

**ДОСЛІДЖЕННЯ ДЕФОРМАЦІЙ УСАДКИ/РОЗШИРЕННЯ ЛУЖНИХ БЕТОНІВ
ІЗ ВИКОРИСТАННЯМ АКТИВНОГО ЗАПОВНЮВАЧА**¹**Ковальчук О.Ю.**, к.т.н., с.н.с.,

kovalchuk.oyu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6337-0488

¹**Зозулинець В.В.**, аспірант, м.н.с.

zozulnets555@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8066-2033

¹*Київський національний університет будівництва і архітектури*
пр. Повітрофлотський, 31, м. Київ, 03037, Україна

Анотація. Представлено результати дослідження деформативних властивостей дрібнозернистого бетону на основі шлаколужного цементу та базальтового заповнювача. Показано, що деформації розширення зразків, що супроводжують процес лужної корозії заповнювача в бетоні, на пряму пов'язані із компонентним складом та умовами тверднення матеріалу. Використання лужного компонента у сухому вигляді, а також введення до складу цементу метакаоліну зменшує розширення зразків. Показано, що з точки зору усадочних деформацій з найкращого боку себе показали системи на основі лужного цементу ЛЦЕМ І у чистому вигляді та із введенням активної мінеральної добавки метакаоліну (-0,44 та -0,31 мм/м відповідно у віці 28 діб нормального тверднення), які до того ж показали у більш віддалені строки тверднення мінімальне зниження усадки, що може свідчити про зниження інтенсивності розвитку процесів лужної корозії заповнювача у складі таких систем. Портландцементні системи з точки зору усадочних деформацій показали себе із найгіршого боку, особливо системи із застосуванням рідкого скла. Водночас встановлено, що особливі умови обробки та зберігання матеріалу дозволяють суттєво вплинути на процеси протікання лужної корозії та викликаной ним усадки. Висушування зразків бетону дозволяє призупинити розвиток деформацій розширення у зразку (аж до повної зупинки), а подальша гідрофобізація матеріалу дозволяє забезпечити стабільність лінійних розмірів, відкриваючи можливість до продовження термінів експлуатації конструкцій, що вже зазнали впливу лужної корозії. Гідрофобізація ж невисушеного зразку призводить до ефекту самозапарювання зразку, що активує процеси у матеріалі та розвиток деформативних процесів, що негативно позначається на експлуатаційних властивостях та довговічності матеріалів. Запропоновані підходи відкривають можливість продовження терміну експлуатації існуючих конструкцій, що зазнали впливу лужної корозії заповнювача у бетоні.

Ключові слова: лужний цемент, реакція луг-заповнювач, усадка, активний заповнювач.

Вступ. Проблема використання заповнювачів, що містять активні зерна, є предметом дослідження вітчизняних та закордонних дослідників вже протягом багатьох років [1-3]. Особливо актуальним це питання постає з огляду на перехід від використання газу при випалюванні портландцементного клінкеру до використанні вугілля, що підвищує питомий вміст лугів у складі цементу. В загальному випадку цементи, безумовно, відповідають вимогам стандарту за вмістом лужних компонентів, проте підвищення вмісту лугів у їх складі вдвічі є небезпечним саме з огляду на можливість розвитку лужної корозії заповнювача [4].

Сучасне виробництво спрямоване на постійний пошук більш дешевих матеріалів та зниження собівартості продукції. Нерідко це досягається за рахунок зміни традиційних заповнювачів на інші, більш дешеві аналоги. Проте процес вхідного контролю при такому переході на багатьох підприємствах налаштовано неналежним чином – перевіряють лише показники дробимості, морозостійкості, фракційний склад та наявність лещадних зерен, тощо. Проте такі, більш дешеві, заповнювачі можуть мати підвищений вміст активних зерен

у своєму складі, що обмежує його використання. Поєднання факторів підвищення активності заповнювача із підвищенням питомого вмісту лугів у цементі призводить до небезпеки розвитку деструктивних процесів у тілі затверділого бетону – лужної корозії. Такі випадки останнім часом в Україні фіксуються із незавидною регулярністю.

Саме тому гостро постає питання отримання стабільно якісних бетонів та виробів і конструкцій на їх основі навіть за умови використання реакційноздатних заповнювачів.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. Відома можливість запобігання розвитку процесу лужної корозії бетону шляхом модифікування бетонної суміші активними мінеральними добавками [5-6], що є джерелом активного кремнезему, що дозволяє переводити процеси з деструктивних у конструктивні і зміщувати їх у часі. Проте така модифікація повинна відбуватись на стадії проектування складу бетонної суміші та передбачає наявність відомостей про підвищений вміст активних зерен у заповнювачі, що є неможливим із огляду на вищезначене. Крім того, введення активних мінеральних добавок як заміни частини цементу може призводити до зниження міцнісних показників системи [7-8].

З точки зору поводження із конструкціями, що вже зазнали впливу деструктивних процесів, пов'язаних із лужною корозією заповнювача, на сьогодні існує єдиний підхід – конструкція виводиться із експлуатації, розбирається і виготовляється наново. Такий підхід є дуже капітало- та ресурсозатратним і потребує значних часових і логістичних затрат (як приклад, у США свого часу повністю переробляли плотину Гувера, що зазнала аналогічних пошкоджень).

З точки зору раціональності відновлювальних робіт, доцільно було б дослідити можливість зупинки деструктивних процесів у складі бетону та забезпечити можливість відновлення вже існуючих конструкцій. Попередніми роботами авторів показано можливість призупинення набору міцності матеріалу, що може свідчити про можливість коригування процесів структуроутворення у потрібному напрямку [9-10]. Проте найбільш важливим питанням є можливість зупинки деформацій у матеріалі.

Мета та завдання. Метою роботи є встановлення закономірностей впливу компонентного складу шлаколужного цементу (виду та характеристик лужного компоненту, алюмосилікатної добавки) та умов тверднення та зберігання на деформативні властивості дрібнозернистих бетонів на його основі при умові використання активного заповнювача.

Для цього запропоновано дослідити деформації усадки/розширення шлаколужних цементів за різними технологічними схемами (лужний компонент у вигляді сухої солі та у вигляді розчину), а також вивчити вплив умов тверднення на розвиток деформацій дрібнозернистих бетонів.

Матеріали і методи досліджень. Для дослідження можливості впливу на перебіг процесу внутрішньої корозії шлаколужного бетону було обрано базальт як активний заповнювач, представлений фракцією 0-2.5 мм. Хімічний склад базальту представлено в табл. 1.

Таблиця 1 – Хімічний склад базальту

Породи	Вміст оксидів, % за масою, у заповнювачі												в.п.п.	Σ, %
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	FeO	TiO ₂	MnO	CaO	MgO	P ₂ O ₅	K ₂ O	Na ₂ O	SO ₃		
Базальт	50,42	14,0	6,14	8,37	2,66	0,243	8,04	5,56	0,316	0,71	2,27	0,07	0,77	99,57

В якості основного кальцій-алюмосилікатного компоненту лужного цементу було використано шлак доменний гранульований виробництва ПАТ «ДМЗ» (м. Каменьське, розмелений до питомої поверхні 450±20 м²/кг за Блейном. Хімічний склад шлаку представлено в табл. 2.

Таблиця 2 – Хімічний склад доменного гранульованого шлаку

	Вміст оксидів, % за масою						Mo
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	MnO	TiO ₂	
Шлак ДМЗ	37,90	6,85	44,6	5,21	0,106	0,35	-

У якості гідрофобізатору використовували добавку на основі кремнійорганічної речовини гідридсилоксанової рідини 136-157М (ГКЖ-94), виготовленої ПАТ «АНТАЛКОМ». У якості активної мінеральної добавки використовували метакаолін Глуховецького родовища, розмелений до питомої поверхні 1000 м²/кг за Блейном.

Як лужні компоненти використовували соду кальциновану (карбонат натрію) у вигляді сухої безводної солі та рідке скло з силікатним модулем $M_c=1,0$, отримане шляхом коригування модуля основності товарного рідкого скла із $M_c=2,96$. Характеристики високомодульного розчинного натрієвого скла наведено у табл. 3.

Таблиця 3 – Хімічний склад та характеристики вихідного рідкого скла

Вихідна густина рідкого скла, кг/м ³	Силікатний модуль	Вміст оксидів, % за масою у рідкому склі			
		SiO ₂	R ₂ O ₃	Na ₂ O	CaO
1400	2,96	28,5	0,19	9,37	0,15

У якості алюмосилікатної складової лужних цементів використовували портландцемент М500 Тип І виробництва ПАТ «Волиньцемент». Хіміко-мінералогічний склад цементу наведено у табл. 4. Як матеріал порівняння використовували портландцемент М400 Тип І виробництва ПрАТ «Івано-Франківськцемент».

Таблиця 4 – Хіміко-мінералогічний склад портландцементу М500

Вміст оксидів, % за масою								Вміст мінералів, % за масою			
SiO ₂	Al ₂ O ₃	CaO	MgO	Fe ₂ O ₃	SO ₃	R ₂ O	п.п.п.	C ₃ S	β-C ₂ S	C ₃ A	C ₄ AF
21,82	5,30	65,91	1,11	4,86	0,99	0,22	0,2	61,2	17,7	5,9	15,1

Зразки виготовляли з цементно-піщаного розчину у співвідношенні 1:2,25 у відповідності до ДСТУ Б В.2.7-185 на змішувачі планетарної дії типу «Hobart». Випробування зразків проводили у відповідності до рекомендацій ДСТУ Б В.2.7-181.

Балочки через 2 доби виймали з форм і розміщували для подальшого тверднення у гідрозатор, а також у термостати з температурою 20°, 38° і 65°С і відносною вологістю близько 100%.

Власні деформації визначалися на зразках-балочках 2,5×2,5×25,4 см із вищевказаним співвідношенням “в’яжуча речовина : заповнювач”. Вимірювання лінійних власних деформацій виконували на приладі з індикатором годинникового типу ИП-04 з ціною поділок 0,01 мм. Базове вимірювання виконували через 2 доби (відразу після розпалубки зразків з форми) від моменту формування зразків. Надалі показники знімали у відповідності з графіком випробувань зразків.

За методикою проведення дослідження впливу умов зберігання зразки дрібнозернистого бетону із використанням шлаколужного цементу витримували у нормальних умовах (20±2°С та відносна вологість 95±5%) до моменту прояву деформацій розширення. Це приймали за нульову точку дослідження. Після цього зразки розділяли на чотири групи. Одну групу висушували до постійного стану та повертали зберігатись до 28 діб у нормальні умови. Другу групу висушували до постійного стану та вкривали гідрофобізатором і також повертали до нормальних умов зберігання. Третя група не висушувалась, але вкривалась гідрофобізатором і також поверталась до нормальних умов зберігання. Контрольні зразки продовжували зберігати у нормальних умовах.

Результати дослідження. Дослідження деформацій усадки/набухання системи проводили на основі цементуючих системи, обраних на основі результатів попередніх досліджень [7, 9].

Досліджувані системи:

1. Лужний портландцемент (ПЦ + рідке скло).
2. Лужний портландцемент (ПЦ + рідке скло) + 10% МК.
3. Шлаколуужний цемент (ЛЦЕМ-1) з додатковим лужним компонентом.
4. ШЛЦ (ЛЦЕМ-1) з додатковим лужним компонентом +10% МК.
5. ПЦ М400.
6. ПЦ М400 + 10% МК.

Лужний компонент систем ЛЦЕМ-І представлено у вигляді сухої солі карбонату натрію. Результати проведених досліджень наведено у табл. 5 та на рис. 1.

Таблиця 5 – Деформації усадки/набухання дрібнозернистих бетонів із використання базальтового заповнювача

№	Композиція	Деформації усадки/розширення матеріалу, мм/м, у віці, діб				
		2 доби	7 діб	28 діб	90 діб	180 діб
1	Лужний портландцемент (ПЦ + рідке скло)	-0,23	-0,45	-0,63	-0,55	-0,51
2	Лужний портландцемент (ПЦ + рідке скло) + 10% МК	-0,30	-0,49	-0,61	-0,49	-0,36
3	Шлаколуужний цемент (ЛЦЕМ-1)	-0,21	-0,33	-0,44	-0,43	-0,40
4	Шлаколуужний цемент (ЛЦЕМ-1) +10% МК	-0,15	-0,26	-0,31	-0,33	-0,32
5	ПЦ Тип І М400	-0,25	-0,41	-0,50	-0,44	-0,40
6	ПЦ Тип І М400 + 10% МК	-0,19	-0,27	-0,41	-0,30	-0,23

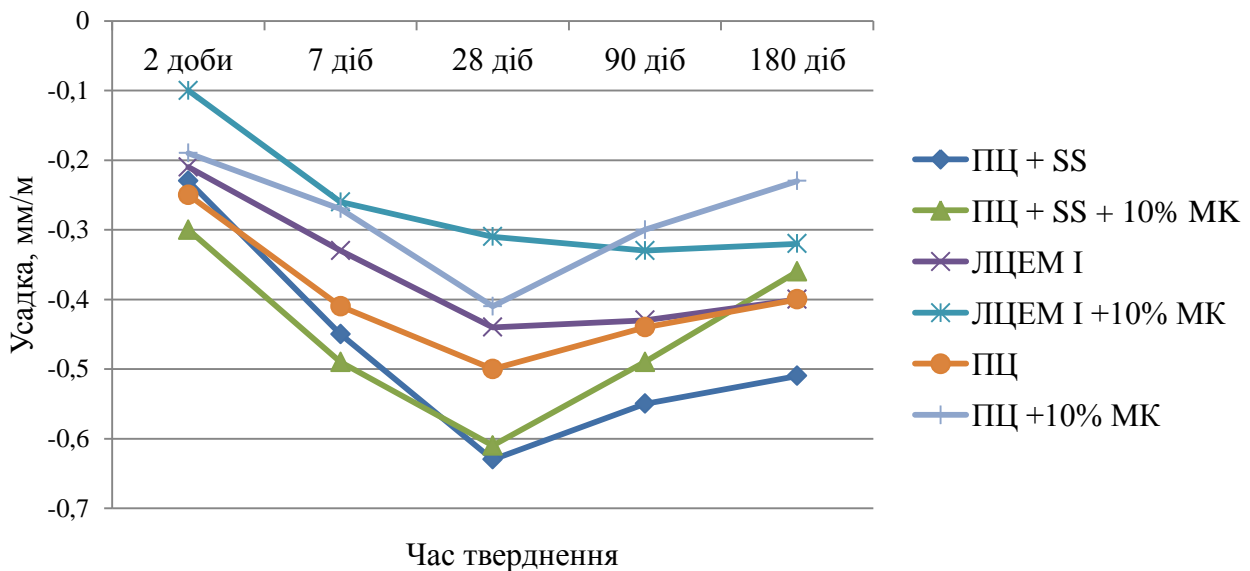


Рис. 1. Деформації усадки/розширення дрібнозернистих бетонів із використанням базальтового заповнювача

Аналіз отриманих результатів засвідчив, що всі досліджувані системи характеризуються усадочними деформаціями в усьому діапазоні досліджень. Можна відзначити, що найбільшими показниками усадки очікувано характеризуються системи із

використанням рідкого скла (лужний портландцемент), а найменшими – лужний цемент ЛЦЕМ І. Це можна пояснити наявністю у системах із використанням рідкого скла підвищеного вмісту гелеподібних фаз, які водночас наявні у значно меншій кількості у складі систем із використанням сухих лужних компонентів.

Варто відзначити, що для всіх систем характерним є зменшення показників усадки із плином часу, що свідчить про розвиток процесів розширення системи внаслідок протікання лужної корозії заповнювача.

Найкращим чином себе зарекомендували системи лужного цементу ЛЦЕМ І як у чистому вигляді, так і про введенні активної мінеральної добавки у вигляді метаксаоліну, які характеризуються плавним розвитком усадочних деформацій і незначним перегином функції внаслідок протікання процесів корозії заповнювача і прояву деформацій розширення.

Дослідження впливу умов тверднення та зберігання зразків на деформативні властивості дрібнозернистих бетонів виконували на системі шлаколужного цементу (ЛЦЕМ-І) в чистому вигляді та при додаванні 10% метаксаоліну. Результати проведених досліджень представлено у табл. 6 та на рис. 2.

Таблиця 6 – Деформації усадки/набухання дрібнозернистих бетонів в залежності від умов зберігання

Композиція	Умови зберігання	Деформації усадки/розширення матеріалу, мм/м, у віці, діб		
		28 діб	90 діб	180 діб
Шлаколужний цемент (ЛЦЕМ-1)	нормальні умови	-0,44	-0,43	-0,40
	висушування	-0,44	-0,44	-0,43
	гідрофобізація	-0,3	-0,24	-0,12
	висушування та гідрофобізація	-0,44	-0,44	-0,43
Шлаколужний цемент (ЛЦЕМ-1) +10% МК	нормальні умови	-0,31	-0,33	-0,32
	висушування	-0,31	-0,31	-0,31
	гідрофобізація	-0,28	-0,23	-0,21
	висушування та гідрофобізація	-0,31	-0,31	-0,31

Аналіз отриманих даних засвідчив, що умови тверднення значною мірою впливають на зміну усадочних деформацій. Так, показано, що при висушування зразків до постійної маси розширення зразків припиняється. Це може свідчити про припинення процесів структуроутворення всередині матеріалу внаслідок зникнення рідкої фази, що є необхідною умовою протікання реакцій. Водночас, варто відзначити, що різниця між висушеними зразками та зразками, що було гідрофобізовано після висушування, з точки зору деформативних характеристик є вкрай малою. Це також може говорити про те, що гігроскопічності зразків недостатньо для насичення вологою у достатній мірі після повернення зразків в нормальні умови зберігання після висушування. Гідрофобізація в такому процесі може слугувати гарантією збереження низької вологості матеріалу та зниження ризику протікання реакцій у віддалені терміни зберігання.

Гідрофобізація дрібнозернистого бетону без висушування призводить до підвищення інтенсивності розширення зразків. Поєднуючи такі відомості із показниками міцності аналогічних систем, досліджених раніше, можна стверджувати про активізацію процесів структуроутворення системи в умовах самозапарювання гідрофобізованих зразків. Це може містити потенційну небезпеку із огляду на традиційні методи захисту залізобетонних конструкцій, а саме – вкривання конструкції покриттям із лакофарбових матеріалів.

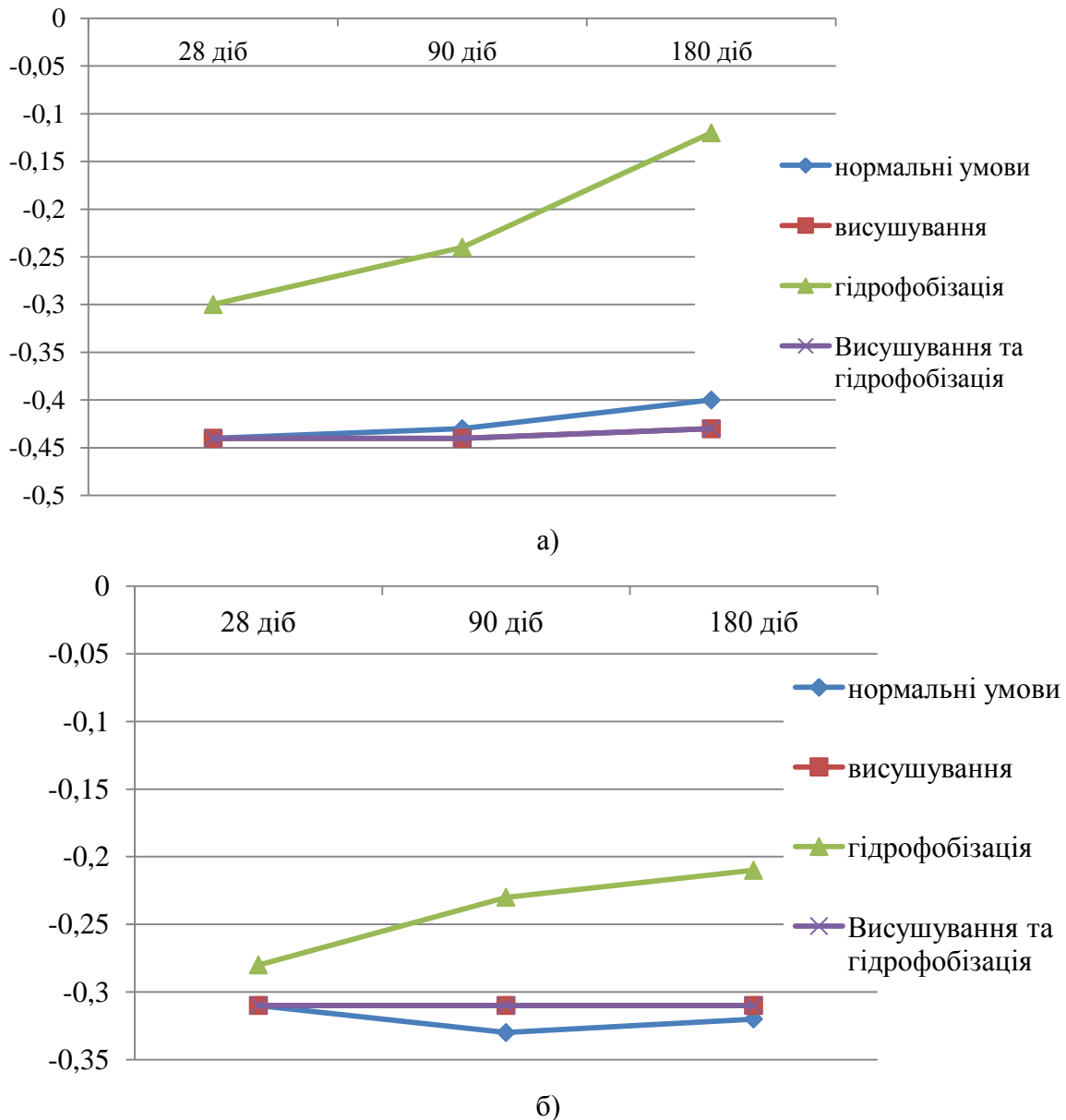


Рис. 2. Деформації усадки/набухання дрібнозернистих бетонів в залежності від умов зберігання

Висновки. Таким чином, було показано, що з точки зору усадочних деформацій з найкращого боку себе показали системи на основі лужного цементу ЛЦЕМ І у чистому вигляді та із введенням активної мінеральної добавки метакаоліну (-0,44 та -0,31 мм/м відповідно у віці 28 дiб нормального тверднення), які до того ж показали у більш віддалені строки тверднення мінімальне зниження усадки, що може свідчити про зниження інтенсивності розвитку процесів лужної корозії заповнювача у складі таких систем. Висушування зразків бетону дозволяє призупинити розвиток деформацій розширення у зразку, а подальша гідрофобізація матеріалу дозволяє забезпечити стабільність лінійних розмірів, відкриваючи можливість до продовження термінів експлуатації конструкцій, що вже зазнали впливу лужної корозії.

Подяка. Представлені результати отримані в рамках виконання проекту «Розробка технологічних методів запобігання та припинення лужної корозії бетону в умовах використання реакційно здатних заповнювачів» на замовлення Міністерства Освіти і Науки України (номер держреєстрації 0119U002580).

Література

1. Штарк Й. Щелочная коррозия бетона. Киев, 2010. 166 с.
2. Malek R.I.A., Roy D.M. Effect of Slag Cements and Aggregate Type on Alkali-Aggregate Reaction and its Mechanism. *Alkalis in Concrete, Research and Practice: Proc. 6 Inter. Confer. Denmark, 2011.* pp. 223-230.
3. Tang M.-S., Han S.F. Effect of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ on Alkali-silica Reaction. *Journal of Chinese Silicate Society.* 1991. pp.160-166.
4. Malek R.I.A., Roy D.M. Alkali-Aggregate Reaction Resistance of Granulated Blast Furnace Slag Cement. *Slag Cements Workshop: P. State University, Mater. Res. Laboratory, Dec-March, 1999.* pp.173-184.
5. Krivenko P.V., Gelevera A.G., Petropavlovsky O.N., Kavalerova E.S. Role of metakaolin additive on structure formation in the interfacial transition zone "Cement – Alkali-susceptible aggregate". *Proceedings of International Symposium "Non-Traditional Cement and Concrete II"*. Brno University of Technology & ZPSV Uhersky Ostroh a.s.: Brno, Czech Republic, 2005. pp. 83-95.
6. Berdnyk O., Lastivka O., Maystrenko A., Amelina N. Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering.* 2020. №907 (1). 012036
7. Krivenko P., Petropavlovsky O., Kovalchuk O., Gelevera O. The influence of interfacial transition zone on strength of alkali activated concrete. *Compressive Strength of Concrete (Book Chapter) / Edited by Pavel Krivenko.* 2020. <https://www.intechopen.com/books/compressive-strength-of-concrete/the-influence-of-interfacial-transition-zone-on-strength-of-alkali-activated-concrete>. DOI:10.5772/intechopen.90929
8. Krivenko P.V. et al. Durability of Alkaline Portland Cement Concretes made with Alkali-Reactive Aggregates. *Proceed. ACI International Conference on Durability of Concrete.* Sydney, Australia, 1997. pp. 22-32.
9. Krivenko P., Petropavlovsky O. Kovalchuk O. A comparative study on the influence of metakaolin and kaolin additives on properties and structure of the alkali-activated slag cement and concrete. *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies.* 2018. №1/6(91). pp. 33-39. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.119624.
10. Більченко А.В., Кіслов О.Г., Синьковська О.В., Ігнатенко А.В. Довговічність залізобетонних конструкцій є основою життєвого циклу мостових споруд. *Науковий Вісник Будівництва.* 2019. Т93, №3. С. 140-144.

References

- [1] I. Shtark, *Shchelochnaia korrozia betona.* Kyiv, 2010.
- [2] R.I.A. Malek, D.M. Roy, "Effect of Slag Cements and Aggregate Type on Alkali-Aggregate Reaction and its Mechanism", *Proc. 6 Inter. Confer. Alkalis in Concrete, Research and Practice*, pp. 223-230, 2011.
- [3] M.-S. Tang, S.F. Han, "Effect of $\text{Ca}(\text{OH})_2$ on Alkali-silica Reaction", *Journal of Chinese Silicate Society*, pp.160-166, 1991.
- [4] R.I.A. Malek, D.M. Roy, "Alkali-Aggregate Reaction Resistance of Granulated Blast Furnace Slag Cement", *Slag Cements Workshop, P. State University, Mater. Res.Laboratory, Dec-March*, pp. 174-184, 1999.
- [5] P.V. Krivenko, A.G. Gelevera, O.N. Petropavlovsky, E.S. Kavalerova, "Role of metakaolin additive on structure formation in the interfacial transition zone "Cement – Alkali-susceptible aggregate", *Proceedings of International Symposium "Non-Traditional Cement and Concrete II"*, pp. 83-95, 2005.
- [6] O. Berdnyk, O. Lastivka, A. Maystrenko, N. Amelina, "Processes of structure formation and neoformation of basalt fiber in an alkaline environment", *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, 907 (1), 012036, 2020.

- [7] P. Krivenko, O. Petropavlovsky, O. Kovalchuk, O. Gelevera, *The influence of interfacial transition zone on strength of alkali activated concrete. Compressive Strength of Concrete (Book Chapter)*. <https://www.intechopen.com/books/compressive-strength-of-concrete/the-influence-of-interfacial-transition-zone-on-strength-of-alkali-activated-concrete>. DOI:10.5772/intechopen.90929.
- [8] P.V. Krivenko, et al., "Durability of Alkaline Portland Cement Concretes made with Alkali-Reactive Aggregates", *Proceed. ACI International Conference on Durability of Concrete*, pp. 22-32, 1997.
- [9] P. Krivenko, O. Petropavlovsky, O. Kovalchuk, "A comparative study on the influence of metakaolin and kaolin additives on properties and structure of the alkali-activated slag cement and concrete", *Eastern-European Journal of Enterprise Technologies*, 1/6(91), pp. 33-39, 2018. DOI: 10.15587/1729-4061.2018.119624.
- [10] A.V. Bilchenko, O.H. Kislov, O.V. Synkovska, A.V. Ihnatenko, "Dovhovichnist zalizobetonnykh konstruktsii ye osnovoivu zhyttievoho tsykladu mostovykh sporud", *Naukovyi Visnyk Budivnytstva*, vol. 93, no.3, pp. 140-144, 2019.

ИССЛЕДОВАНИЕ ДЕФОРМАЦИЙ УСАДКИ/РАСШИРЕНИЯ ЩЕЛОЧНЫХ БЕТОНОВ С ИСПОЛЬЗОВАНИЕМ АКТИВНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ

¹Ковальчук А.Ю., к.т.н., с.н.с.,

kovalchuk.oyu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6337-0488

¹Зозулинец В.В., аспирант, м.н.с.

zozulinets555@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8066-2033

¹Киевский национальный университет строительства и архитектуры
Воздухофлотский просп., 31, г. Киев, 03037, Украина

Аннотация. Представлены результаты исследования деформационных свойств мелкозернистого бетона на основе шлакощелочного цемента и активного заполнителя, представленного базальтом фракцией 0-2,5 мм. Показано, что деформации расширения бетонных образцов, которые сопровождают процесс щелочной коррозии заполнителя в бетоне, напрямую связаны с компонентным составом и условиями твердения материала.

Так, показано, что при использовании щелочного компонента в виде сухой соли (карбоната натрия) деформации усадки/расширения изменяются в значительно меньших пределах по сравнению со щелочным бетоном на основе растворимого стекла как щелочного компонента. Введение в систему активной минеральной добавки (метакаолина) также обуславливает снижение деформаций по сравнению с бездобавочными системами.

Различные условия твердения и хранения образцов также влияют на развитие усадочных деформаций. Показано, что высушивание образцов, в которых начались процессы щелочной коррозии бетона, позволяет остановить развитие деформаций расширения бетона. Гидрофобизация высушенных образцов позволяет на определенное время сохранить неизменными линейные размеры образцов. Это открывает возможность сохранения жизнеспособности и сроков эксплуатации реальных конструкций, которые характеризуются деструктивными процессами щелочной коррозии бетона без значительных затрат и выведения конструкции из эксплуатации.

Гидрофобизация образцов без высушивания приводит к интенсификации процессов структурообразования и более активного развития деформаций усадки/расширения. Это показывает, что традиционные методы защиты бетонных конструкций (покрывание лакокрасочными материалами готовых конструкций) не только не в состоянии предотвратить, но и могут ускорить развитие деструктивных процессов щелочной коррозии бетона, что является опасным для их эксплуатации.

Ключевые слова: щелочной цемент, реакция щелочь-заполнитель, усадка, активный заполнитель.

**STUDY OF DEFORMATION PROPERTIES OF ALKALI ACTIVATED CONCRETES
USING ACTIVE AGGREGATES**

¹**Kovalchuk O.Yu.**, PhD., Senior researcher,
kovalchuk.oyu@gmail.com, ORCID: 0000-0001-6337-0488

¹**Zozulynets V.V.**, postgraduate, junior researcher,
zozulynets555@gmail.com, ORCID: 0000-0002-8066-2033

¹*Kyiv National University of Construction and Architecture*
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, 03037, Ukraine

Abstract. Results of study of deformative properties of fine-grain concrete are shown using slag alkali activated cement and active aggregate, represented by fraction 0-2.5 mm. It had been shown that expansion deformations of concrete specimens, supplying process of alkaline corrosion of aggregate in concrete, directly combined with component composition and conditions of hardening and storing of material.

Thus, it was show, that using alkaline component in the state of dry salt (sodium carbonate) shrinkage/expansion deformations are varying in the shorter ranges comparing to alkali activated concrete with the alkaline component represented by soluble glass. Introduction of active mineral admixture represented by metakaolin also leads to the decreasing of deformations comparing to the compositions without such admixture.

Different conditions of hardening and storing of the specimens are also influence well on the development of shrinkage deformations. It is shown that drying of specimens with active process of alkaline corrosion of concrete makes it possible to stop development of expansion deformations in concrete. Hydrophobization of the dried specimens make it possible to store for some time linear characteristics of concrete specimens. This opens the possibility to store lifeability and exploitation terms of construction with destructive corrosion processes in concrete without spending significant costs and without canceling of construction exploitation.

Hydrophobization of specimens without drying leads to the intensification of structure formation processes and higher rates of development of shrinkage/expansion deformations. That means, that traditional method of protection of concrete constructions (covering of concrete constructions by painting materials) is not able to prevent, but also possible to activate development of destructive processes of alkaline corrosion of concrete, becoming dangerous to be used.

Keywords: alkali activated cement, ASR reaction, shrinkage, active aggregate.

Стаття надійшла до редакції 28.06.2021