (РК), см, після		
	Інгредієнти, кг/м ³					Вміст КД, % від маси шлаку	В/Ц			
	Лужний цемент	CaCO ₃	Пісок	Щебінь фракції, мм						
				5-10	10-20			5 хв	1 год	2 год
1	436	20	764	320	558	4,25	0,43	24,0	25,0	26,0
Після корегування складу комплексної добавки										
2	436	20	764	320	558	3,98	0,42	21,5	22,0	21,0
3	436	20	764	320	558	3,85	0,42	19,0	17,5	17,0

Таблиця 2 - Властивості важкого бетону

№ складу	Міцність на стиск, МПа, після тверднення впродовж			Водопоглинання (W _м), %	Показники пористості, %			Марка по морозостійкості
	2 діб	7 діб	28 діб		П _п	П _о	П _з	
1	8,2	26,2	38,9	3,70	14,80	8,50	6,30	F200
2	15,1	28,4	40,5	3,50	14,20	8,00	6,20	F250
3	19,0	33,4	42,8	3,00	13,50	7,43	6,07	F250

Отримані бетони (табл. 2, поз. № 2 та поз. № 3) характеризуються підвищеною ранньою міцністю на стиск, яка складає 37-

44 % від проектної. При цьому за показниками водопоглинання та пористості отримані бетони характеризуються високою

щільністю, що потенційно характеризує їх довговічність. Це підтверджено випробуваннями бетону на морозостійкість, за даними яких отримані бетони відносяться до марок F200, F250.

Висновки та перспективи подальших досліджень

1. Дослідження сумісного впливу аніонних ПАР в складі глюконату, лігносульфонату і нітрату натрію, в т.ч. при їх суміщенні з мінеральним компонентом в складі КД, показали можливість отримання високорухомих цементно-піщаних розчинів з підвищеною ранньою міцністю.

2. Показано, що присутність у складі лужного цементу клінкерної складової значно поліпшує дію інгредієнтів КД в напрямку збереження консистенції таких розчинів з прискоренням розвитку міцності при твердінні.

3. Перевірка дії запропонованого комплексу добавок дозволяє отримувати бетонні суміші, придатні до перекачування бетононасосами, з марками по легкоукладальності P4-P5 із забезпеченою життєздатністю протягом 2 год.

4. Отримані бетони за показниками міцності, в т.ч. ранньої, особливостями порової структури є доцільними для застосування в будівельних конструкціях різного призначення з гарантованою морозостійкістю не менше 200 циклів.

5. Використання в таких бетонах відносно недорогих складових комплексної добавки і лужного компонента надає їм додаткову привабливість для подальших досліджень та підвищує ефективність при впровадженні.

Подяка. Автори висловлюють подяку за фінансову підтримку роботи, яка виконується в рамках бюджетного фінансування № 0118U002017, а також за розвиток теми досліджень по програмі наукового співробітництва COST Action CA15202 SARCOS

“Self-healing As preventive Repair of Concrete Structures”. http://www.cost.eu/COST_Actions/ca/CA15202.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Кавалерова, О.С. Нормативне забезпечення впровадження лужних цементів і бетонів [Текст] / О.С. Кавалерова, В.І. Пушкар, С.О. Лакуста // Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка – 2015. – Вип. 56. – С. 18–25.
2. Суруп, В.Ю. Реализация современных тенденций бетоноведения на предприятиях промышленно-строительной группы «Ковальская» [Текст]/ В.Ю. Суруп, А.И. Перехрест, Л.Д. Пашина // Будівельні матеріали, виробництва та санітарна техніка. – 2012. – Вип. 43. – С. 165–169.
3. Пилипенко, О.С. Досвід використання пластифікаторів для зниження витрати цементу в бетонах, які застосовуються у монолітно-каркасному домобудуванні [Текст] / О.С. Пилипенко, В.Ю. Суруп, Л.Д. Пашина, П.В. Кривенко, Р.Ф. Рунова, І.І. Руденко // Будівництво України. – 2003. – №3, – С. 44–47.
4. Троян, В.В. Добавки для бетонів і будівельних розчинів [Текст]: навчальний посібник./ В.В. Троян – Ніжин: ТОВ «Видавництво «Аспект-Поліграф», 2010. – 228 с.
5. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны [Текст]: Теория и практика. 2-е изд. / В.Г. Батраков – М.: Технопроект, 1998. – 768 с.
6. Shi Caijun. Alkali-Activated Cements and Concretes [Текст] / Shi Caijun, Krivenko P.V., Della Roy. – London and New York: Taylor & Francis, 2006. – 376 с.
7. Effect of technology of manufacturing the alkali activated cement concretes: porous structure and frost resistance: праці міжнародної конференції “Non-traditional cement & Concrete V”, 16-19 черв., 2014 / Krivenko P., Hailin Cao, Petropavlovsky O., Luqian Weng, Pushkar V. – Brno University of Technology, 2014 – С. 119-122
8. Freeze-thaw and freeze-deicing salt attack on alkali-activated slag cement concrete: problems and solutions: праці міжнародної конференції 19. Ibautil Internationale Baustoffta-

- gung, 12-15 верес., 2015, Weimer / P. Krivenko, O. Petropavlovskii, V. Pushkar, S. Lakusta – Tagungsbericht, 2015 –С. 1-0289-1-0299 – Band 1.
9. Methods of regulating the properties of alkali slag cements and concretes on based on the liquid-glass: праці міжнародної конференції Internationale Baustofftagung “18. ibausil”. 12–15 верес. 2012, Weimar / Krivenko P., Petropavlovsky O., Pushkar V. –Tagungsbericht, 2012 – С. 2–1178 – 2–1185, Band 2.
 10. Рунова, Р.Ф. Формування пластичної міцності шлаковміщуючих цементів / Р.Ф. Рунова, О.В. Ластівка, М.О. Гергалю, Б.І. Іваненко [Текст] // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2013. – Вип. 25. – С. 143–149.
 11. Plasticizing alkaline cements: state-of the art and solution: праці міжнародної конференції «the 14th international congress on the Chemistry of Cement». 13-16 жовт., 2015 / Krivenko P., Runova R., Rudenko I. – Beijing China.
 12. Пушкарьова, К.К. Дослідження впливу різних типів пластифікуючих добавок на властивості лужного шлакопортландцементу, отриманого за різними технологіями [Текст] / К.К. Пушкарьова, О.П. Бондаренко // Вісник Одеської державної академії будівництва та архітектури. – 2011. – Вип.42 – С. 260–265.
 13. Influence of the complex additive of kind “lignine - sodium thiosulfate - aliphatic acid” on plasticization of alkaline cements: праці міжнародної конференції Symp. Non-traditional cement & Concrete III, Brno University of Technology, 10-12 черв. 2008, Brno./ Krivenko P.V., Gyziy S.G., Voznyuk G.V., Pushkar V.I. – С. 381-388.
 14. Роль технологических факторов в формировании структуры и свойств шлакощелочных бетонов: труды Международной конференции «Структурообразование прочность и механика разрушения композиционных строительных материалов и конструкций», 16-17 апреля 2015 Одеса – ОДАБА / Кривенко П.В.,Петропавловский О.Н., Лакуста С.О.
 15. Кривенко, П.В. Управління технологічними властивостями лужних цементів і бетонів на їх основі [Текст] / П.В. Кривенко, О.Н. Петропавловский, В.И. Пушкарь, Г.В. Вознюк, С.О. Лакуста // Ресурсоекономні матеріали, конструкції, будівлі та споруди. – 2015. – Вип. 31. – С. 222–229.
 16. Пушкарь, В.І. Ефективність сучасних пластифікаторів в шлаколуужних цементах та бетонах [Текст] / В.І. Пушкарь // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. – 2011. – Вип. 39. – С. 69–73.
 17. Патент на корисну модель №87013 Модифікований шлаколуужний цемент для виготовлення і використання в розчинах і бетонах на їх основі в умовах підвищених температур зовнішнього середовища (25-40°С) / Кривенко Павло Васильович, Пушкарь Василь Іванович, Петропавловський Олег Миколайович, Ковальчук Олександр Юрійович.
 18. Руководство по укладке бетонных смесей бетононасосными установками» М., Стройиздат, 1978.
 19. Шлакощелочные бетоны на мелеозернистых заполнителях [Текст]. / Под ред. В.Д. Глуховского. – Киев: Вища школа, 1981. – 224 с.
- Kryvenko P.V., Rudenko I.I., Petropavlovskiy O.M., Konstantynovskiy O.P. ALKALI-ACTIVATED SLAG CONCRETES WITH HIGH FLOWABILITY AND EARLY STRENGTH.** The aim of the research was to develop effective compositions of complex additives and compositions of high-flowability fresh concrete based on alkali-activated cements with controlled slump loss during ≥ 2 h, suitable for pumping and capable to form hardened concrete with increased early (2 d) strength. The most effective surfactants and inorganic compounds, compatible with alkali-activated slag cements to obtain plasticized mortars, were used. There were used standard research methods included testing of flowability of cement-sand mortars and fresh concretes, their slump loss retention, as well as strength, porosity and frost resistance of hardened heavy weight concrete. The individual effects of the mentioned surfactants on plasticization of fresh concrete and the ability avoid slump loss were shown. It was determined the effectiveness of these surfactants in complex additive (CA) presented by: high calcium component, anion active surfactant, inorganic compound from the group of

nitrate. The application of proposed CA with optimum ratio of components and their total content, with respect to content of slag component in alkaline cement, allowed to obtain concretes, the alkaline component of which was soda ash, with a consistency classes S4-S5, compressive strength at 2 d - 15-19 MPa, 7 d - 28-33 MPa, 28 d - 38-42 MPa, water absorption 3.0-3.7%, frost resistance 200-250 cycles. The technical novelty and economic attractiveness of the presented concretes is the application of well-known low-cost CA's components, which are represented by organic compounds in the form of sodium gluconate and sodium lignosulfonate together with inorganic substances in the form of portland cement clinker and sodium nitrate.

Keywords: alkali-activated cement, heavy weight concrete, complex additive, flowability, slump loss retention, kinetics of strength, frost resistance.

Кривенко П.В., Руденко І.І., Петропавловський О.М., Константиновський О.П. ВИСОКОПОДВИЖНЫЕ ШЛАКОЩЕЛОЧНЫЕ БЕТОНЫ С ПОВЫШЕННОЙ РАННЕЙ ПРОЧНОСТЬЮ. Целью работы является разработка эффективных составов комплексных добавок и рецептурных решений высокоподвижных бетонных смесей на основе щелочных цементов при обеспеченной сохранности их консистенции в течение 2 час, пригодных для перекачивания бетононасосами и способных к образованию искусственного камня с повышенной ранней (2 суток) прочностью. В исследованиях использовали известные наиболее эффективные поверхностно-активные вещества (ПАВ) и неорганические соединения совместимые с шлакощелочными цементами для получения пластифицированных растворных смесей.

Использовали стандартные методы исследований, которые охватывали испытания подвижности цементно-песчаных растворов и бетонных смесей, сохранения их смеси (жизнеспособность), а также прочности, пористости и морозостойкости бетонов. Показано влияние отдельных ПАВ на пластификацию бетонных смесей, способность к сохранению подвижности во времени и определена эффективность их использования в комплексе состава: высококальциевый компонент, анионноактивные ПАВ, неорганическое соединение из группы нитратов. Использование комплексной добавки (КД) предложенного состава при оптимальном соотношении компонентов и их общем содержании по отношению к шлаковой составляющей щелочного цемента позволяет получать бетонные смеси, щелочной компонент которых представлен кальцинированной содой, с консистенцией соответствующе маркам P4-P5 и бетоны с показателями прочности при сжатии на 2 сут - 15-19 МПа, на 7 сут - 28-33 МПа, на 28 сут - 38-42 МПа, водопоглощением 3,0-3,7%, морозостойкостью 200-250 циклов. Техническая новизна и экономическая привлекательность таких бетонов заключается в использовании известных недорогих составляющих комплекса, который представлен органическими соединениями в виде глюконата и лигносульфоната натрия совместно с неорганическими веществами в виде портландцементного клинкера и нитрата натрия.

Ключевые слова: щелочной цемент, тяжелый бетон, комплексная добавка, подвижность, жизнеспособность, кинетика прочности, морозостойкость.