

УДК 691.5

П. В. КРИВЕНКО, В. В. ГРАБОВЧАК

Науково-дослідний інститут в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури, м. Київ

ВПЛИВ РЕДИСПЕРГУЮЧИХ І ГІДРОФОБІЗУЮЧИХ ДОБАВОК У СКЛАДІ БЕТОНУ НА ОСНОВІ ЗОЛОЛУЖНИХ ЦЕМЕНТІВ НА ЗДАТНІСТЬ ТВЕРДНУТИ В НЕСТАНДАРТНИХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВОЛОГІСНИХ УМОВАХ

Серед різноманітних типів цементів, які містять у своєму складі значну кількість промислових відходів великий інтерес викликають лужні цементи на основі паливних зол та шлаків. Однак зололужні цементи відрізняються від шлаколуужних уповільненими процесами структуроутворення, це потребує більших затрат часу і відповідних умов на початкових етапах тверднення, що обмежує галузі застосування лужних цементів на основі паливних зол. В результаті проведених досліджень розроблено технологічні методи догляду за бетоном на основі зололужних цементів шляхом використання добавок гідрофобізуючої та редиспергуючої плівкоутворюючої дії, які дозволяють уникнути укривання поверхні, зволоження тощо. Визначено оптимальні сфери застосування зололужних цементів як при виробництві збірних бетонних і залізобетонних виробів, так і в монолітному будівництві в різних температурно-вологісних умовах.

зола, лужні цементи, редиспергуюча добавка, гідрофобізуюча добавка, температурно-вологісні умови

ВСТУП

Сучасний розвиток монолітного будівництва є домінуючим методом в загальній структурі будівельного комплексу. Цьому сприяють комплексна механізація і індустріалізація технологічних процесів приготування, доставки, подачі і укладання бетонної суміші, застосування прискорених методів твердіння при всесезонному виконанні робіт.

Очевидно, що одним з найбільш перспективних напрямів будівельного матеріалознавства є створення будівельних матеріалів на основі відходів промисловості, які характеризуються покращеними технологічними і експлуатаційними властивостями. Оскільки основними завданнями будівельної галузі є зменшення використання енергетичних та сировинних ресурсів, утилізація вторинних матеріалів та будівельних елементів і охорона довкілля. Тому, враховуючи дані проблеми, науковці намагаються розробити нові енергоощадні технології виготовлення будівельних матеріалів зі значним вмістом промислових відходів, таких як паливні золи та шлаки [1, 2].

ПОСТАНОВКА ПРОБЛЕМИ

Використання значної кількості золи у складі цементів може бути проблематичним, враховуючи нестабільність хіміко-мінералогічного складу даних відходів, і як наслідок штучний камінь характеризується уповільненим набором міцності в ранній період тверднення та погіршенням експлуатаційних характеристик. Тому виникає необхідність у поглибленні досліджень в напрямку покращення технологічних і експлуатаційних властивостей бетонів зі значним вмістом паливних зол теплових електростанцій.

АНАЛІЗ ЛІТЕРАТУРНИХ ДЖЕРЕЛ І ПУБЛІКАЦІЙ

Найбільш ефективними для створення будівельних матеріалів зі значним вмістом паливних зол слід вважати розроблені зололужні цементы [3–7]. Аналіз літературних джерел показав, що лужні

© П. В. Кривенко, В. В. Грабовчак, 2014

цементи з використанням паливних зол та бетони на їх основі можуть задовольняти потребу в якісних будівельних матеріалах, але уповільнений набір міцності на початкових етапах тверднення золотужних цементів обмежують їх застосування у складі бетонів, які тверднуть при понижених або підвищених температурах. Це обумовлено тим, що відбувається масопереносення лужних іонів у бетоні на основі лужних золовмісних цементів на його поверхню, що призводить до втрати міцності і погіршення експлуатаційних властивостей.

МЕТА ДОСЛІДЖЕНЬ

Вивчення впливу редиспергуючих та гідрофобізуючих добавок у складі бетону на основі лужних золовмісних цементів на здатність тверднути в різних температурно-вологісних умовах.

СИРОВИННІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

За сировинні матеріали було обрано низькокальцієву золу Ладжинської ТЕС, розмелену до питомої поверхні 8 000 см²/г за Блейном, як лужний компонент використовували карбонат натрію технічний. Для активації системи застосовували портландцемент ПЦ І-500 виробництва ПАТ «Волиньцемент» з питомою поверхнею за Блейном 3 800 см²/г та гранульований доменний шлак ПрАТ «ММК ім. Ілліча» розмелений до питомої поверхні за Блейном 4 500 см²/г. Для покращення технологічних характеристик використовували пластифікуючу добавку. Хімічний склад вихідних сировинних компонентів наведено в таблиці 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад сировинних матеріалів

Матеріал	SiO ₂ %	Al ₂ O ₃ %	Fe ₂ O ₃ %	CaO %	MgO %	SO ₃ %	Na ₂ O %	K ₂ O %	в. п. п %
Зола	51,08	24,8	13,67	3,12	1,83	0,08	0,60	1,90	1,50
ПЦ І-500	23,4	5,17	4,12	64,13	0,88	0,55	0,41	0,33	0,20
Шлак	40,0	5,91	0,32	46,98	5,87	1,62	—	—	—

У цих дослідженнях були розглянуті важкі бетони на основі лужних золовмісних цементів, класифікованих за [8] як лужний пуцолановий цемент ЛЦЕМ ПІ-З, лужний композиційний цемент ЛЦЕМ V. Лужні цементи готували окремим помелом золи, шлаку та змішуванням всіх компонентів з додаванням лужного компонента та пластифікуючої добавки у кульовому млині. Склад лужних золовмісних цементів наведено в таблиці 2.

Таблиця 2 – Склад лужних золовмісних цементів

Тип цементу	Компоненти, %				
	Зола	ПЦ І-500	Шлак	Лужний компонент	Пластифікуюча добавка
ЛЦЕМ ПІ-З	66,2	28,4	—	Na ₂ CO ₃ – 4,7	0,7
ЛЦЕМ V	56,7	9,5	28,4	Na ₂ CO ₃ – 4,7	0,7

Підбір складу та виготовлення зразків лужного бетону виконували згідно з ДСТУ Б В. 2.7-69-98 та ДСТУ Б В. 2.7-96-2000. Для покращення технологічних і експлуатаційних властивостей при твердненні в нестандартних температурно-вологісних умовах як модифікуючі добавки використовували гідрофобізатор стеарат кальцію та редиспергатор «Neolith P 6000». Приготування бетонних сумішей здійснювали змішуванням вихідних компонентів у лабораторному змішувачі об'ємом 20 літрів.

В ході досліджень бетони, моделюючи поширені ситуації в технології бетонування будівельних конструкцій, витримували в таких режимах:

- нормальні умови ($t = 20 \pm 2$ °C, $W = 100$ %);
- повітряно-сухе середовище ($t = 20 \pm 2$ °C, $W = 45$ – 50 %);
- підвищені температури ($t = +30$ °C, $W = 20$ %);
- при перемінній денній температурі: $t = +5$ °C вночі та $t = +20$ °C вдень;
- при перемінній місячній температурі: $t = +5$ °C протягом перших 7 днів, надалі – в повітряно-сухих умовах ($t = 20 \pm 2$ °C, $W = 45$ – 50 %);
- при постійній низькій температурі ($t = +5$ °C, $W = 90$ %).

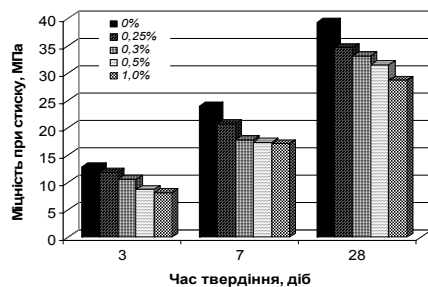
Визначання структури штучного каменю на основі лужних золовмісних цементів було виконано за допомогою електронної мікроскопії та зондового аналізу.

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

На першому етапі досліджень було розроблено і оптимізовано склади лужних золівмісних цементів марки М400...М500 та склади важких бетонів, які характеризуються міцністю в межах 33,2...39,1 МПа клас С25/30 [9] на 28 добу тверднення, низькими показниками екзотермії ($Q = 185...320$ Дж/г), високою корозійною стійкістю в сульфатних середовищах ($K_c = 0,74...1,45$). Отримані показники забезпечуються коригуванням основності в'язучої системи, синтезом в мікроструктурі низькоосновних гідросилікатів і лужних гідроалюмосилікатних сполук з високою щільністю і низькою пористістю макроструктури бетону, яка не перевищує 4 %.

Подальші дослідження були спрямовані на розроблення технологічних методів догляду за бетоном на основі лужних золівмісних бетонів, які тверднуть в різних температурно-вологісних умовах. В ході досліджень було вивчено ефективність використання редиспергуючої та гідрофобізуючої добавок в складі розроблених бетонів на основі лужних золівмісних цементів та визначено оптимальну кількість добавки при твердненні бетонів в повітряно-сухих умовах ($t = 20 \pm 2$ °C, $W = 45-50$ %) без додаткового догляду за бетоном (рис. 1).

а) Neolith P 6000



б) стеарат кальцію

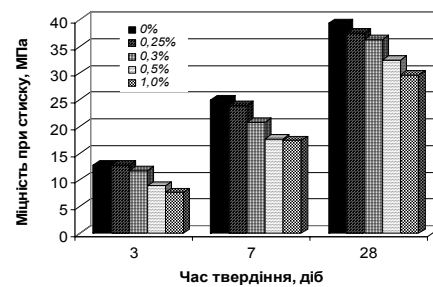


Рисунок 1 – Зміна міцності бетону на основі цементу ЛЦЕМ V залежно від виду і вмісту редиспергуючої та гідрофобізуючої добавок: а) Neolith P 6000; б) стеарат кальцію.

За результатами фізико-механічних досліджень показано (рис. 1), що досліджувані бетони характеризуються міцністю на 3 добу тверднення в межах 9,6...12,3 МПа, а на 28 добу тверднення в повітряно-сухих умовах – 33,6...36,5 МПа (клас бетону С25/30), при цьому оптимальний вміст добавок знаходиться в межах 0,25...0,30 % за масою.

Для визначення впливу дії редиспергуючої та гідрофобізуючої добавок на інтенсифікацію процесів структуроутворення і оцінки розподілення Na_2O всередині системи було проведено зондовий аналіз зразків штучного каменю, які тверднули в різних температурно-вологісних умовах. Результати досліджень засвідчили, що бетон, у складі якого використовували добавки гідрофобізуючої то редиспергуючої дії, характеризується значно нижчою концентрацією Na_2O , ніж бетон без добавок. Це вказує на те, що внаслідок введення до складу бетону даних добавок уповільнюється масопереносення лужних іонів, що сприяє зв'язуванню їх у нерозчинні сполуки і впливає в першу чергу на інтенсивність протікання процесів структуроутворення (рис. 2).

За допомогою електронної мікроскопії було досліджено структуру штучного каменю на основі лужних золівмісних цементів як з використанням добавки, так і без добавок (рис. 3).

За результатами досліджень (рис. 3) відмічено, що бетони, до складу яких вводили редиспергуючу і гідрофобізуючу добавки, характеризуються наявністю плівки на поверхні, такі бетони характеризуються більш щільною і однорідною структурою, а також швидкими темпами нарощування міцності у ранньому віці при понижених температурах.

Таким чином, проведені дослідження дозволили розробити технологію виготовлення бетонів в різних температурно-кліматичних умовах. Наступним етапом роботи було дослідження зміни міцності при стиску в часі бетонів на основі золівмісних цементів в різних температурно-вологісних умовах (рис. 4). Як склад для порівняння було обрано шлакопортландцемент ШПЦ Ш/А-400.

Результати фізико-механічних досліджень (рис. 4) показали можливість використання бетонів на основі золівмісних цементів в умовах підвищених або понижених температур. Так, бетон на основі цементу ЛЦЕМ ШІІІ-З (рис. 4, а) ефективно використовувати як в нормальних умовах тверднення, так і при змінній температурі протягом місяця, бетон характеризується міцністю на 28 добу тверднення в межах 31,8...34,6 МПа. Підвищена температура ($t = +30$ °C) сприяє підвищенню початкової

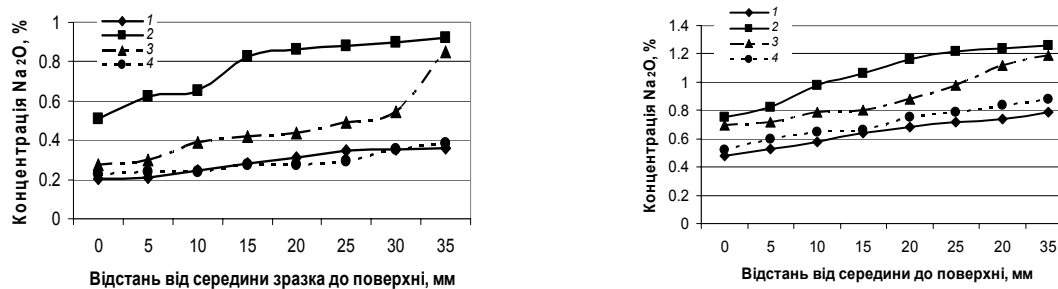
а) повітряно-сухі умови ($t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$, $W = 45\text{--}50\%$)б) постійно низька температура ($t = +5^\circ\text{C}$, $W = 90\%$)

Рисунок 2 – Діаграми масопереносення Na_2O в бетоні у віці 28 діб на основі цементу: 1 – ЛЦЕМ III-3 – добавка стеарат кальцію, 2 – ЛЦЕМ III-3, 3 – ЛЦЕМ V, 4 – ЛЦЕМ V – добавка «Neolith».

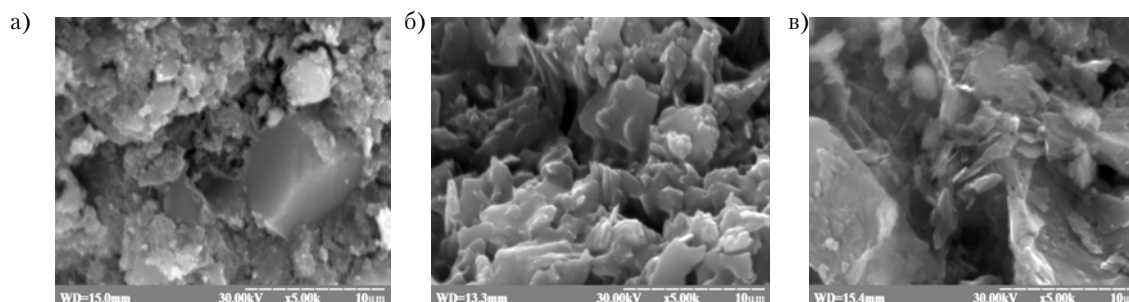


Рисунок 3 – Електронно-мікроскопічні фотографії поверхні сколу штучного каменю на основі цементу ЛЦЕМ V-400 після 28 діб тверднення: а) без добавок; б) зі стеаратом кальцію; в) з «Neolith P 6000».

міцності на 3 і 7 добу тверднення, однак в подальшому зростання міцності уповільнюється. Сухі умови, перемінна температура протягом доби і низька температура ($t = +5^\circ\text{C}$) обумовлюють погіршення міцності на всіх термінах тверднення майже на 20 %, порівняно з твердненням в нормальних умовах.

Бетон з використанням цементу ЛЦЕМ V (рис. 4, б) показує дещо нижчі показники міцності у порівнянні з бетоном на основі лужного пуцоланового цементу. Проте різниця міцності залежно від умов тверднення є незначною. У віці 90 діб міцність бетону продовжує пропорційно зростати, за одним винятком: бетон, що тверднув при температурі $+30^\circ\text{C}$ демонструє різке зростання міцності від 27,4 до 32,1 МПа. Використання бетону на основі шлакопортландцементу (рис. 3, в) доцільне саме в нормальних умовах тверднення. Сухі умови, підвищена температура, перемінна температура та низька температура обумовлюють погіршення міцності на усіх термінах тверднення.

ВИСНОВКИ

Таким чином, в результаті проведених досліджень було розроблено технологічні методи догляду за бетоном в умовах різних температур та показано, що бетони на основі лужних цементів з використанням золи демонструють меншу чутливість до несприятливих умов тверднення у порівнянні з шлакопортландцементом ШПЦ Ш/А-400, що робить їх перспективною системою для використання в монолітному будівництві.

Визначено оптимальні сфери застосування лужних золотушних цементів як при виробництві збірних бетонних і залізобетонних виробів, так і в монолітному будівництві, яке можна вести при різних температурно-вологісних умовах. Так, при використанні лужного пуцоланового цементу забезпечується найвища міцність бетону при змінній температурі протягом місяця ($t = +5^\circ\text{C}$ до $20 \pm 2^\circ\text{C}$), а використання лужного композиційного цементу є оптимальним при бетонуванні в умовах підвищених температур ($t = +30^\circ\text{C}$).

Acknowledgment This outcome has been achieved with the financial support of the research plan SUPMAT – promotion of Further Education of Research Workers from Advanced Building Material Centres CZ. 1.07/2.3.00/20.0111.

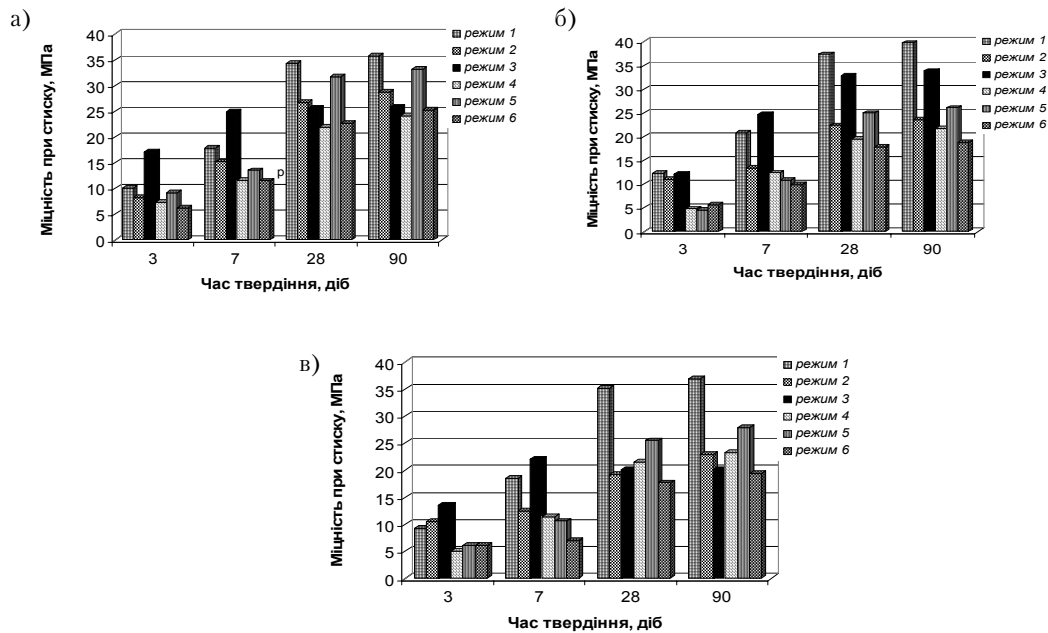


Рисунок 4 – Зміна міцності бетону в часі залежно від умов твердіння: а) «зола – портландцемент – лужний компонент – добавка ПАВ» (ЛІЦЕМ III-3); б) «зола – шлак – портландцемент – лужний компонент – добавка ПАВ» (ЛІЦЕМ V); в) ШПЦ III/A-400.

СПИСОК ЛІТЕРАТУРИ

1. Баженов Ю. М. Применение промышленных отходов в производстве строительных материалов [Текст] / Ю. М. Баженов, П. Ф. Шубенкин, Л. И. Дворкин. – М.: Стройиздат, 1986. – 56 с.
2. Thomas, M. D. A. The use of fly ash in concrete – a question of classification [Текст] / M. D. A. Thomas // Proc. of the International Ash Utilization Seminar. – Kentucky, October, 1997. – P. 333–342.
3. Кривенко, П. В. Золощелочные вяжущие [Текст] / П. В. Кривенко, А. Г. Рябова // Цемент, 1990. – № 11. – С. 14–16.
4. Krivenko, P. V. Fly ash – alkali cements and concretes [Текст] / P. V. Krivenko // Proc. Fourth CANMET/ACI International Conference on Fly Ash, Silica Fume, Slag and Natural Pozzolans in Concrete. – Istanbul, Turkey, 1992. – P. 721–734.
5. Krivenko, P. V. Fly Ash Based Alkaline Cements [Текст] / P. V. Krivenko, G. Yu. Kovalchuk // 3rd International Conference Alkali Activated Materials – Research, Production and Utilization. – Prague, 2007. – P. 349–367.
6. Цементы и бетоны на основе топливных зол и шлаков [Текст]: монография / П. В. Кривенко, Е. К. Пушкарева, В. И. Гоц, Г. Ю. Ковальчук. – Киев: ООО «ИПК Экспресс – Полиграф», 2012. – 258 с.
7. Ефективні шляхи використання паливних зол у промисловості будівельних матеріалів [Текст] / П. В. Кривенко, К. К. Пушкарьова, Г. Ю. Ковальчук, О. Ю. Ковальчук // Будівництво. Наука. Проект. Економіка: Науково-виробничий журнал. – Київ, 2013. – В. 1(13). – С. 18–25.
8. ДСТУ Б В. 2.7-181:2009. Цементи лужні. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-24-95; чинний від 2009-08-01. – К.: Мінрегіонбуд України, 2009. – 11 с.
9. ДСТУ Б В. 2.7-25:2011. Бетони важкі лужні. Технічні умови [Текст]. – На заміну ДСТУ Б В.2.7-25-95; чинний від 01.01.2012. – К.: Мінрегіон України, 2011. – 12 с.

Отримано 09.12.2013

П. В. КРИВЕНКО, В. В. ГРАБОВЧАК

ВЛИЯНИЕ РЕДИСПЕРГУЮЩИХ И ГИДРОФОБИЗИРУЮЩИХ ДОБАВОК В СОСТАВЕ БЕТОНА НА ОСНОВЕ ЗОЛОЩЕЛОЧНЫХ ЦЕМЕНТОВ НА СПОСОБНОСТЬ ТВЕРДЕТЬ В НЕСТАНДАРТНЫХ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ УСЛОВИЯХ

Научно-исследовательский институт вяжущих материалов Киевского национального университета строительства и архитектуры, г. Киев

Среди различных типов цемента, содержащих в своем составе значительное количество промышленных отходов, большой интерес вызывают щелочные цементы на основе топливных зол и шлаков. Однако золощелочные цементы отличаются от шлакощелочных замедленными процессами

структурообразования, требуя больших затрат времени и соответствующих условий на начальных этапах твердения, что ограничивает область использования щелочных цементов на основе топливных зол. В результате проведенных исследований разработаны технологические методы ухода за бетоном на основе золощелочных цементов путем использования гидрофобизирующих и редиспергующих пленкообразующих добавок, которые позволяют избежать укрытия поверхности, увлажнения и т.д. Определены оптимальные области применения золощелочных цементов как при производстве сборных бетонных и железобетонных изделий, так и в монолитном строительстве в различных температурно-влажностных условиях.

щелочной цемент, зола, редиспергирующая добавка, гидрофобизирующая добавка, температурно-влажностные условия

PAVEL KRYVENKO, VALENTINA GRABOVCHAK
INFLUENCE OF REDISPERSIVE AND HYDROPHOBIC ADMIXTURES IN
CONCRETE MIX BEASED ON FLY ASH ALKALI ACTIVATED CEMENT ON
ABILITY TO HARDEN IN NOT STANDARD THERMAL-HUMIDITY
CONDITIONS

V. D. Glukhovsky Scientific Research Institute of Astringents of the Kiev National
University of Civil Engineering and Architecture

Between different types of cements, containing in their composition a lot of industrial wastes, a huge interest attracts alkali activated cements on fly ash basis. However, fly ash alkali activated cements are differ from slag alkali activated cement by slowly structure formation processes, needing more time and correct conditions at early stages of hardening, that limits application area of alkali activated cements on fly ash basis. As a result of provided studies were developed technological methods of care for concretes based on fly ash alkali activated cements by using hydrophobic and redispersive film-forming admixtures, that make it possible to prevent surface coverage, moistening an so on. Were determined optimal application areas for fly ash alkali activated cements in manufacture of precast reinforced concretes and monolithic concrete constructions in different thermal-humidity conditions.

alkali-activated cement, fly ash, redispersive admixture, hydrophobic admixture, thermal-moisture conditions

Кривенко Павло Васильович – доктор технічних наук, професор кафедри будівельних матеріалів та виробів, директор Науково-дослідного інституту в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка наукових основ та технології отримання цементів нового покоління, зокрема, лужних цементів, та бетонів для загальнобудівельного та спеціального призначення на їх основі.

Грабовчак Валентина Валентинівна – кандидат технічних наук, молодший науковий співробітник Науково-дослідного інституту в'язучих речовин і матеріалів ім. В. Д. Глуховського Київського національного університету будівництва і архітектури. Наукові інтереси: розробка складів та технологій отримання лужних золовмісних цементів та бетонів на їх основі які характеризуються покращеними технологічними і експлуатаційними властивостями.

Кривенко Павел Васильевич – доктор технических наук, професор кафедры строительных материалов и изделий, директор Научно-исследовательского института вяжущих веществ и материалов им. В. Д. Глуховского Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка научных основ и технологий получения цементов нового поколения, в частности щелочных цементов, и бетонов на их основе для общестроительного и специального применения.

Грабовчак Валентина Валентиновна – кандидат технических наук, младший научный сотрудник Научно-исследовательского института вяжущих веществ и материалов им. В. Д. Глуховского Киевского национального университета строительства и архитектуры. Научные интересы: разработка составов и технологий щелочных золо содержащих цементов и бетонов на их основе, характеризующихся улучшенными технологическими и эксплуатационными свойствами.

Kryvenko Pavel – DSc (Eng.), director of the V. D. Glukhovsky Scientific Research Institute of Astringents of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture, professor of Building materials department. Scientific interests: development of theoretical backgrounds and technologies of manufacture of cements of new generation, including alkali activated cements, and concretes on their basis for common and special application.

Grabovchak Valentina – PhD, junior of the V. D. Glukhovsky Scientific Research Institute of Astringents of the Kiev National University of Civil Engineering and Architecture. Scientific interests: development of compositions and technologies of alkali activated fly ash containing cements and concretes on their basis with increased technologically related and service properties.