



УДК 666.973+691.327.32



ПУШКАРЕВА К.К.

Д-р технічних наук, проф.,
Київський національний
університет будівництва та
архітектури,
м. Київ, Україна,
e-mail: pushkarova56@gmail.com,
тел.: +38 (067) 174-68-06,
ORCID: 0000-0001-7640-8625



КАВЕРИН К.О.

Асист., Київський національний
університет будівництва та
архітектури,
м. Київ, Україна,
e-mail: 1krik.1k1@gmail.com,
тел.: +38 (095) 119-18-08,
ORCID: 0000-0001-9086-5953

ВПЛИВ ОРГАНО-КРЕМНЕЗЕМИСТОЇ ДОБАВКИ НА РЕОЛОГІЧНІ ТА ТЕХНОЛОГІЧНІ ВЛАСТИВОСТІ КЕРАМЗИТОБЕТОННИХ СУМІШЕЙ

АНОТАЦІЯ

Проблема зниження маси будівель для високоповерхового будівництва продовжує залишатися актуальною, особливо в сучасних умовах, оскільки широкого розповсюдження в будівництві набули каркасно-монолітні конструкції, що через підвищену масу не дозволяють у повній мірі реалізувати всі переваги каркасно-монолітної технології. Практичним способом вирішення цієї проблеми є розроблення і використання високоміцних легких бетонів, особливо керамзитобетонів.

У статті наведено результати дослідження фізико-механічних і реологічних властивостей високоміцного легкого керамзитобетону на основі портландцементу, модифікованого комплексними органо-кремнеземистими добавками. Встановлено, що використання зазначених добавок сприяє не тільки підвищенню міцності бетону, але й збільшенню рухливості при однаковій водопотребі, дозволяє подовжити тривалість збереження життєздатності, зменшити водовідділення і розшарування, а також підвищити ступінь однорідності бетонної суміші. Ці властивості матеріалу досліджували з метою його використання у монолітному будівництві.

КЛЮЧОВІ СЛОВА: високоміцний легкий керамзитобетон, міцність при стиску, легкоукладальність, життєздатність, комплексна органо-кремнеземиста добавка.

ВЛИЯНИЕ ОРГАНО-КРЕМНЕЗЕМИСТОЙ ДОБАВКИ НА РЕОЛОГИЧЕСКИЕ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КЕРАМЗИТОБЕТОННЫХ СМЕСЕЙ

ПУШКАРЕВА Е.К. Д-р технических наук, проф.,
Киевский национальный университет строитель-
ства и архитектуры,

г. Киев, Украина,
e-mail: pushkarova56@gmail.com,
тел.: +38 (067) 174-68-06,
ORCID: 0000-0001-7640-8625

КАВЕРИН К.А. Ассистент, Киевский националь-
ный университет строительства и архитектуры,
г. Киев, Украина,
e-mail: 1krik.1k1@gmail.com,
тел.: +38 (095) 119-18-08,
ORCID: 0000-0001-9086-5953

АННОТАЦИЯ

Проблема снижения массы зданий для высотного строительства продолжает оставаться актуальной, особенно в современных условиях, поскольку широкое распространение в строительстве получили каркасно-монолитные конструкции, которые из-за повышенной массы не позволяют в полной мере реализовать все преимущества каркасно-монолитной технологии. Практичным способом решения этой проблемы является разработка и использование высокопрочных легких бетонов, особенно керамзитобетонов.

В статье приведены результаты исследования физико-механических и реологических свойств высокопрочного легкого керамзитобетона на основе портландцемента, модифицированного комплексными органо-кремнеземистыми добавками. Установлено, что использование указанных добавок способствуют не только повышению прочности бетона, но и увеличивают подвижность при одинаковой водопотребности; позволяют увеличить продолжительность сохранения жизнеспособности, уменьшают водоотделение и расслоение, а также повышают степень однородности бетонной смеси. Данные свойства материала исследовали с целью его использования в монолитном строительстве.

КЛЮЧЕВЫЕ СЛОВА: высокопрочный легкий керамзитобетон, прочность при сжатии, удобо-



укладываемость, жизнеспособность, комплексная органо-кремнеземистая добавка.

INFLUENCE OF ORGANO-SILICA ADDITIVE ON REOLOGICAL AND TECHNOLOGICAL PROPERTIES OF LECA CONCRETE MIXTURES

PUSHKAROVA K.K. Dr., Prof., Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine,

e-mail: pushkarova56@gmail.com,

tel.: +38 (067) 174-68-06,

ORCID: 0000-0001-7640-8625

KAVERUN K.A. Ass., Kyiv National University of Construction and Architecture, Kyiv, Ukraine,

e-mail: 1krik.1k1@gmail.com,

tel.: +38 (095) 119-18-08,

ORCID: 0000-0001-9086-5953

ABSTRACT

The problem of reducing the mass of buildings for high-rise construction is still relevant, especially in modern conditions. Due to the fact the wide distribution in modern construction has received frame-monolithic structures, it makes difficult to fully fulfill realize all the advantages of frame-monolithic technology. Practical solution for this problem is development and use of high-strength lightweight concretes, especially with expanded clay aggregate.

This paper presents the mix designs of high-strength lightweight expanded clay aggregate concrete and the results of the study of physical-mechanical and rheological properties of lightweight expanded clay aggregate concrete, based on portlandcement, modified by complex of organo-silica additives, and found that the use of such additives not only contributes to increased strength concrete, but also increases the workability at the same water demand, allows to postpone the slump loss moment, reduce bleeding and segregation, and also increase homogeneity of fresh concrete. The properties of material was studied in the context of using it in cast-in-situ construction.

KEY WORDS: lightweight high-strength concrete, compressive strength, ease of laying, viability, complex of organo-silica additives.

ВСТУП

Протягом останніх двадцяти років [1] у світі спостерігається тенденція зростання застосування бетону з підвищеними показниками міцності. В умовах виготовлення технологічно складних монолітних конструкцій постає питання застосування ефективних легких, високоміцних та литих сумішей, використання яких є одним із ефективних рішень у сучасній будівельній промисловості. Отримання литих бетонних сумішей високої однорідності, життєздатності та високоміцних бетонів на їх основі неможливе без використання добавок поліфункціональної дії. Одним із таких прикладів є комплексні добавки на основі

суперпластифікаторів та високодисперсних добавок, таких як мікрокремнезем [2, 3].

Однак, завадою широкому використанню таких комплексів у будівництві є висока вартість високодисперсних добавок, подібних до мікро- та нано-кремнезему. В той же час, використання тонко-мелених кремнеземистих добавок природного походження має широкі перспективи застосування в Україні [4].

ПОСТАНОВКА ЗАВДАННЯ

Зниження маси будівель для багатоповерхового будівництва продовжує залишатися актуальною проблемою, особливо в сучасних умовах, коли широкого розповсюдження набули монолітні перекриття, що через підвищену масу не дозволяють повною мірою реалізувати всі переваги монолітного каркаса [2]. Практичним способом вирішення цієї проблеми є розроблення та використання високоміцних легких керамзитобетонів. Основна мета даної роботи полягає в оптимізації складів високоміцних легких бетонних сумішей на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, та отримання на їх основі високоміцних легких бетонів, що відрізняються необхідними технологічними показниками.

СИРОВИННІ МАТЕРІАЛИ ТА МЕТОДИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Як вихідні сировинні матеріали в дослідженнях використовували портландцемент ПЦ І-500Р, керамзитовий гравій фракції 5 - 10 мм ТОВ «Хмельницький завод керамзитового гравію» насипною густиною 630 кг/м³ і міцністю при стиску в циліндрі 3,03 МПа, що відповідає марці П125, пісок Дніпровський кварцовий з модулем крупності $M_k=1,28$, полікарбоксилатний суперпластифікатор на основі поліетиленгліколю з молекулярною масою 1000, що в своєму складі має поліакриламід, та кремнеземисту добавку на основі меленого трепелу Копляньського родовища з питомою поверхнею 21300 см²/г. Дослідження проводили з використанням комплексу фізико-механічних методів досліджень відповідно до чинних національних стандартів України [5 - 6].

РЕЗУЛЬТАТИ ДОСЛІДЖЕНЬ

Відомо, що ефективність використання як мінеральних, так і органічних добавок залежить від складності структури штучного каменю. Порівняння властивостей модифікованих цементних композицій з різним ступенем складності структури (табл. 1) дозволяє зафіксувати зниження міцності при переході від цементного каменю до легкого бетону, що пояснюється збільшенням неоднорідності структури та зміною співвідношення «в'язуча речовина – заповнювач».

Як показали результати проведених досліджень, ефективність дії комплексної добавки залежить від ступеня складності структури штучного конгломерату: для цементного каменю підвищення



Таблиця 1. Кінетика зміни міцності при стиску цементного тіста, цементно-піщаного розчину та керамзитобетону на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою

Вид штучного каменю	Наявність добавок у складі цементних композицій	Міцність, штучного каменю при стиску, МПа, після твердіння, діб	
		28	365
цементний камінь (матриця)	без добавок	56,1	79,5
	з комплексною органо-кремнеземистою добавкою	101,1	121,9
цементно-піщаний розчин	без добавок	52,1	59,3
	з комплексною органо-кремнеземистою добавкою	80,4	94,7
керамзитобетон	без добавок	22,9	27,6
	з комплексною органо-кремнеземистою добавкою	38,2	44,2

міцності на 28 добу становить 80%; для бетону — 66,8% порівняно з міцністю контрольних складів. Модифікація портландцементних в'язучих систем комплексною органо-кремнеземистою добавкою, що містить полікарбоксилатний суперпластифікатор [7, 8, 10, 11] (1,5%) та мелений трепел Коно-

плянського родовища (10%), сприяє більш інтенсивному формуванню гідратних новоутворень, представлених переважно низькоосновними гідросилікатами кальцію, плазолітом та гідрогранатами (рис. 1), що армують цементний камінь, зміцнюючи при цьому його структуру та покращуючи зчеплення з заповнювачем, що є однією з передумов отримання довговічного легкого бетону з підвищеними експлуатаційними характеристиками [7, 8].

Підбір і оптимізацію складу досліджених бетонів виконано з урахуванням результатів попередніх досліджень щодо

модифікації портландцементної матриці органо-кремнеземистими добавками [9 - 13].

Для дослідження були використані легкі бетони, складі яких наведено у табл. 2.

Так, введення комплексної добавки на основі полікарбоксилатного суперпластифікатора в

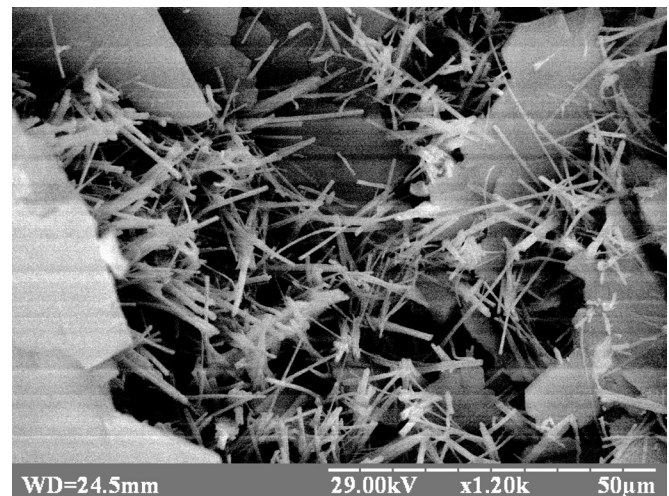
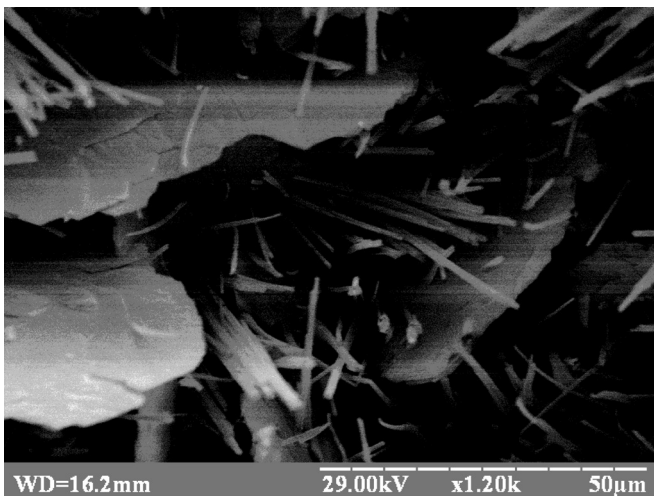
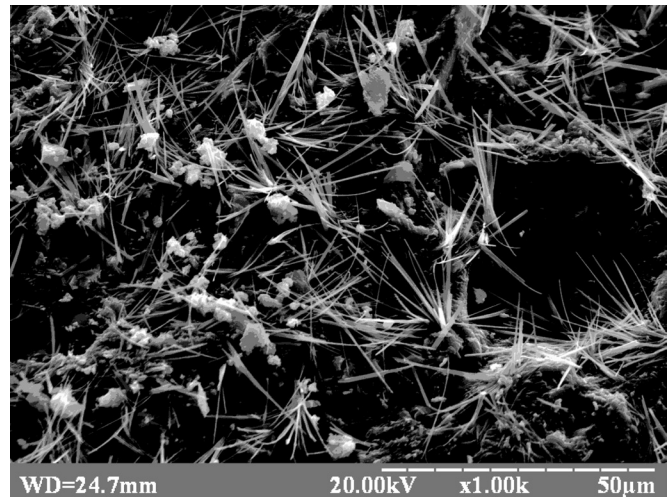
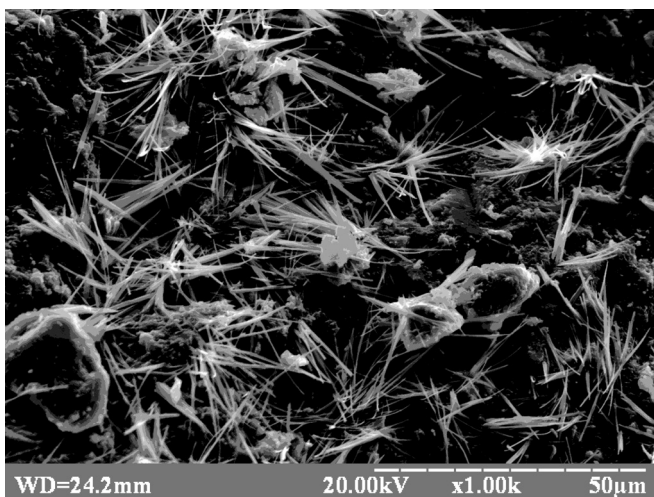


Рис. 1. Мікроструктура цементного каменю (х 1000 - 1200), модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, що містить полікарбоксилатний суперпластифікатор і мелений трепел Коноплянського родовища після 28 (а, б) та 365 (в, г) діб твердіння



Таблиця 2. Зміна міцності при стиску зразків керамзитобетону у часі

№ складу	Склад керамзитобетонної суміші, кг/м ³					водоцементне відношення	Міцність бетону при стиску, МПа, після твердіння, діб					Середня густина бетону, кг/м ³
	портландцемент, кг	пісок кварцовий, кг	керамзитовий гравій, кг	суперпластифі- катор, кг	трепел, кг		3	7	28	180	365	
1	330	940	410	-	-	0,45	14,8	16,5	22,9	25,6	27,6	1853
2	330	940	410	4,95	-	0,45	22,7	26,1	34,9	35,8	37,4	1858
3	300	940	410	4,5	33	0,45	29,8	34,1	38,2	40,5	44,2	1859

кількості 1,5% та меленого трепелу в кількості 10% до складу в'язучих речовин забезпечує більш рівномірний набір міцності при стиску керамзитобетонів як на ранніх термінах твердіння, так і у більш пізні.

Враховуючи існуючі особливості монолітного бетонування, де важливим параметром є легкоукладальність та збереження життєздатності керамзитобетонної суміші у часі, постає питання перевірки впливу запропонованої комплексної органо-кремнеземистої добавки на дані властивості.

Легкоукладальність керамзитобетонних сумішей визначали згідно з [9, 15, 16]. Випробування легкоукладальності проводили на конусі стандартного розміру, бетонну суміш перемішували у змішувачі примусової дії. Життєздатність сумішей оцінювали таким чином, щоб отримати фактичні результати легкоукладальності керамзитобетонної суміші при однаковому значенні водоцементного відношення та при однаковій кількості в'язучої речовини.

Для дослідження були вибрані керамзи-тобетонні суміші (табл. 3) при витраті портландцементу – 300–330 кг/м³ та водоцементне відношення — 0,45. Склад № 1 — це контрольний, який містить керамзитовий гравій марки 600. Склад № 2 — склад порівняння, який містить модифікуючу добавку в кількості 1,5% від маси цементу. Склад № 3 — розроблений склад, що містить органо-кремнеземисту добавку на основі полікарбоксилатного суперпластифікатора в кількості 1,5% та тонкомеленого трепелу в кількості 10% від маси цементу, відповідно.

За результатами визначення легко-

укладальності керамзитобетонних сумішей, можна відмітити, що контрольний склад (склад №1), що не містив хімічної добавки, мав марку за легкоукладальністю S1(P1).

Однією з важливих вимог, що висувається до керамзитобетонних сумішей, є збереження легкоукладальності у часі, тобто показник життєздатності суміші. Для дослідження були

обрані склади, що наведені у табл. 2, оскільки за заданими параметрами керамзитобетонна суміш має відповідати марці за легкоукладальністю – S4(P4). Склади бетонних сумішей та результати випробувань представлено у табл. 3.

Згідно даних, представлених у табл. 3, можна відмітити, що введення як суперпластифікатора, так і на його основі комплексної органо-кремнеземистої добавки, при однаковому водоцементному відношенні, забезпечує пластифікуючий ефект. При цьому марка бетонної суміші за легкоукладальністю збільшується від S1(P1) до S4(P4), порівняно з контрольним складом. Водоцементне відношення для всіх складів бетонних сумішей було однаковим і становило 0,45.

Відповідно до представлених у табл. 3 даних, можна зазначити, що комплексна органо-кремнеземиста добавка забезпечує показник збереження легкоукладальності не менше 16 см протягом трьох годин. Слід відмітити, що використання комплексної добавки забезпечує аналогічну легкоукладальність керамзитобетонної суміші, порівняно зі складами, що містять лише добавку полікарбоксилатного суперпластифікатора та меншу витрату портландцементу.

Таблиця 3. Життєздатність керамзитобетонних сумішей

№ складу	Склад керамзитобетонної суміші, кг/м ³					Осадка конуса у часі, см					водоцементне відношення
	портландцемент	пісок кварцовий	керамзитовий гравій	суперпластифі- катор	трепел	після періоду витримування, год.					
						0	1	2	3	4	
1	330	940	410	-	-	3	-	-	-	-	0,45
2	330	940	410	4,95	-	20	19	17,5	16,5	14	0,45
3	300	940	410	4,5	33	18,5	18	17	16	13	0,45



Таким чином, життєздатність керамзитобетонних сумішей, що модифіковані комплексною органо-кремнеземистою добавкою, складає три години без втрати її марки за легкоукладальністю [16, 17].

Використання комплексної органо-кремнеземистої добавки дозволяє створювати пластичні легкоукладальні керамзитобетонні суміші при збереженні їх високої однорідності. Це дає змогу покращити реологічні та технологічні характеристики керамзитобетону, та, як наслідок, підвищити надійність, довговічність виготовлених конструкцій. Однорідність бетонних сумішей досліджували шляхом визначення показника розшарування.

Результати проведених досліджень свідчать, що розшарування керамзитобетонних сумішей, модифікованих полікарбоксилатним суперпластифікатором, становило не більше 3%, а для керамзитобетонних сумішей з комплексною органо-кремнеземистою добавкою — (1,7 - 2,5)%, що знаходиться в межах допустимих значень відповідно до вимог [17, 18].

Розроблений склад керамзитобетону на основі портландцементу, модифікованого комплексною органо-кремнеземистою добавкою, в умовах приватного підприємства "Будіндустрія-1" було застосовано для випуску дослідної партії товарного керамзитобетону загальним об'ємом 120 м³, що було використано при будівництві житлового комплексу "Атлант 2" за адресою: м. Київ, вул. Пономарьова, 26. Економічний ефект від впровадження розробленого складу бетону склав 90,25 грн. за 1 м³ готової продукції, що свідчить про його високу ефективність і функціональність у монолітному будівництві.

ВИСНОВКИ

Використання органо-кремнеземистої добавки, що складається з полікарбоксилатного суперпластифікатора та меленого трепелу в оптимальних співвідношеннях забезпечує досягнення заданого комплексу реологічних і технологічних властивостей керамзитобетонних сумішей, що потрібні для виконання монолітного бетонування. Використання такої комплексної добавки дозволяє покращити властивості керамзитобетонної суміші (збільшити рухливість при однаковій водопотребі, подовжити тривалість збереження життєздатності, зменшити водовідділення і розшарування, а також підвищити ступінь однорідності бетонної суміші). Всі ці параметри є основними складовими при формуванні якісної структури високоміцного керамзитобетону.

БІБЛІОГРАФІЧНИЙ СПИСОК

1. Батраков В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика / В.Г. Батраков. – М., 1998. – 768 с.
2. Баженов Ю.М. Модифицированные высококачественные бетоны / Ю.М. Баженов, В.С. Демьянова, В.И. Калашников. – М.: АСВ, 2006. – 380 с.

3. Дворкин Л.И. Цементные бетоны с минеральными наполнителями / Л.И. Дворкин, В.Н. Выровой и др. – Киев: Будівельник, 1991. – 136 с.
4. Ризван С.А. Роль минеральных добавок в высококачественных цементных системах / С.А. Ризван, Т.А. Байер // Бетон и железобетон - пути развития: науч. тр. II Всероссийской (Международной) конф. по бетону и железобетону. – М.: Дипак, 2005. – Т.3. – С. 727 - 732.
5. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN 206-1:2000, NEQ). – [Чинний від 2010-04-01]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 109 с. – (Національний стандарт України).
6. Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності за контрольними зразками: ДСТУ Б В.2.7-214:2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 36 с. – (Національний стандарт України).
7. Пушкарьова К.К. Вплив органо-мінеральних добавок на реологічні властивості цементних композицій та їхні фізико-механічні характеристики / Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Каверин К.О. // Зб. наукових пр. Українського держ. ун-ту залізничного транспорту. — Харків, 2015. – Вип. 155. – С. 124-128.
8. Pushkarova K.K. Research of high-strength cement compositions modified by complex organic-silica additives / K.K. Pushkarova, K.O. Kaverin, D.O. Kalantaevsky // Eastern-European J. of Enterprise Technologies. - 2015. - Vol. 5. - Iss. 5 (77). - P. 42-51.
9. Будівельні матеріали. Бетони. Правила підбору складу: ДСТУ Б В.2.7-215:2009. – [Чинний від 2009-12-22]. – Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. – 14 с. – (Національний стандарт України).
10. Пушкарьова К.К. Дослідження впливу органо-кремнеземистих добавок на міцність цементних композицій / К.К. Пушкарьова, К.О. Каверин // Вісн. Одеської держ. акад. буд-ва та архітектури. – 2014. – № 57. – С. 371-379.
11. Пушкарьова К.К. Дослідження сумісності дії складових органо-кремнеземистої добавки та їх вплив на процеси структуроутворення цементного каменю / Пушкарьова К.К., Каверин К.О. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наукових пр. – Рівне. - 2015. - Вип. № 31. — С. 322-329.
12. Пушкарьова К.К. Особливості модифікації цементної матриці для отримання високоміцних легких керамзитобетонів / Пушкарьова К.К., Гончар О.А., Каверин К.О. // Буд. матеріали, виробы та санітарна техніка: зб. наукових пр. – Київ, 2014. - № 52. – 2014. – С. 43-48.
13. Каверин К.О. Високоміцні легкі керамзитобетони, модифіковані полікарбоксилатними суперпластифікаторами / Каверин К.О. // Буд. матеріали, виробы та санітарна техніка: зб. наукових пр. - Київ, 2015. - № 56 — С. 47-54.



14. Пушкарьова К.К. Використання високоміцних керамзитобетонів в каркасно-монолітному буд-ві / Пушкарьова К.К., Каверин К.О. // Ресурсоекономічні матеріали, конструкції, будівлі та споруди: зб. наукових пр. – Рівне, 2016. - Вип. № 33. — С. 75-83.
15. Дворкін Л.Й. Випробування бетонів і будівельних розчинів. Проектування їх складів: навчальний посіб. / Дворкін Л.Й., Гоц В.І., Дворкін О.Л. — Київ: Основа, 2014. — 304 с.
16. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Методи випробувань: ДСТУ Б В.2.7-114-2002. — [Чинний від 2002-07-01]. — Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2002. — 28 с. — (Національний стандарт України).
17. Будівельні матеріали. Суміші бетонні. Технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-96-2000 (ГОСТ 7473-94). — [Чинний від 2000-02-23]. — Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2000. — 16 с. — (Національний стандарт України).
18. Будівельні матеріали. Суміші бетонні та бетон. Загальні технічні умови: ДСТУ Б В.2.7-176:2008 (EN 206-1:2000, NEQ). — [Чинний від 2010-04-01]. — Київ: ДП «Укрархбудінформ», 2010. — 109 с. — (Національний стандарт України).

REFERENCES

1. Batrakov, V.G. (1998). Modified concrete. Theory and practice. Moscow.
2. Bazhenov, Yu.M., Demyanova, V.S., & Kalashnikov, V.I. (2006). Modified high-quality concrete. Moscow: ASB.
3. Dvorkin, L.I., & Virovay, V.N. (1991). Cement Concretes with Mineral Fillers. Kyiv: Budivelnik.
4. Rizvan, S.A., & Bayer, T.A. (2005). The role of mineral additives in high-quality cement systems. Concrete and Reinforced Concrete - the Way of Development. II All-Russia (International) Conf. for concrete and reinforced concrete, 3, pp.727 - 732. Moscow: Deepak.
5. Building materials. Concrete mixes and concrete. General technical conditions: DSTU B V.2.7-176: 2008 (EN 206-1: 2000, NEQ). (2010). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
6. Building materials. Concrete methods for determining the strength according to control samples: DSTU B V.2.7-214:2009. (2009). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
7. Pushkarova, K.K., Honchar, O.A., & Kaverin, K.O. (2015). Influence of organo-mineral additions on the rheological properties of cement compositions and their physical and mechanical characteristics. Col. of scientific works of Ukrainian State Univ. of Railway Transport, 155, 124-128.
8. Pushkarova, K.K., Kaverin, K.O., & Kalantaievskiy, D.O. (2015). Researches of high-strength cement compositions modified by complex organic-silica additives. Eastern-European J. of Enterprise Technologies, 5 (77), 42-51.
9. Building materials. Concrete Rules for selecting the composition: DSTU B V.2.7-215: 2009. (2009). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
10. Pushkarova, K.K., & Kaverin, K.O. (2014). Investigation of the influence of organosilicate additives on the strength of cement compositions. Her. Odessa State Acad. of Civil Engineering and Architecture, 57, 371-379.
11. Pushkarova, K.K., & Kaverin, K.O. (2015). Investigation of compatibility of the components of organo-silica additive and their influence on the processes of cement stone. Resource-efficient materials, constructions, buildings and structures: Col. of scientific papers, 31, 322-329.
12. Pushkarova, K.K., Gonchar, O.A., & Kaverin, K.O. (2014). Features of the modification of the cement matrix for the production of high-strength lightweight concrete. Building materials, products and sanitary equipment: Col. of scientific papers, 52, 43-48.
13. Kaverin, K.O. (2015). High-strength lightweight clay concrete modified with polycarboxylate superplasticizers. Building materials, products and sanitary equipment: Col. of scientific papers, 56, 47-54.
14. Pushkarova, K.K., & Kaverin, K.O. (2016). Use of high-strength lightweight concrete in frame-monolithic construction. Resource-efficient materials, constructions, buildings and structures: Col. of scientific papers, 33, 75-83.
15. Dvorkin, L.Y., Gots, V.I., & Dvorkin, O.L. (2014). Concrete and mortar tests. Designing their compositions: tutorial. Kyiv: Osнова.
16. Building materials. Concrete mixes. Test methods: DSTU B V.2.7-114-2002. (2002). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
17. Building materials. Concrete mixes. Specifications: DSTU B V.2.7-96-2000 (GOST 7473-94). (2000). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".
18. Building materials. Concrete mixes and concrete. General technical conditions: DSTU B V.2.7-176: 2008 (EN 206-1: 2000, NEQ). (2010). Kyiv: SE "Ukrarkhbudinform".

Стаття надійшла до редакції 18.09.2017 р.