

**ВПЛИВ ЗАСТОСУВАННЯ НАНОМОДИФІКАТОРІВ ВОДИ
ЗАМІШУВАННЯ НА ЯКІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ
ДРІБНОЗЕРНИСТОГО БЕТОНУ НА ШЛАКОПОРТЛАНДЦЕМЕНТІ**

**EFFECT OF THE USE OF NANOMODIFIERS OF MIXING WATER
ON THE QUALITY CHARACTERISTICS OF FINE-GRAINED
CONCRETE ON BLAST FURNACE CEMENT**

**Шишкіна О.О., к.т.н., доц. (Криворізький національний
університет, м. Кривий Ріг), Піскун І.О., аспірант (Криворізький
національний університет, м. Кривий Ріг)**

**Shyshkina O.O., PhD. of Engineering, Associate Professor (Kryvyi Rih
National University, Kryvyi Rih), Piskun I.O., Postgraduate Student (Kryvyi
Rih National University, Kryvyi Rih)**

Здійснено дослідження якісних характеристик дрібнозернистого бетону, який був модифікований шляхом застосування води замішування, структурованої поверхнево-активними речовинами у надмалих концентраціях. Встановлено, що використання структурованої води в складі дрібнозернистого бетону на шлакопортландцементі сприяє підвищенню міцності у ранньому віці та покращенню показників однорідності міцності.

Portland cement is a highly energy-intensive and unecological material. In contrast, blast furnace cement does not require the consumption of significant energy resources and is more environmentally friendly. Therefore, the use of blast furnace cement in fine-grained concrete seems reasonable. However, its widespread use is constrained by the fact that compared to Portland cement, it has a slower rate of structure formation and, consequently, strength gain. Of the currently known methods of accelerating the curing rate of concrete and increasing its strength, the use of structured water by applying surfactants in ultra-low concentrations is of considerable interest. However, such studies have not paid attention to the issue of concrete strength uniformity. This is an important issue, because when assessing the quality of concrete, not only its strength is important, but also the coefficient of variation, which characterizes the uniformity of the strength distribution. Therefore, the aim of this study is to determine the effect of surfactants used in ultra-low concentrations to structure the water of fine-grained concrete mixing on blast furnace cement on the stability of its quality characteristics. As a result of the studies, it was found that the use of ultra-low concentrations of surfactants to structure the water of fine-grained concrete mixing on blast furnace cement leads to a significant increase in concrete strength at an early age. It was determined that simultaneously with the increase in the strength of fine-grained concrete on blast furnace cement, there is a decrease in the coefficient of variation of strength. This indicates an increase in the homogeneity of the concrete strength distribution. Therefore, the modification of fine-grained concrete on

blast furnace cement by structuring the mixing water with ultra-low concentrations of surfactants improves the quality characteristics of such modified concrete.

Ключові слова: шлакопортландцемент, дрібнозернистий бетон, структурована вода, надмалі концентрації, міцність бетону, коефіцієнт варіації міцності.

Keywords: blast furnace cement, fine-grained concrete, structured water, ultra-low concentrations, concrete strength, coefficient of variation of strength.

Вступ. Як відомо, з основних компонентів бетону портландцемент відрізняється найбільшою вартістю. До того ж, його виробництво супроводжується значними викидами двоокису вуглецю. Враховуючи, що наразі зберігається світова тенденція до скорочення витрат (як матеріальних, так і енергетичних) та вживання заходів щодо зменшення викидів CO₂ при виробництві цементів [1, 2], доцільним вбачається застосування шлакопортландцементів, виготовлення яких не потребує споживання значних ресурсів і є більш екологічним. Проте використання таких малоенергомісних шлакопортландцементів певним чином стримується тим фактором, що вони у порівнянні із портландцементом володіють сповільненою швидкістю формування структури, а отже, і набуття міцності.

Аналіз актуальних досліджень. Одним із добре відомих методів прискорення твердіння та отримання більш високих показників міцності бетонів є механічна та механо-хімічна активація цементів [3]. У дослідженні [4] описано використання механоактивації та модифікації органічно-мінеральною добавкою портландцементу задля підвищення ефективності його застосування у високоміцних бетонах. Та в той же час цей метод не дає можливості знизити використання енергетичних ресурсів.

У роботі [9] подані результати досліджень міцнісних характеристик сучасного виду бетону – реакційно-порошкового фібробетону з композиційним дисперсним армуванням. Відмічається, що одночасне використання різного виду волокон для дисперсного армування сприяє збільшенню міцності при стиску та на розтяг фібробетону у ранньому віці.

При оцінці якості бетону важливим є не тільки показник його міцності, але й коефіцієнт варіації, який характеризує однорідність розподілу міцності [7]. Адже в нормативних документах вказано, що при виготовленні як збірних конструкцій, так і монолітних, приймання бетону здійснюється обов'язково з урахуванням його однорідності за міцністю [8].

Проте в дослідженнях, присвячених вивченню проблеми підвищення показника міцності бетону, а також швидкості її формування, недостатньо уваги приділено питанню забезпечення стабільності міцності.

Пропозиція заміни традиційного портландцементу в якості в'язучого на шлаковий композит із застосуванням активатора, який є в більшому

ступені низькоенергоємним та екологічним, але також не враховує розподілу міцності отриманого дрібнозернистого бетону [10].

В той же час з метою прискорення формування структури бетону та збільшення його міцності запропоновано використання надмалих концентрацій поверхнево-активних речовин для модифікації води замішування [5, 6]. Тож подальші дослідження в цьому напрямку із застосуванням шлакопортландцементів вбачаються доцільними.

Постановка мети і задач дослідження. Оскільки дослідження в напрямку використання води для виготовлення дрібнозернистих бетонів, структурованої надмалими концентраціями поверхнево-активних речовин (ПАР), представляються перспективними, доцільно дослідити однорідність міцності модифікованого бетону на шлакопортландцементі із застосуванням поверхнево-активних речовин у надмалих дозах.

Тож мета даного дослідження – визначити вплив дії ПАР, використаних у надмалих концентраціях, для структурування води замішування дрібнозернистого бетону на шлакопортландцементі на стабільність його якісних характеристик.

Задачами дослідження є

- встановлення впливу структурованої води на швидкість формування структури та міцності дрібнозернистого бетону із використанням шлакопортландцементу;

- визначення впливу дії ПАР, використаних у надмалих концентраціях, для структурування води замішування на характер однорідності міцності дрібнозернистого бетону із використанням шлакопортландцементу.

Методика досліджень. Для виготовлення зразків дрібнозернистого бетону був використаний шлакопортландцемент ШПЦ Ш/Б-400 та поліфракційний річковий дніпровський пісок в якості дрібного заповнювача. Структурування води замішування здійснювалося використанням вуглеводню. Зразки виготовлялися із значенням водоцементного відношення (В/Ц) 0,45 та 0,5.

Дослідження міцності бетону та визначення коефіцієнта варіації здійснювалося за стандартними методиками.

Результати досліджень. У таблиці 1 наведені результати визначення міцності дрібнозернистого модифікованого бетону для зразків з різним значенням В/Ц та різною концентрацією поверхнево-активної речовини у ранньому віці.

Таблиця 1 – Міцність зразків модифікованого дрібнозернистого бетону у віці 7 діб

В/Ц	Концентрація ПАР, %	Міцність при стиску, МПа
0,45	0	4,6
	0,0004	13
	0,0006	10
0,5	0	11,4
	0,0004	11,3
	0,0006	12,4

Як показують результати досліджень (табл. 1), структурування води замішування поверхнево-активною речовиною, яку використано у надмалих концентраціях, призводить до підвищення міцності дрібнозернистого бетону на шлакопортландцементі. При цьому оптимальний вміст ПАР дещо відрізняється, залежно від прийнятого водоцементного відношення. Для В/Ц 0,45 найбільший приріст міцності спостерігається при вмісті модифікатора води 0,0004%. Для В/Ц 0,5 оптимальний вміст ПАР становить 0,0006%.

Для оцінки впливу дії ПАР, використаних у надмалих концентраціях, для структурування води замішування на характер однорідності міцності дрібнозернистого бетону із використанням шлакопортландцементу проводилися визначення коефіцієнту варіації міцності бетону у ранньому віці. Результати досліджень представлені на рисунку 1.

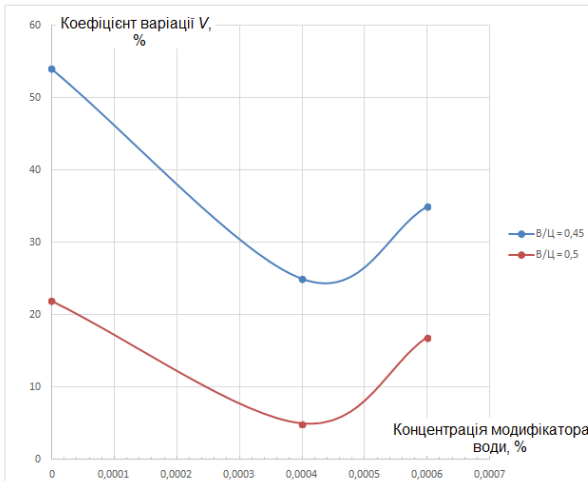


Рисунок 1 – Вплив дії модифікатора води замішування (ПАР) на величину коефіцієнта варіації міцності бетону

Як видно з результатів дослідів, при використанні структурованої води поверхнево-активними речовинами у надмалих концентраціях призводить до зменшення коефіцієнта варіації. Тобто, однорідність міцності підвищується. При цьому оптимальний вміст модифікатора води становить 0,0004%. Для В/Ц 0,45 коефіцієнт варіації зменшується майже на 54% у порівнянні з контрольними зразками, а для В/Ц 0,5 – на 77%. Це підтверджує доцільність застосування структурованої води замішування для отримання дрібнозернистого бетону на основі шлакопортландцементу підвищеної якості.

Висновки. Аналіз отриманих даних дозволяє зробити наступні висновки:

- 1) використання поверхнево-активних речовин у надмалих концентраціях для структурування води замішування здійснює вплив на швидкість формування структури дрібнозернистого бетону на шлакопортландцементі та призводить до збільшення міцності бетону у ранньому віці;
- 2) одночасно з підвищенням міцності бетону спостерігається збільшення однорідності його структури (тобто підвищення якості), про що свідчить зменшення коефіцієнта варіації міцності.

References

1. Кропуньська Т. П. Концепції екоефективних наномодифікованих лужноактивних композиційних цементів із високою ранньою міцністю. Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва. Львів: Вид-во Львів. політехн., 2019. № 912. С. 99-107.
2. Demchenko K.V. Suchasni tekhnologii yak instrument pidvyshchennia efektyvnosti ekolohichnoi modernizatsii vyrobnytstva tsementu. Biznes-navihator. Odesa : Vydavnychiy dim «Helvetyka», 2024. №1. S. 127-132.
3. Dvorkin L.I., Dvorkin O.L., Harnitskyi Yu.V., Stepasiuk Yu. O. Mekhanokhimichna aktyvatsiia maloklinkernykh kompozytsiinykh tsementiv. Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy. Rivne : NUVHP, 2014. Vyp. 28. S. 22-30.
4. Barabash Y.V., Harashchenko D.P., Ksenschkevych L.N. Mekhanoaktyvatsiia portlandtsementa – sposob aktyvnogo upravleniya prochnosti betona. Visnyk ODABA, Odesa : ODABA, 2016. Vyp. 65. S. 120–124.
5. Borduzhenko O.M., Savytskyi V.V., Hnatyshyn B.I., Vykhovskiy D.O. Reaktsiino-poroshkovyi fibrobeton iz kompozytsiinykh dyspersnym armuvanniam. Resursoekonomni materialy, konstruksii, budivli ta sporudy. Rivne : NUVHP, 2019. Vyp. 37. S. 11–17.
6. Semko O.V., Voskobiinyk O.P., Hukasian O.M. Do pytannia vrakhuvannia neodnorodnosti mitsnosti betonu konstruktyvnykh elementiv, shcho maiut uskladnenni umovy betonuvannia. Stroitelstvo. Materialovedenie. Mashinostroenie. Seriya: Innovatsionnye tekhnologii zhiznennogo cikla obektov zhilishno-grazhdanskogo, promyshlennogo i transportnogo naznacheniya. Dnipro : PDABA, 2017. Vyp. 100. S. 154-163.

7. DSTU B V.2.7-224:2009. Betony pravyla kontroliu mitsnosti. Chynnyi vid 2010-09-01. Vyd. ofits. Kyiv : Minrehionbud Ukrainy, 2010. 23 s.

8. Kostyuk T., Vinnichenko V., Plugin A., Borziak O., Iefimenko A. Physicochemical studies of the structure of energy-saving compositions based on slags. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Kharkiv, 2021. Vol.1021 (1). 012016. DOI 10.1088/1757-899X/1021/1/012016

9. Shyshkina O.O. Teoretychni osnovy nanomodyfikatsii dribnozernystykh betoniv strukturovanymy vodnymy systemamy. *Perspective trajectory of scientific research in technical sciences : Collective monograph*. Riga, Latvia : "Baltija Publishing", 2021. S. 624-642.

10. Shyshkin O.O. Keruvannia strukturoutvorenniam betonu zastosuvanniam sumishi poverkhnevo-aktyvnykh rehovyn. *Visnyk Lvivskoho natsionalnoho universytetu pryrodokorystuvannia. Seriiia Arkhitektura ta budivnytstvo*, Lviv : LNUP, 2023. №24. S. 22-30.

Література

1. Кропивницька Т. П. Концепція екоефективних наномодифікованих лужноактивованих композиційних цементів із високою ранньою міцністю. *Вісник Національного університету "Львівська політехніка". Теорія і практика будівництва*. Львів: Вид-во Львів. політехн., 2019. № 912. С. 99-107.

2. Демченко К.В. Сучасні технології як інструмент підвищення ефективності екологічної модернізації виробництва цементу. *Бізнес-навігатор*. Одеса : Видавничий дім «Гельветика», 2024. № 1. С. 127-132.

3. Дворкін Л.Й., Дворкін О.Л., Гарніцький Ю.В., Степасюк Ю. О. Механохімічна активація малоклінкерних композиційних цементів. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне : НУВГП, 2014. Вип. 28. С. 22-30.

4. Барабаш І.В., Гаращенко Д.П., Ксеншкевич Л.Н. Механоактивація портландцементу – спосіб активного управління прочністю бетону. *Вісник ОДАБА*, Одеса : ОДАБА, 2016. Вип. 65. С. 120–124.

5. Бордюженко О.М., Савицький В.В., Гнатишин Б.І., Виховський Д.О. Реакційно-порошковий фібробетон із композиційним дисперсним армуванням. *Ресурсоекономі матеріали, конструкції, будівлі та споруди*. Рівне : НУВГП, 2019. Вип. 37. С. 11–17.

6. Семко О.В., Воскобійник О.П., Гукасян О.М. До питання врахування неоднорідності міцності бетону конструктивних елементів, що мають ускладненні умови бетонування. *Строительство. Материаловедение. Машиностроение. Серия: Инновационные технологии жизненного цикла объектов жилищно-гражданского, промышленного и транспортного назначения*. Дніпро : ПДАБА, 2017. Вип. 100. С. 154-163.

7. ДСТУ Б В.2.7-224:2009. Бетони правила контролю міцності. Чинний від 2010-09-01. Вид. офіц. Київ : Мінрегіонбуд України, 2010. 23 с.

8. Kostyuk T., Vinnichenko V., Plugin A., Borziak O., Iefimenko A. Physicochemical studies of the structure of energy-saving compositions based on slags. *IOP Conf. Series: Materials Science and Engineering*. Kharkiv, 2021. Vol.1021 (1). 012016. DOI 10.1088/1757-899X/1021/1/012016

9. Шишкіна О.О. Теоретичні основи наномодифікації дрібнозернистих бетонів структурованими водними системами *Perspective trajectory of scientific research in*