

УДК 666.948: 666.972.112

DOI <https://doi.org/10.32782/2664-0406.2020.37.12>**Шишкіна О.О.**

к.т.н., доцент кафедри технології будівельних виробів, матеріалів та конструкцій, Криворізький національний університет, м. Кривий Ріг, Дніпропетровська область

ЗАСТОСУВАННЯ КОМПЛЕКСНОГО НАНОМОДИФІКАТОРА В ТЕХНОЛОГІЇ ПІНОБЕТОНУ

Анотація. У роботі на основі аналізу літературних даних визначена мета досліджень, яка полягає у встановленні впливу наномодифікаторів, а саме сполук d-елементів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, на величину міцності пінобетону і швидкість її формування. Основою досліджень стали відомі наукові положення, які ґрунтуються на тому, що хімічні процеси гідратації портландцементу забезпечують формування міцності бетону при стиску. За певних умов підвищення швидкості гідратації цементу сприяє підвищенню міцності бетону при стиску. Особливо це стосується пінобетонів. У роботі було вивчено вплив колоїдних розчинів, які складаються із суміші поверхнево-активної речовини, яка може утворювати міцели, і нанонаповнювачів – мінеральних добавок-модифікаторів. Особливістю досліджень представлених у роботі є вивчення одночасного впливу поверхнево-активних речовин, які утворюють міцели, та сполук d-елементів на зміну міцності пінобетонів. У процесі досліджень встановлено, що означені міцелоутворюючі поверхнево-активні речовини та застосовані добавки-модифікатори змінюють характер формування міцності пінобетонів, що призводить до збільшення її величини. Характер зміни міцності пінобетону під впливом застосованих поверхнево-активних речовин та добавок модифікаторів залежить від кількості заповнювача в бетоні. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на міцність при стиску пінобетону наномодифікатора, який являє собою дисперсну систему «сполука d-елементу – міцелоутворююча поверхнево-активна речовина», в залежності від виду мінеральної частини наномодифікатора, його кількості і кількості міцелоутворюючої поверхнево-активної речовини в бетоні. Завдяки каталізу, механічна міцність бетону підвищується на 120–450% в порівнянні з бетоном, який не містить дисперсну систему «сполука d-елементу – міцелоутворююча поверхнево-активна речовина». Доведено, що для управління процесами тужавіння цементу й формування міцності штучного каменю, який отримують у процесі гідратації цементу, можна використовувати міцелярний каталіз, застосовуючи міцели, наповнені наномодифікаторами, тим самим підвищуючи абсолютну величину міцності при стиску таких бетонів, зокрема дрібнозернистих, у віці 28 діб.

Ключові слова: пінобетон, міцели, поверхнево-активні речовини, наповнювач, міцність, модифікатор.

Постановка проблеми. Загальна направленість сучасних технологій будівництва спрямована на застосування зведення будівель і споруд із монолітного бетону, що призвело до приєднання технологій будівельних конструкцій, виробів і матеріалів до загальної технології будівельного виробництва як окремого елемента.

Деякі елементи, зокрема, звукозахисний шар на підлозі та зовнішні стіни, будівель і споруд, які зводяться з монолітного бетону, виготовляють з ніздрюватого бетону, здебільшого – пінобетону.

Означені бетони представляють собою багатокомпонентну композиційну систему і містять дрібнозернистий заповнювач, тонкодисперсний наповнювач, а також портландцемент [1] та високоефективні суперпластифікатори, які виконують роль дефлокулянтів. Оптимальне поєднання зазначених добавок-модифікаторів, а також, в разі необхідності, поєднання з ними в невеликих кількостях й інших органічних і мінеральних матеріалів дає змогу управляти реологічними властивостями бетонних сумішей і модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні

так, щоб надати бетону властивості, що забезпечують його високу експлуатаційну надійність [2–4].

Одним із шляхів модифікації структури бетону, у тому числі пінобетону, є застосування простіших поверхнево-активних речовин – поліспиртів [5–8].

Зважаючи на поліфункціональну дію поверхнево-активних речовин (ПАР): дефлюкулянтів, пластифікаторів та поліспиртів, актуальними варто вважати дослідження, спрямовані на подальше удосконалення і розвиток технології ніздрюватих бетонів, зокрема пінобетонів, спрямоване на регулювання процесів структуроутворення цементного каменю шляхом використання ефективних добавок, які модифікують структуру бетону.

Аналіз останніх досліджень. Нагальна необхідність отримання високоякісних бетонів на базі рядових цементів змушує шукати нові технологічні прийоми, використання мінеральних добавок-модифікаторів і органічних модифікаторів [1; 9; 10].

Роботами П.І. Боженова [11], Р.Ф. Рунової [12] та ін. встановлено, що використання активних мінеральних добавок дає реальну змогу отримати бетони із заданими фізико-механічними характеристиками в умовах значної економії портландцементу.

Як добавки-модифікатори найбільш широко нині застосовуються мікрокремнезем [9] та метакаолін [13]. Однак вони мають певні недоліки, які стримують їх широке застосування. До таких недоліків мікрокремнезему [9] варто зарахувати відсутність стабільності його властивостей, бо він представляє відходи виробництва та складність транспортування та використання. Для метакаоліну [13] недоліком є його висока вартість внаслідок досить високих енерговитрат на його виробництво. Доволі високі результати в підвищенні міцності бетону, зокрема пінобетону, отримані за рахунок застосування як наномодифікаторів сполук d-елементів [14]. Доведено, що означені наномодифікатори, застосовані одночасно із поліспиртом [15], призводять до значного підвищення міцності пінобетону, що є актуальною задачею, вирішення якої призведе до розширення галузі застосування пінобетону.

Мета роботи – підвищити міцність пінобетону для розширення галузі його застосування в будівництві. Завдання: дослідити вплив наномодифікаторів, а саме сполук

d-елементів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, на величину міцності пінобетону і швидкість її формування; визначити кількісні показники впливу означених наномодифікаторів на величину міцності пінобетону; визначити оптимальні величини витрати наномодифікаторів, модифікованих колоїдною поверхнево-активною речовиною, для отримання пінобетону максимальної міцності.

Дослідження проводили з використанням портландцементу М400 (виробник ПАТ «Хайдельберг цемент Кривий Ріг», Україна), як дрібний заповнювач використовували дніпровський річковий пісок. Як поверхнево-активну речовину використовували колоїдну поверхнево-активну речовину (МПАР). Як d-елемент (наномодифікатор) використовували оксид заліза.

Модифікація наномодифікатора проводилася шляхом його обробки водним розчином МПАР, який мав концентрацію МПАР 0,1%. Експериментальні зразки бетону готували з бетонних сумішей, компоненти яких дозували в необхідних, згідно з планом експерименту, кількостях, перемішували в лабораторному змішувачі протягом 3 хвилин. Отримана суміш поміщалася в металеву форму-куб, яка має розмір сторін 7 см. Відформовані таким чином зразки бетону тверділи протягом 28 діб при вологості навколишнього середовища $70 \pm 10\%$ і температурі навколишнього повітря 293 ± 2 К. Міцність при стиску бетону, який не містив колоїдної поверхнево-активної речовини та наномодифікаторів становила 2,2 МПа, його густина – 600 кг/м^3 .

Визначення величини межі міцності при стиску зразків проводилося відповідно до стандартних методик. Контроль міцності зразків здійснювали на універсальній машині УММ-100.

Результати досліджень. Результати визначення механічної міцності при стиску зразків пінобетону на певній стадії твердіння (28 діб) представлено на рис. 1–3.

Необхідно зазначити, що в присутності колоїдної поверхнево-активної речовини застосований наномодифікатор забезпечує підвищення міцності пінобетону.

Встановлено, що відповідно до вмісту заповнювача (рис. 1–3) в бетоні змінюється характер впливу на його міцність МПАР та наномодифікатора.

Встановлено, що максимальний приріст міцності пінобетону спостерігається при відношенні П/Ц=0,24 та витраті наномодифікатора (d-елементу) 5–6% від маси цементу незалежно від вмісту МПАР у бетоні (рис. 4, 5).

Визначено зміну міцності пінобетону в часі при застосуванні як наномодифікатора системи «оксид заліза – МПАР» (рис. 6).

За експериментальними даними визначення швидкості формування міцності при стиску пінобетону (рис. 6) видно, що збільшення швидкості формування міцності в початкові терміни (до 15 діб) відбувається у більшому ступені в разі підвищеної витрати МПАР, але надалі, навпаки, – в разі меншої витрати МПАР.

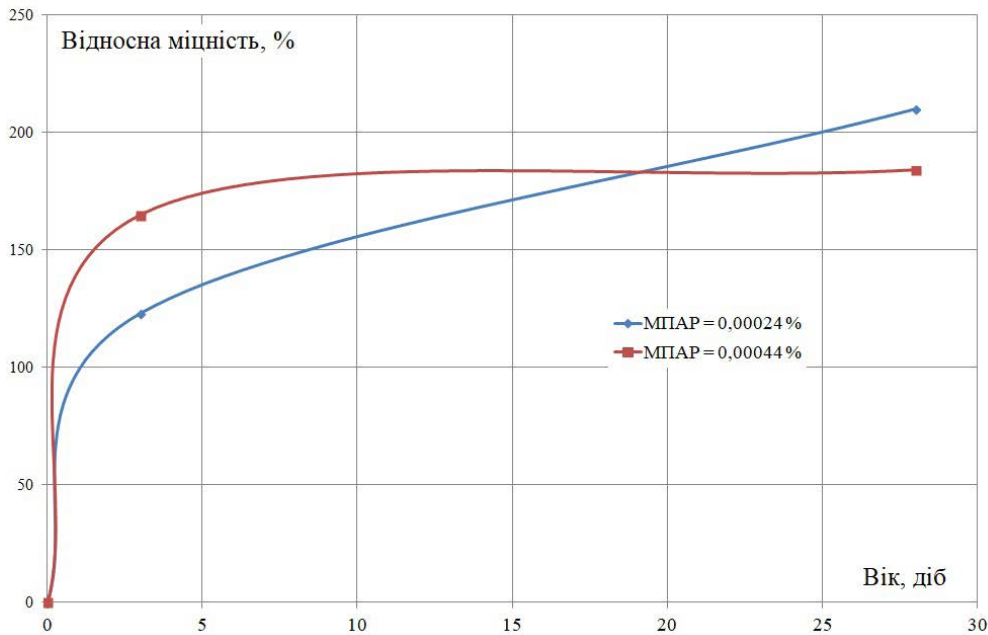


Рис. 1. Відносна міцність пінобетону (П/Ц = 0,22; П – маса заповнювача, Ц – маса цементу)

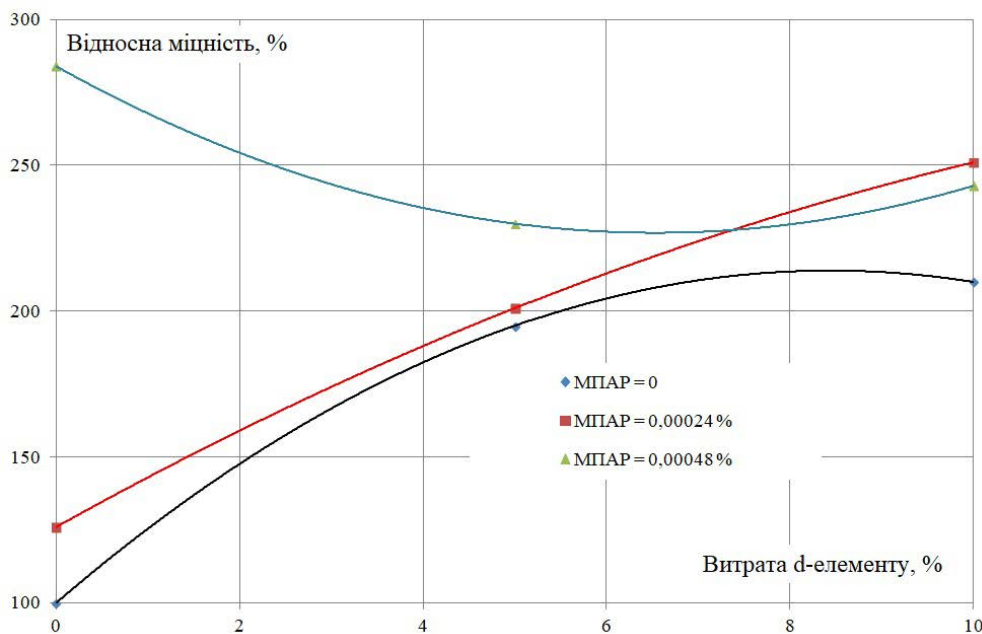


Рис. 2. Відносна міцність пінобетону (П/Ц = 0,24; П – маса заповнювача, Ц – маса цементу)

Висновки. Проведеними дослідженнями встановлено особливості впливу на міцність при стиску пінобетону наномодифікатора, який являє собою дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР», в залежності від її кількості і кількості МПАР у бетоні. Можна стверджувати, що дисперсна система «сполука d-елементу – МПАР» суттєво впливає на формування структури піно-

бетону на усіх стадіях його твердіння. Це проявляється у зміні швидкості формування та величини міцності при стиску пінобетону. Завдяки каталізу механічна міцність бетону підвищується на 120–450% в порівнянні з бетоном, який не містить дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР». Це дає змогу стверджувати про ефективність використання наномодифікатора,

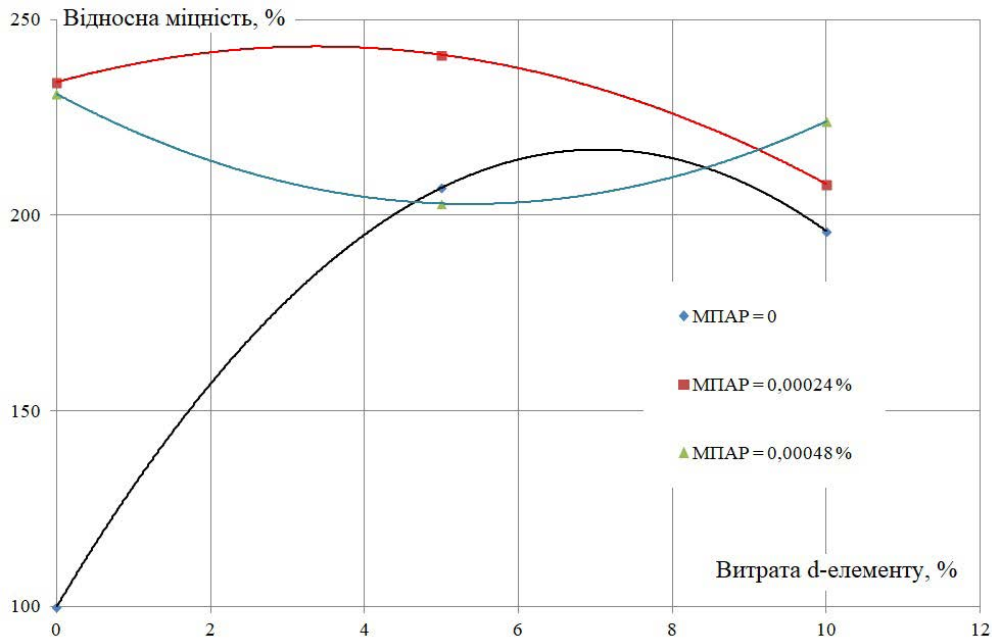


Рис. 3. Відносна міцність пінобетону (П/Ц = 0,26; П – маса заповнювача, Ц – маса цементу)

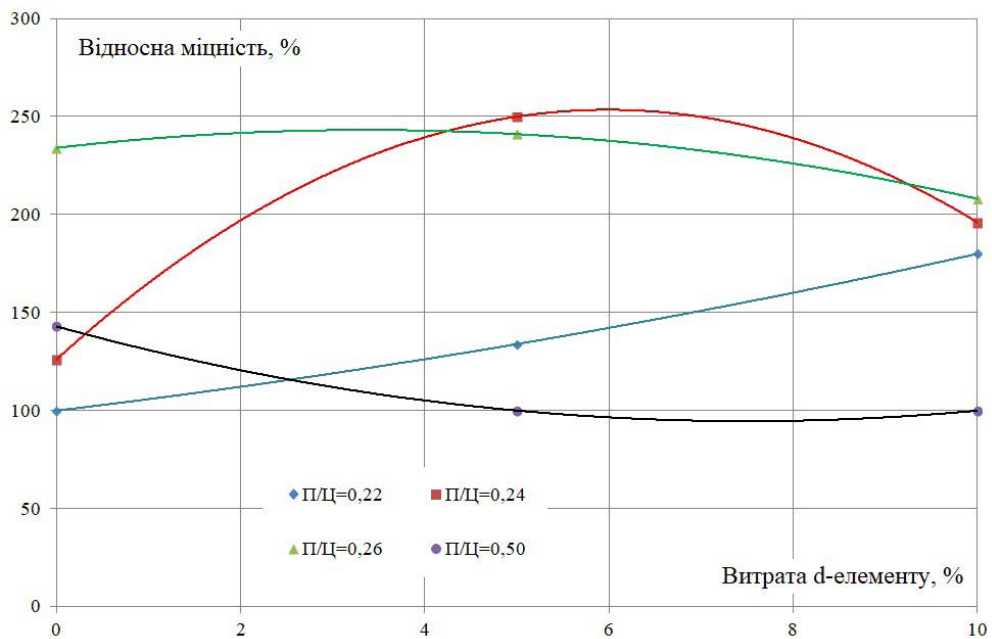


Рис. 4. Відносна міцність пінобетону при стиску (МПАР = 0,00022 %)

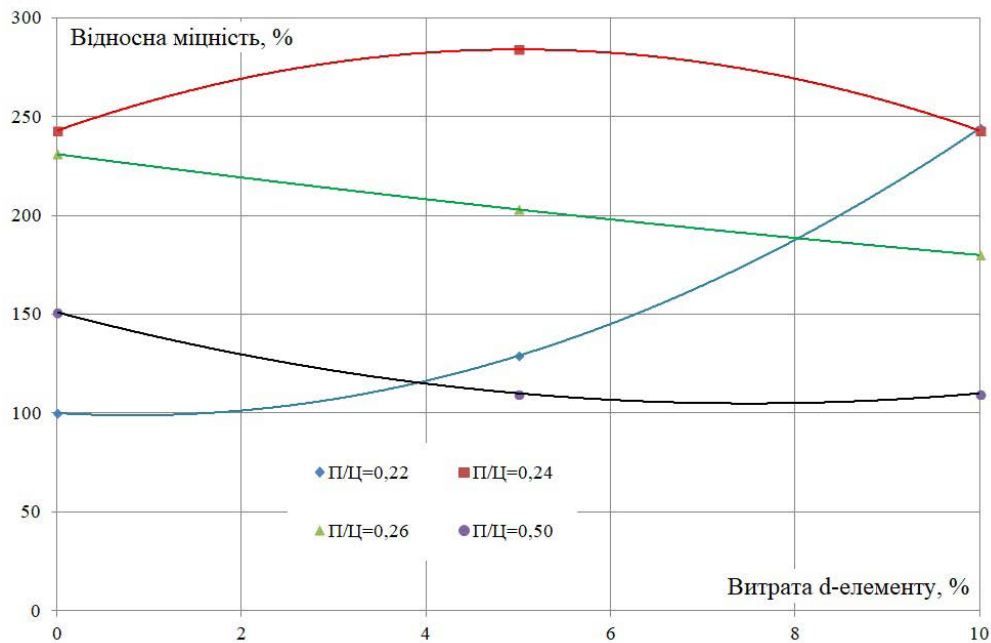


Рис. 5. Відносна міцність пінобетону при стиску (МПАР = 0,00024%)

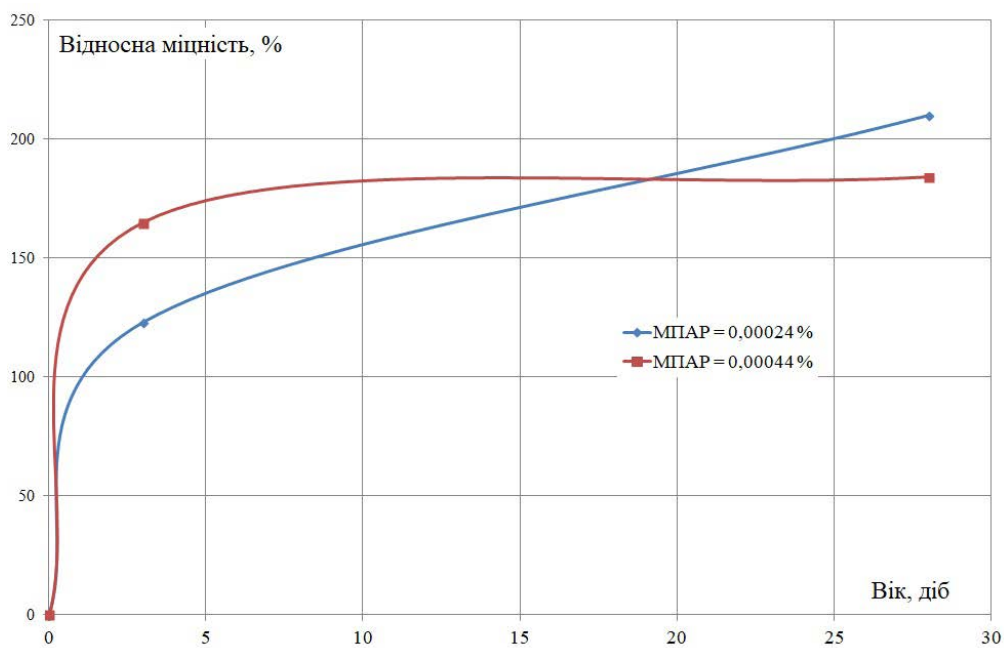


Рис. 6. Зміна міцності наномодифікованого пінобетону в часі

що містить дисперсну систему «сполука d-елементу – МПАР» у технології виготовлення пінобетону, що дасть змогу скороти-

ти терміни будівництва шляхом скорочення термінів виготовлення будівельних виробів і елементів будівельних конструкцій.

Література

- Каприелов С.С., Шейнфельд А.В., Кардумян Г.С. Новые модифицированные бетоны. Москва : Парадиз, 2010. 258 с.

2. Фролов А.В., Чумадова Л.И., Черкашин А.В., Акимов Л.И. Экономичность использования и влияние наноразмерных частиц на свойства легких высокопрочных бетонов. *Строительство уникальных зданий и сооружений*. 2014. № 19. С. 51–61.
3. Пономарев А.Н. Высококачественные бетоны. Анализ возможностей и практика использования методов. *Инженерно-строительный журнал*. 2009. № 6. С. 25–33.
4. Толстой А.Д., Лесовик В.С., Загороднюк Л.Х., Ковалева И.А. Порошковые бетоны с применением техногенного сырья. *Вісник МГСУ*. 2015. № 11. С. 101–109.
5. Шишкіна О.О., Шишкін О.О. Дослідження впливу нанокаталізу на формування міцності реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 1/6 (79). С. 55–60.
6. Шишкіна О.О. Дослідження впливу поверхнево-активних речовин, що утворюють міцели, на міцність ніздрюватого реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/6 (80). С. 66–70.
7. Shishkina A., Shishkin A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634. S. 917–921.
8. Шишкіна А.А. Пенобетоны повышенной прочности. *Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка*. 2009. № 1(31). С. 38–41.
9. Барабаш И.В., Ксьоншкевич Л.М., Крантовська О.М. Високоміцні бетони на механоактивованому в'язучому. *Збірник наукових праць УкрДАЗТ*. 2014. № 149. С. 130–136.
10. Батраков, В.Г., Каприелов С.С., Иванов Ф.М., Шейнфельд А.В. Оценка ультрадисперсных отходов металлургических производств как добавок в бетон. *Бетон и железобетон*. 1990. № 12. С. 15–17.
11. Баженов, Ю.М. Технология бетона. Москва : АВС, 2003. 500 с.
12. Рунова, Р.Ф., Руденко И.И., Троян В.В., Товстониц В.В., Щербина С.П., Пашина Л.Д. Формирование структуры высокопрочных бетонов. *Будівельні матеріали, виробу та санітарна техніка*. 2008. № 29. С. 91–97.
13. Морозов Н.М., Боровских И.В. Влияние метакаолина на свойства цементных систем. *Известия КГАСУ*. 2015. № 3(33). С. 127–132.
14. Шишкін О.О. Дослідження впливу сполук перехідних елементів на міцелярний каталіз формування міцності реакційного порошкового бетону. *Восточно-европейский журнал передовых технологий*. 2016. № 2/6 (80). С. 60–65.
15. Шишкіна О.О. Вплив сполук заліза на властивості пінобетону. *Вісник ДонНАБА*. 2012-1(93), 2012. С. 89–93.
16. Иващенко Ю.Г., Мухамбеткалиев К.К., Тимохин Д.К. Эффективные глиноцементные композиции, модифицированные органическими добавками. *Вестник СГТУ*. 2014. № 4 (77). С. 199–204.
17. Дудина С.Н. Сорбция из растворов ионов Fe³⁺ и Ni²⁺ природными и активированными глинами. *Научные ведомости*. 2010. № 9(80). С. 131–136.

References

1. Kaprielov S.S., Sheynfeld A.V., Kardumyan G.S. Novyye modifitsirovannyye betonyi. Moskva: Paradiz, 2010. 258 s.
2. Frolov A.V., Chumadova L.I., Cherkashin A.V., Akimov L.I. Ekonomichnost ispolzovaniya i vliyanie nanorazmernih chastits na svoystva legkih vyisokoprochnyih betonov. *Stroitelstvo unikalnyih zdaniy i sooruzheniy*. 2014. № 19. 51–61.
3. Ponomarev A.N. Vyisokokachestvennyie betonyi. Analiz vozmozhnostey i praktika ispolzovaniya metodov. *Inzhenerno-stroitelnyiy zhurnal*. 2009. № 6. 25–33.
4. Tolstoy A.D., Lesovik B.C., Zagorodnyuk L.H., Kovaleva I.A. Poroshkovyye betonyi s primeneniem tehnogenogo syr'ya. *Visnik MGSU*. 2015. № 11. 101–109.
5. Shishkina O.O., Shishkin O.O. Doslidzhennya vplivu nanokatalizu na formuvannya mitsnostI reaktsiynogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy*. 2016. № 1/6 (79). S. 55–60.
6. Shishkina O.O. Doslidzhennya vplivu poverhnevo-aktivnih rechovin, scho utvoryuyut mitseli, na mitsnist nizdryuvatogo reaktsiynogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tehnologiy*. 2016. № 2/6 (80). 66–70.
7. Shishkina A., Shishkin A., Vatin N. Low-shrinkage alcohol cement concrete. *Applied Mechanics and Materials*. 2014. Vol. 633–634. S. 917–921.
8. Shishkina A.A. Penobetoniyi povyishennoy prochnosti. *Budivelni materialy, virobi ta sanitarna tehnik*. 2009. № 1(31). 38–41.
9. Barabash I.V., Ksonshkevich L.M., Krantovska O.M. Visokomitsni betoni na mehanoaktivovanomu v'yazhuchomu. *Zbirnik naukovih prats UkrDAZT*. 2014. № 149. 130–136.
10. Batrakov, V.G., Kaprielov S.S., Ivanov F.M., Sheynfeld A.V. Otsenka ultradispersnyih othodov metallurgicheskikh proizvodstv kak dobavok v beton. *Beton i zhelezobeton*. 1990. № 12. 15–17.

11. Bazhenov, Yu.M. Tehnologiya betona. Moskva : AVS, 2003. 500 s.
12. Runova, R.F., Rudenko I.I., Troyan V.V., TovstonIs V.V., Scherbina S.P., Pashina L.D. Formirovanie strukturyi vyisokoprochnyih betonov. *Budivelni materiali, virobi ta sanitarna tehnika*. 2008. № 29. 91–97.
13. Morozov N.M., Borovskih I.V. Vliyanie metakaolina na svoystva tsementnyih sistem. *Izvestiya KGASU*. 2015. № 3(33). 127–132.
14. Shishkin O.O. Doslidzhennya vplivu spoluk perehidnih elementiv na mitselyarniy kataliz formuvannya mitsnosti reaktivnogo poroshkovogo betonu. *Vostochno-evropeyskiy zhurnal peredovyih tekhologiy*. 2016. № 2/6 (80). 60–65.
15. Shishkina A.A. Vpliv spoluk zaliza na vlastivosti pinobetonu. *Visnik DonNABA*. 2012-1(93), 2012. 89–93.
16. Ivaschenko Yu.G., Muhambetkaliev K.K., Timohin D.K. Effektivnyie glinotsementnyie kompozitsii, modifitsirovannyie organicheskimi dobavkami. *Vestnik SGTU*. 2014. № 4(77). 199–204.
17. Dudina S.N. Sorbtsiya iz rastvorov ionov Fe^{3+} i Ni^{2+} prirodnyimi i aktivirovannyimi glinami. *Nauchnyie vedomosti*. 2010. № 9(80). 131–136.

APPLICATION OF THE COMPLEX NANMODIFIER IN FOAM CONCRETE TECHNOLOGY

Abstract. *In the work on the basis of the analysis of the literature data, the purpose of the research was determined to investigate the effect of nano-modifiers, namely compounds of d-elements, modified by a colloidal surfactant, on the magnitude of the foam strength and the speed of its formation. The basis of the research was the known results of studies, which are based on the fact that the chemical processes of hydration of Portland cement provide the formation of concrete compressive strength. Under certain conditions, increasing the rate of hydration of cement helps to increase the compressive strength of concrete. This is especially true of foam concrete. The effect of colloidal solutions consisting of a mixture of surfactant, which can form micelles, and nano-fillers - mineral additives-modifiers, was studied. A feature of the studies presented in the paper is the study of the simultaneous effect of micelles-forming surfactants and d-element compounds on the change in the strength of foam concrete. In the course of research it is established that the specified micellar surfactants and applied additives-modifiers change the character of the formation of the strength of the foam concrete, namely increase its value. The nature of the change in the strength of the foam under the influence of the surfactants and admixtures used depends on the amount of aggregate in the concrete. The conducted researches have established the peculiarities of influence on the compressive strength of nano-modifier foam concrete, which is a dispersed system of “d-element compound – colloidal surfactant”, depending on the type of mineral nano-modifier, its number and amount of colloidal surfactant in concrete due to catalysis, the mechanical strength of concrete is increased by 120–450% compared to concrete that does not contain a dispersed “d-element – colloidal surfactant” system. It has been proved that micellar catalysis can be used to control the processes of cement curing and the formation of the strength of artificial stone obtained in the process of cement hydration, using micelles filled with additives-modifiers thereby increasing the absolute amount of compressive strength of such concretes, in particular fine-grained 28.*

Key words: *foam concrete, micelles, surfactants, filler, strength, modifier.*

Shishkina O.O.

Candidate of Technical Sciences, Associate Professor at the Department of Technology of Building Products, Materials and Structures,
Kryvyi Rih National University, Kryvyi Rih, Dnipropetrovsk region