

УДК 691.5

**Гоц В.І., д.т.н., проф., Руденко І.І.,
к.т.н., с.н.с, Ластівка О.В., к.т.н., доц.,
Волинська Є.В., асп., Ласкуста С.О., асп.,
НДІ в'язучих речовин і матеріалів
ім. В.Д. Глуховського КНУБА, м. Київ**

**ОСОБЛИВОСТІ ФОРМУВАННЯ
ПОРОВОЮ СТРУКТУРОЮ БЕТОНУ НА
ОСНОВІ ЛУЖНОГО ЦЕМЕНТУ**

В статті досліджено закономірності у формуванні порової структури бетону на основі лужного цементу в залежності від вмісту шлаку і витрати лужного компонента. Показано, що збільшення вмісту шлаку з відповідним підвищенням необхідного вмісту лужного компонента в цементі визначає зменшення об'єму відкритих, збільшення об'єму закритих капілярних пор і зменшення інтенсивності деградації структури бетону при перемінному заморожуванні-відтаванні за рахунок зменшення об'єму льоду, що утворюється в бетоні при від'ємних температурах. Виявлено можливість отримання бетонів на основі лужних цементів високої морозостійкості з високорухомих товарних бетонних сумішей

Ключові слова: бетон, лужний цемент, водопоглинання, порова структура, морозостійкість.

Актуальність.

На сучасному етапі розвитку будівельної галузі до числа найбільш важливих питань, що визначають прогрес і конкурентоздатність будівельних матеріалів, відносяться: зниження матеріало - та енергоємності, розробка нових більш ефективних цементів, широке застосування промислових відходів. Оскільки виготовлення портландцементу призводить до використання природних мінеральних сировинних і енергетичних ресурсів, супроводжується значними об'ємами викидів в навколишнє

середовище вуглекислого газу, - доцільно здійснити заміну частини клінкеру на матеріали техногенного походження [1] та дослідити їх вплив на формування фізичних та експлуатаційних характеристик бетонів.

Останні дослідження.

Використання шлакопортландцементу у будівництві дозволяє не лише знизити енергоємність виробництва в'язучих, але й частково вирішити питання утилізації відходів. Такий цемент має ряд технічних переваг над бездобавочним портландцементом: стійкість до м'яких і сульфатних вод, підвищена жаростійкість [2, 3]. Однак бетони при підвищенні вмісту шлакової складової в цементі характеризуються повільним тужавленням, низькими темпами набору міцності, особливо на ранніх етапах тверднення, та низькою стійкістю до перемінного заморожування і відтавання, особливо при дії розчинів солей.

Для уникнення зазначених недоліків відомим прийомом є введення до цементу сполук лужних металів, які виконують структуроутворюючу роль у формуванні в цементній матриці стабільних і довговічних продуктів гідратації, забезпечують високу міцність і щільність цементного каменю при зменшенні або навіть виключенні портландцементного клінкеру з складу цементу [4, 5, 6]. В основу створення таких лужних цементів покладено ідею проф. В.Д. Глуховського про визначальну роль сполук як лужноземельних, так і лужних металів у процесах синтезу новоутворень, подібних за складом до природних мінералів [7]. Перспективність використання лужного шлаковміщуючого цементу в будівництві підтверджено рядом робіт [8, 9], якими показано можливість отримання високих експлуатаційних показників матеріалу шляхом формування гідратних новоутворень переважно у вигляді низькоосновних гідросилікатів кальцію та лужних гідроалюмосилікатів.

Основним фізичним фактором, що визначає експлуатаційні властивості і довговічність бетону, є характер його

пористості. Навіть незначне за обсягом варіювання пористості призводить до різкої зміни його властивостей. Якщо міцність бетону залежить від загальної пористості, то морозостійкість і відповідно довговічність визначаються, головним чином, капілярною пористістю. Причиною цих явищ є так званий капілярний ефект, який обумовлений залежністю точки замерзання від розміру пор. Під час процесу замерзання вода спочатку замерзає в крупних капілярних порах, в той час як в більш дрібних гелевих порах вода залишається в рідкому стані. Оскільки тиск пари над водою вище ніж над льодом, то виникає термодинамічний нерівноважний стан, який створює рушійну силу для переміщення води з більш дрібних в більш крупні пори [9].

Капілярна пористість, в свою чергу, значною мірою зумовлюється В/Ц відношенням та ступенем гідратації в'язучого.

Існують різні прийоми, що дозволяють зменшити пористість бетону. Одним з них є використання поверхнево-активних речовин (ПАР), які дають можливість покращити структуру бетону за рахунок створення штучних замкнених пор шляхом залучення повітря в процесі перемішування бетонної суміші з подальшим формуванням закритих капілярних пор замість відкритих. Позитивний вплив штучно створених пор на стійкість бетону до дії морозу пояснюється, в першу чергу тим, що створюється додатковий простір під час переходу води в лід, і завдяки перериванню системи

капілярних пор, яка в іншому випадку була б в значній мірі наскрізною, зменшується водопоглинаюча здатність бетону.

Метою даної роботи є дослідження особливостей формування пористості і морозостійкості модифікованого бетону на основі лужного цементу як факторів довговічності.

Матеріали і методи досліджень.

При проведенні досліджень використано лужний шлаковміщуючий цемент (ЛЦЕМ) з діапазоном вмісту гранульованого доменного шлаку 50 – 100 % у відповідності з вимогами [10].

В якості складових цементу використано гранульований доменний шлак (модуль основності $M_o=1,1$, вміст склофази 56 мас.%) і портландцементний клінкер. Хімічний склад складових цементу наведено в табл. 1.

Як лужні компоненти цементу використовували соду кальциновану технічну (Na_2CO_3) та п'ятиводний метасилікат натрію ($Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$). При виготовленні лужного шлаковміщуючого цементу за технологією «все в одному» (сухий лужний компонент в складі цементу) обов'язковим є введення до його складу лігносульфонату натрію (ЛСТ) для забезпечення задовільних термінів тужавлення і активності. Для інтенсифікації помелу використано добавку етилгідроксилосанового полімеру, що запобігає сорбції цементом вологи з повітря і забезпечує збереження властивостей цементу.

Оптимізацію використаних складів ЛЦЕМ виконано за допомогою реалізації двофакторного методу планування експерименту (табл. 2). Питома поверхня цементу складала $S_{пит} = 4500 \text{ см}^2/\text{г}$ (за приладом Блейна).

Таблиця 1

Хімічний склад складових цементу

Складові	Вміст оксидів, мас.%,								
	SiO_2	Al_2O_3	Fe_2O_3	MnO	MgO	CaO	Na_2O	SO_3	в.п.п.
Клінкер	21,3	5,7	4,62	-	1,2	64,9	0,3	0,86	0,12
Шлак	39,0	5,9	0,3	0,5	5,82	47,3	-	1,54	-

Таблиця 2

Склади лужного шлаковміщуючого цементу

№ складу цементу	Співвідношення компонентів в цементі
1	50 % шлак, 50 % клінкер, 2 % Na_2CO_3 , 1 % ЛСТ
2	50 % шлак, 50 % клінкер, 3 % $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$, 1 % ЛСТ
3	69 % шлак, 31 % клінкер, 2,5 % Na_2CO_3 , 1 % ЛСТ
4	69 % шлак, 31 % клінкер, 3,5 % $Na_2SiO_3 \cdot 5H_2O$, 1 % ЛСТ
5	88 % шлак, 12 % клінкер, 3 % Na_2CO_3 , 1 % ЛСТ
6	100 % шлак, 4,7 % Na_2CO_3 , 0,8 % ЛСТ

Для покращення структури бетону шляхом створення штучних повітряних пор використано комплексні добавки (КД) на основі ЛСТ і ПАР (в кількості 1,5 % від маси цементу), які за своїм фізичним принципом дії представлені у вигляді цепних молекул з біополярною структурою (полярна гідрофільна та неполярна гідрофобна група), але відрізняються різною природою основної діючої речовини: 1 - на основі складних поліефірів, тип ПА (традиційний СП для товарного бетону «Дунапон SR 2»); 2 - на основі простого поліефіру – поліетиленгліколь (пластифікатор для лужного цементу); 3 - на основі лужної солі карбонової кислоти - глюконату натрію (добавка «Mapetard SD 2000»), що традиційно використовується як сповільнювач тверднення розчинів і бетонів.

Початкова консистенція бетонних сумішей характеризувалися маркою за рухомістю Р4 (за температури навколишнього середовища $t = 20 \pm 2$ °С).

У дослідженнях прийнято постійний склад бетону для забезпечення методичної постановки досліджень і визначення впливу перемінних факторів (композиційний склад цементу, тип хімічної добавки) на формування капілярної пористості та відповідної морозостійкості бетону для подальшого їх регулювання. Склад бетону прийнято відповідно до стандарту ДСТУ Б В.2.7-171:2008 [12]: цемент - 350 кг/м³, кварцовий пісок - 740 кг/м³, гранітний щебінь фракції 5 ... 10 мм - 330 кг/м³ і фракції 10 ... 20 мм - 780 кг/м³.

Визначення водопоглинання та пористості бетону проводили згідно з методикою ДСТУ Б В.2.7-170:2008 [13]. Відповідно до цього методу зразки-куби з розміром ребра 100 мм після 28 днів тверднення висушувались до постійної маси в електрошафі за температури (105±10) °С. Потім зразки насичувались водою до постійної маси за температури (20±2) °С. Показники пористості визначали за результатами досліджень середньої густини та водопоглинання зразків.

Визначення морозостійкості бетонних

зразків проводили згідно з ДСТУ Б В.2.7-47-96 [14] за прискореною методикою в середовищі 5 % розчину хлориду натрію (NaCl) і температурі мінус -50 °С. Зразки знімалися з випробувань після появи ознак лущення на поверхні зразків у разі втрати маси або зниження міцності більш ніж на 5 %.

Результати досліджень.

У результаті досліджень виявлено, що зміна вмісту шлаку, виду і витрати лужного компонента в ЛЦЕМ впливає на пористість і, відповідно, на морозостійкість бетону в залежності від природи основної діючої речовини пластифікатора.

Так, введення КД на основі складного поліефіру до бетону при 50 % шлаку і 2 % кальцинованої соди (склад № 1) призводить до незначного збільшення водопоглинання та відкритої капілярної пористості бетону (рис. 1, рис. 2) до 3,7 % і 8,8 % відповідно, в порівнянні з показниками контрольного складу – водопоглинання 3,4 %, об'єм відкритих капілярних пор 8,1 %. При підвищенні вмісту шлаку в цементі до 88 % ефективність модифікації бетону даною КД суттєво знижується, що супроводжується погіршенням фізичних властивостей матеріалу – підвищення водопоглинання до 4,7 % та об'єму відкритих капілярних пор до 11 %.

Слід відмітити, що заміна аніонної складової лужного компоненту з карбонату на силікат спричинює збільшення водопоглинання та пористості як контрольного складу, так і бетону, модифікованого хімічними добавками.

Спостерігається загальна тенденція до зниження об'єму відкритих капілярних пор бетону контрольного складу при збільшенні вмісту шлакової складової та, відповідно, при підвищенні вмісту лужного компонента в цементі (рис. 2). Це пояснюється зміною порової структури в напрямку формування мікро- і умовно замкнених пор, що визначає формування більш щільної і непроникної структури штучного каменю та, відповідно, підвищує фізичні і експлуатаційні властивості матеріалу.

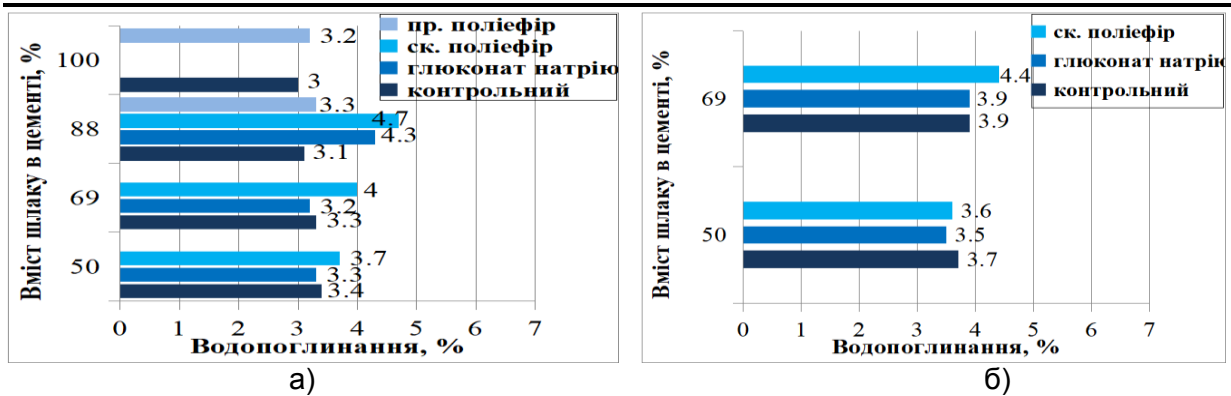


Рис. 1. Водопоглинання бетону залежно від ПАР в складі КД та вмісту шлаку в цементі, % (за табл. 2) а): № 1, № 3, № 5, № 6; б): № 2, № 4;

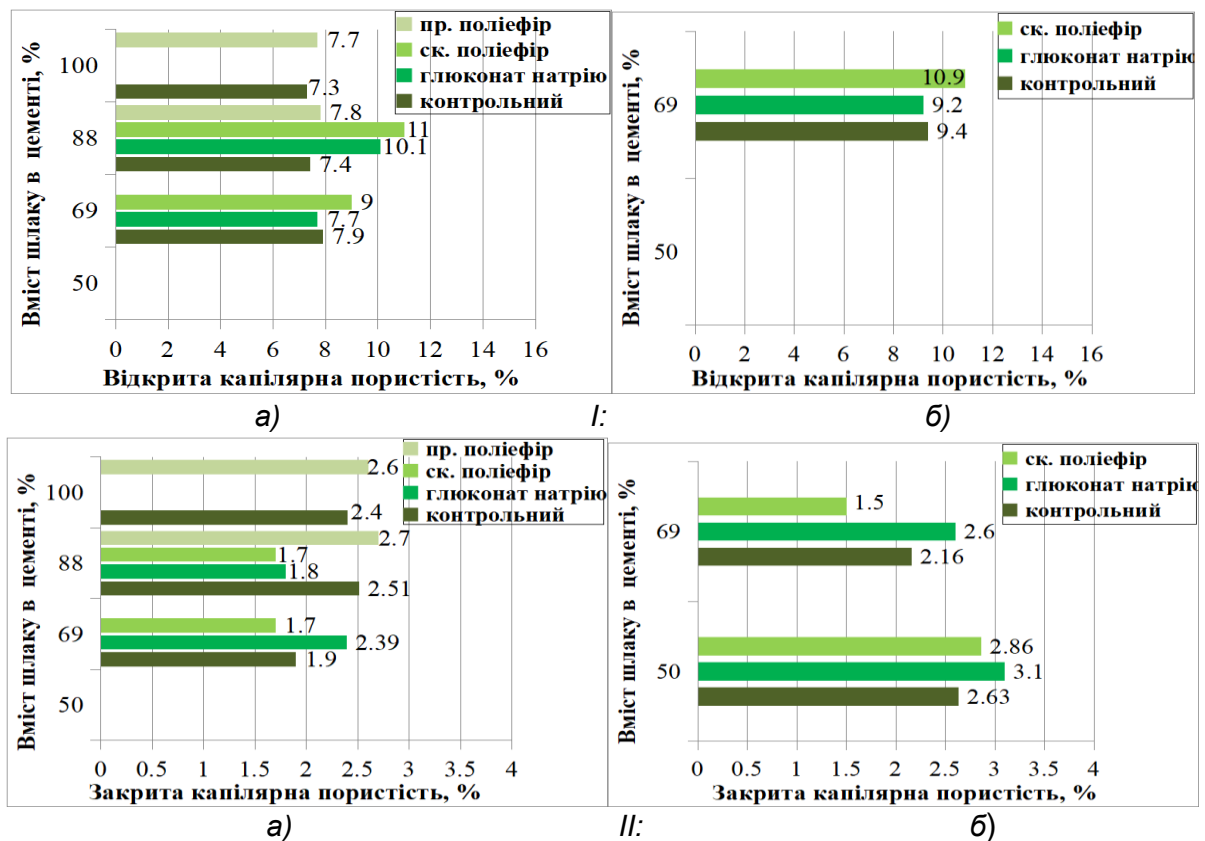


Рис. 2. Об'єм відкритих (I) та закритих (II) капілярних пор бетону залежно від ПАР в складі КД та вмісту шлаку в цементі, % (за табл. 2): а) № 1, № 3, № 5, № 6; б) № 2, № 4

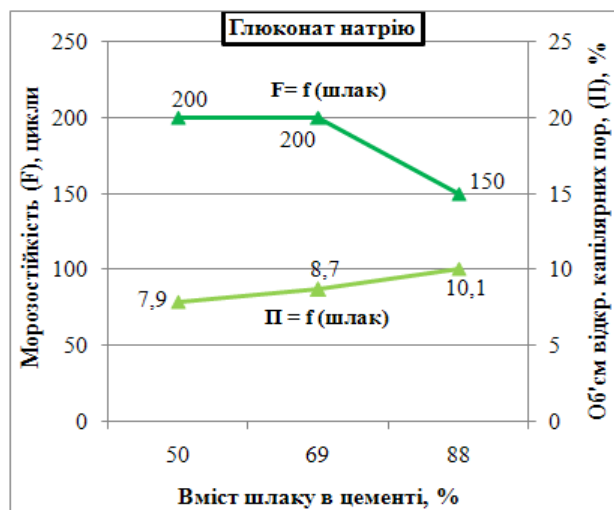
Результати випробувань морозостійкості модифікованих бетонів (табл. 3) підтверджують залежність експлуатаційних властивостей від характеру порового простору бетону. Збільшення об'єму відкритих капілярних пор та відповідне зниження умовно-замкнених викликає зниження морозостійкості бетону (рис. 3). Так, модифікація бетону добавкою на основі складного поліефіру при використанні цементів складу № 1 та № 3

(50 % шлаку) забезпечує морозостійкість на рівні марки F 200. Проте при збільшенні вмісту шлаку (до 69 %) ефективність модифікації бетону даною добавкою знижується, що підтверджується збільшенням об'єму відкритих капілярних пор до 9,6 % та зниженням морозостійкості до марки F150. Заміна кальцинованої соди на п'ятиводний метасилікат натрію в складі цементу не впливає на морозостійкість бетону.

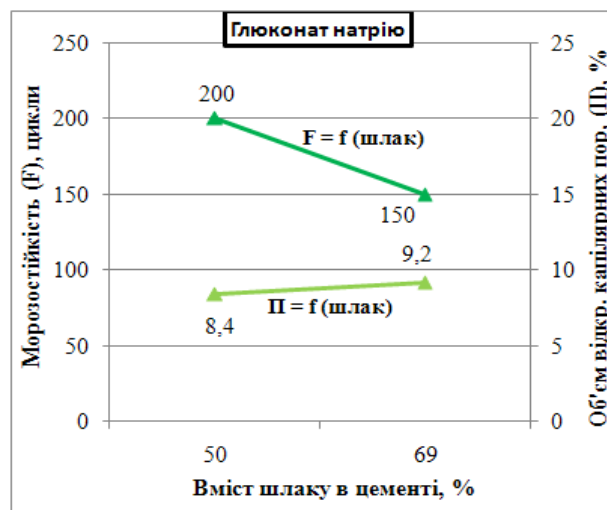
Таблиця 3

Морозостійкість бетонів на основі ЛЦЕМ

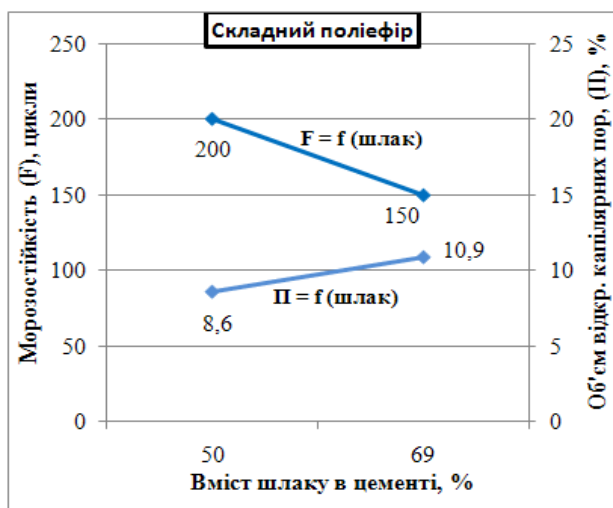
Склад цементу (за табл. 2)	Тип добавки	Втрата міцності, %, після циклів перемінного заморожування і відтавання			Марка за морозостійкості
		3	4	5	
№ 1	ск. поліефір (тип 1)	-1,4	-4,4	-4,9	F 200
	глюконат натрію (тип 3)	-0,6	-2,4	-4,2	F 200
№ 2	ск. поліефір (тип 1)	-0,9	-3,1	-5	F 200
	глюконат натрію (тип 3)	-1,0	-2,6	-4,4	F 200
№ 3	ск. поліефір (тип 1)	-1,6	-4,9	-8,1	F 150
	глюконат натрію (тип 3)	-1,1	-3,2	-4,7	F 200
№ 4	ск. поліефір (тип 1)	-1,9	-5,0	9,9	F 150
	глюконат натрію (тип 3)	-0,8	-2,9	-5,0	F 150
№ 5	пр. поліефір (тип 2)	-1,0	-2,8	-4,9	F 200
	глюконат натрію (тип 3)	-1,5	-4,9	-7,9	F 150
№ 6	пр. поліефір (тип 2)	-0,9	-2,3	-4,7	F 200



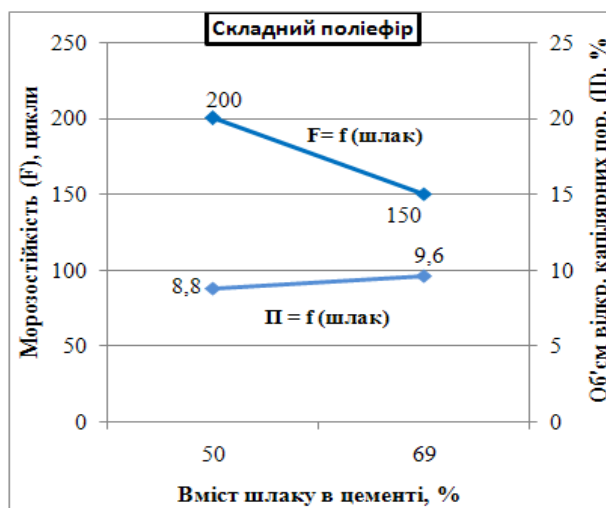
а)



б)



в)



г)

Рис. 3. Взаємозв'язок показників пористості та морозостійкості бетонів в залежності від ПАР в складі КД та вмісту шлаку в цементі (за табл. 2): а), в) № 1, № 3, № 5, б), г) № 2, № 4

Таким чином, доцільність використання добавки складного поліефіру (тип 1) в складі КД в бетонах залежить від вмісту шлаку в лужному цементі. При вмісті шлаку до 50 % і відповідній концентрації лужного компонента – КД забезпечує зміну консистенції бетонної суміші від марки Р1 до Р4 при збереженні властивостей бетону практично на рівні контрольного складу без зменшення морозостійкості. Проте збільшення вмісту шлаку до 88 % в цементі визначає зменшення ефективності зазначеної КД, що проявляється в погіршенні порової структури та зниженні морозостійкості бетону.

Введення добавки простого поліефіру (тип 2) в складі КД до бетону при використанні ЛЦЕМ з вмістом шлаку 88 % не суттєво впливає на характеристики бетону: водопоглинання збільшується з 3,1 % до 3,3 % (рис. 1), відкрита капілярна пористість - з 7,4 % до 7,8 % (рис. 2) в порівнянні з контрольним складом. Це дає можливість отримати щільну структуру модифікованого бетону зі збереженими функціональними властивостями. Так, введення добавки типу 2 в складі КД в бетон при використанні цементу складу № 5 (88 % шлаку) дозволяє отримати марку по морозостійкості F 200 (табл. 3).

При збільшенні вмісту шлаку в цементі навіть до 100 % та використанні поліетиленгліколю в складі КД показники порової структури бетону суттєво не змінюються в порівнянні з контрольним складом – водопоглинання збільшується з 2,9 % до 3,2 %, об'єм відкритих та закритих капілярних пор бетону збільшуються з 7,3 % до 7,7 % та з 2,4 % до 2,6 % відповідно. Завдяки покращенню структури бетону шляхом створення додаткового об'єму штучних повітряних пор відкривається можливість отримувати модифіковані бетони на основі цементу складу № 6 (100 % шлаку) з маркою за морозостійкістю F200 (табл. 3).

Таким чином, на противагу до складного поліефіру ефективність модифікації ЛЦЕМ комплексною добавкою на основі простого поліефіру для

пластифікації та формування порового простору бетону збільшується прямо пропорційно підвищенню в цементній матриці ролі «шлакового» типу тверднення над «клинкерним».

Використання натрієвої солі карбонової кислоти (тип 3) в складі КД позитивно впливає на формування фізичних характеристик модифікованих бетонів (рис. 1, рис. 2). Так введення КД при використанні цементу складу № 1 (50 % шлаку) дозволяє зменшити водопоглинання з 3,4 % до 3,3 % в порівнянні з контрольним складом. При збільшенні вмісту шлакової складової до 69 % зниження водопоглинання бетону досягає 3,3 %. Однак, модифікація бетону зазначеною добавкою при використанні цементу з максимальним вмістом шлаку (88 %) негативно впливає на його фізичні характеристики, що свідчить про збільшення водопоглинання бетону до 4,3 % в порівнянні з контрольним складом (3,1 %).

Аналогічна тенденція спостерігається і за результатами досліджень зміни пористості. При мінімальному вмісту шлаку в цементі, об'єм відкритих капілярних пор бетону без добавки складає 8,1 % при введенні добавки типу 3 – 7,9 % (зменшення пористості на 0,2 %). При подальшому збільшенні вмісту шлаку в цементі зниження об'єму таких пор при використанні КД досягає 7,7 %. Проте, введення добавки до бетону при 88 % шлаку в цементі визначає погіршення порової структури бетону завдяки збільшенню об'єму відкритих капілярних пор до 10 %.

Результати, наведені в табл. 3, підтверджують взаємозв'язок між поровою структурою бетону та його морозостійкістю. Так, введення добавки на основі глюконату натрію до бетонів на основі ЛЦЕМ складів № 1 та № 3 (50 % та 69 % шлаку, відповідно) визначає можливість отримання бетону марки за морозостійкістю F 200. Однак, при максимальному вмісті шлаку в цементі (88 %) морозостійкість модифікованого бетону знижується до марки F 150.

Таким чином, введення ПАР до бетонів на основі ЛЦЕМ впливає на зміну структури і функціональних властивостей модифікованих бетонів в залежності від природи основної діючої речовини добавки, вмісту клінкерної і шлакової складової, виду і вмісту лужного компонента в цементі. Збільшення вмісту шлакової складової і, відповідно, вмісту лужного компонента в цементі визначає зменшення ефективності модифікації бетону добавкою на основі складного поліефіру та підвищення ефективності простого поліефіру в комплексі з ЛСТ у формуванні фізичних та експлуатаційних властивостей бетону.

Крім того, виявлено взаємозв'язок між показниками пористості та морозостійкості модифікованих бетонів. Так, на рис. 3 криві $P = f(\text{вміст шлаку})$ і $F = f(\text{вміст шлаку})$ відображають збільшення об'єму відкритих капілярних пор і відповідно зниження марки морозостійкості модифікованих бетонів.

Висновки.

1. Виявлено закономірності у формуванні порової структури бетону на основі лужного цементу в залежності від вмісту шлаку і показана можливість отримання бетонів високої морозостійкості з високорухомих товарних бетонних сумішей. В загальному випадку збільшення вмісту шлаку з відповідним підвищенням необхідного вмісту лужного компонента в цементі визначає зменшення об'єму відкритих, збільшення об'єму закритих капілярних пор і зменшення інтенсивності деградації структури бетону при перемінному заморожуванні-відтаванні за рахунок зменшення об'єму льоду, що утворюється в бетоні при від'ємних температурах.

2. Добавки на основі складних поліефірів, які є традиційними СП для товарних бетонів на основі звичайних клінкерних цементів, є ефективними лише до певної межі вмісту шлаку та лужного компонента в цементі. Зі збільшенням їх вмісту використання КД на основі простого поліефіру та лужної солі карбонової кислоти в присутності лігносульфонату

натрію позитивно впливають на формування штучних пор в структурі пластифікованого бетону. Завдяки цьому створюється додатковий повітряний простір для розширення води при замерзанні та відповідно знижується інтенсивність протікання процесу послаблення структури і підвищується морозостійкість бетону.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Cement: a question of responsible use: Proceeding of the Intern. Confer. Held at the University of Dundee ["Cement combination for durable concrete"], (Scotland, 7.07.2005) / R.K. Dhir. - Scotland, Thomas Telford, UK. – P. 1-12.

2. Ушеров - Маршак А. Шлакопортландцемент и бетон / А.Ушеров-Маршак, З.Гергичны, Я.Маломепши/ — Х.: Колорит, 2004. — 154с.

3. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / [Рунова Р.Ф., Гоц В.И., Назаренко І.І. та ін.]. – К.: УВПК «ЕксОб», 2008. – 360 с.

4. Кривенко П.В. Специальные шлакощелочные цементы. – К.: Будівельник, 1992. – 192 с.

5. Кривенко П.В., Рунова Р.Ф., Саницкий М.А., Руденко И.И. Щелочные цементы: монография. – Киев: издательство «Основа», 2015. – 448 с.

6. Features of Alkali-Activated Slag Portland Cement / [P. Krivenko, V. Gots, R. Runova, I. Rudenko, O. Lastivka] // Proceed. 1-st Intern. Conf. On the Chemistry of Construction Materials – Berlin, October 7-9, 2013. – P. 453-456.

7. Глуховский В.Д. Грунтосиликаты. – М.: Будівельник, 1959. – 120 с.

8. Эффективность дії пластифікаторів в бетонах на основі лужного шлакопортландцементу / [Гоц В.И., Рунова Р.Ф., Руденко І.І., Ластівка О.В.] // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. - К., НДІБМВ, 2013. - Вип. 49. - С. 98-103.

9. Ластівка О.В. Модифіковані бетони на основі лужного шлакопортландцементу для монолітного будівництва : Автореф. дис. канд. техн. наук. / КНУБА. - Київ, 2015. – 21 с.

10. Й. Штарк, Б.Вихт. Долговечность бетона. / Пер. с нем. – А. Тулаганова. Под ред. П. Кривенко. Киев., «Оранта», 2004, 293 с.

11. ДСТУ Б В.2.7-181:2009 Цементи лужні. Технічні умови (Національний стандарт України).

12. ДСТУ Б В.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ) Добавки для бетонів і будівельних розчинів. Загальні технічні умови (Національний стандарт України, який відповідає EN 934-2:2001 “Admixtures for concrete, mortar and grout – Part 2: Concrete admixtures – Definitions, requirements, conformity, marking and labelling”)

13. ДСТУ Б В.2.7-170:2008. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення середньої густини, вологості, водопоглинання, пористості і водонепроникності. – К.: Мінрегіон України, 2011. – 38 с.

14. ДСТУ Б В.2.7-47-96 (ГОСТ 10060.0-95) Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення морозостійкості. Загальні вимоги.

REFERENCES:

1. R.K. Dhir (2005). Cement: a question of responsible use: Proceeding of the Intern. Confer. Held at the University of Dundee. Scotland, Thomas Telford, UK. – P. 1-12.

2. Usherov - Marshak A, Z. Herhychnui, Ia. Malomepshy. Shlakoportlandtsement y beton. Kharkiv, Koloryt, 2004, 154

3. Runova R.F., Hots V.Y., Nazarenko I.I. Konstruktsiini materialy novoho pokolinnia ta tekhnolohii yikh vprovadzhennia u budivnytstvo. Kyiv.: UVPK «EksOb», 2008, 360.

4. Gelevera A.G., Munzer Kamel. Alkaline portland and slag portland cements // First Int. conf. on alkaline cements and concretes. Vipol Stock company, Kiev (Ukraine), 1994, 173-180.

5. P. Krivenko, V. Gots, R. Runova, I. Rudenko, O. Lastivka. Features of Alkali-Activated Slag Portland Cement. Proceed. 1-st Intern. Conf. On the Chemistry of Construction Materials, Berlin, October 7-9,

2013, 453-456.

6. Hlukhovskiy V.D. Hruntosylykatu. Budivelnyk, 1959, 120

7. Hots V.I., Runova R.F., Rudenko I.I., Lastivka O.V. Efektyvnist dii plastyfikatoriv v betonakh na osnovi luzhnoho shlakoportlandtsementu. Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika, NDIBMV, 2013, Vyr. 49, 98-103.

8. Lastivka O.V. Modyfikovani betony na osnovi luzhnoho shlakoportlandtsementu dlia monolitnoho budivnytstva : Avtoref. dys. kand. tekhn. Nauk, KNUBA, Kyiv, 2015, 21.

9. I. Shtark, B. Vykh. Dolhovechnost betona. Per. s nem. A. Tulahanova. Pod red. P. Kryvenko. Kyev, «Oranta», 2004, 293.

10. DSTU B V.2.7-181:2009 Tsementy luzhni. Tekhnichni umovy (Natsionalnyi standart Ukrainy).

11. DSTU B V.2.7-171:2008 (EN 934-2:2001, NEQ) Dobavky dlia betoniv i budivelnykh rozchyniv. Zahalni tekhnichni umovy (Natsionalnyi standart Ukrainy, yakyi vidpovidaie EN 934-2:2001 “Admixtures for concrete, mortar and grout, Part 2: Concrete admixtures – Definitions, requirements, conformity, marking and labelling”)

12. DSTU B V.2.7-170:2008. Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia serednoi hustyny, volohosti, vodopohlynnannia, porystosti i vodonepronyknosti. – K.: Minrehion Ukrainy, 2011, 38.

13. DSTU B V.2.7-47-96 (HOST 10060.0-95) Budivelni materialy. Betony. Metody vyznachennia morozostiikosti. Zahalni vymohy.

14. P. Krivenko, O. Petropavlovskii, V. Pushkar, S. Lakusta. Freeze-thaw and freeze-deicing salt attack on alkali-activated slag cement concrete: problems and solutions, Ibaasil/Internationale Baustofftagung, Weimer, September 12-15, 2015, 0289-1-0299.

АННОТАЦИЯ

В статье исследованы закономерности в формировании поровой структуры бетона на основе щелочного цемента в зависимости от содержания шлака и расхода щелочного компонента. Показано, что увеличение содержания шлака с соответствующим повышением необходимого содержания щелочного компонента в цементе определяет уменьшение объема открытых, увеличение объема закрытых капиллярных пор и уменьшения интенсивности деградации структуры бетона при переменном замораживании-оттаивании за счет уменьшения объема льда, образующегося в бетоне при отрицательных температурах. Выявлено возможность получения бетонов на основе щелочных цементов высокой морозостойкости с высокоподвижных товарных бетонных смесей.

Ключевые слова: бетон, щелочной цемент, водопоглощение, поровая структура, морозостойкость.

ANNOTATION

Regularities in formation of pore structure of concrete on the basis of alkaline cement depending on the slag content and the consumption of the alkaline component are investigated in article. Increase in the slag content with a corresponding increase in the required content of alkaline component in the cement determines a decrease in the volume of open, increased volume of closed capillary pores, and a decrease in the intensity of the degradation of the structure of the concrete with variable freezing-thawing due to a decrease in the volume of ice formed in concrete at negative temperatures was shown.

Keywords: concrete, alkaline cement, water absorption, pore structure, frost resistance.

УДК 691.32.001.4

**Дмітрієва Н.В. к.т.н., доц.,
Федоренко П.П. д.т.н., с.н.с.,
Гострик А.М. магістр,
ОДАБА, м.Одеса.**

ПРО ДОСЛІДЖЕННЯ ВОДОПОГЛИНАННЯ ВАПНЯКА-ЧЕРЕПАШНИКА ПРИ ВЛАШ- ТУВАННІ ШТУКАТУРНОЇ ГІДРОІЗОЛЯЦІЇ

Стаття присвячена вирішенню проблеми підвищення експлуатаційної ефективності систем штукатурної гідроізоляції, шляхом розробки технологічних основ, котрі дозволяють максимально використовувати можливості штукатурних гідроізоляційних матеріалів та понижувати водопоглинання вапняк-черепашника.

Ключові слова: штукатурна гідроізоляція, вапняк-черепашник, водопоглинання.

Актуальність. Останнім часом швидкими темпами почав освоюватися підземний простір як житлових будинків, так і громадських. Будуються малоповерхові котеджі, житлові будинки с підземними гаражами, підвалами, що експлуатуються під кімнати відпочинку в приватному будівництві, чи для комерційних цілей в громадському.

Природний камінь завжди вважався найкращим матеріалом для будівництва та оздоблення як житлових, так громадських будівель. Одним з таких, що ніколи не виходить з моди, кам'яним натуральним матеріалом вважається вапняк - черепашник. Протягом вже декількох тисяч років зводяться будівлі і споруди з цього матеріалу. На сьогоднішній день багато з них є пам'ятками архітектури. На прикладі м.Одеси на сьогоднішній день до офіційного переліку пам'яток містобудування та архітектури внесено 700 будівель і споруд, з яких 69% в різній мірі мають потребу в капітальному ремонті, відновленні або заміні конструкцій і елементів будівлі. За результатами