



Каверин К. О.



Анопко Д. В.



Левківський Д. В.

Каверин К. О., к. т. н., доц.,
Кафедра будівельних матеріалів,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна,
✉ kaveryn.ko@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 245 48 31
ORCID ID: 0000-0001-9086-5953

Анопко Д. В., к. т. н., доц.,
Кафедра будівельних матеріалів,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна,
✉ anopko.dv@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 245 48 31
ORCID ID: 0000-0002-2585-2512

Левківський Д. В., к. т. н., доц.,
Кафедра опору матеріалів,
Київський національний університет будівництва і архітектури,
Повітрофлотський проспект, 31, 03037, Київ, Україна,
✉ levkivskiy.dv@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 241-54-21
ORCID ID: 0000-0003-2964-1605

Kostiantyn Kaverin, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Professor,
Department of building materials,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, Ukraine, 03680,
✉ kaveryn.ko@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 245 48 31
ORCID ID: 0000-0001-9086-5953

Dmytro Anopko, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Professor,
Department of building materials,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, Ukraine, 03680,
✉ anopko.dv@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 245 48 31
ORCID ID: 0000-0002-2585-2512

Dmytro Levkivskiy, Cand. Sc. (Tech.), Ass. Professor,
Department of resistance materials,
Kyiv National University of Construction and Architecture,
Povitroflotsky ave., 31, Kyiv, Ukraine, 03680,
✉ levkivskiy.dv@knuba.edu.ua ☎ +38 (044) 241-54-21
ORCID ID: 0000-0003-2964-1605

СУЧАСНІ ВИСОКОТЕХНОЛОГІЧНІ БЕТОНИ НА ОСНОВІ ЕФІРІВ ПОЛІКАРБОКСИЛАТІВ ДЛЯ ЗАХИСТУ ЕНЕРГЕТИЧНИХ ОБ'ЄКТІВ УКРАЇНИ

MODERN HIGH-TECH CONCRETES BASED ON POLYCARBOXYLATE ESTERS FOR THE PROTECTION OF ENERGY FACILITIES IN UKRAINE

Анотація. Застосування хімічних добавок на основі ефірів полікарбоксилатів є ефективним засобом регулювання реологічних властивостей бетонних сумішей, модифікування структури цементного каменю в бетоні та самого бетону, а отже, покращення його фізико-механічних характеристик та гарантування довговічності.

Отримання високофункціональних бетонів досягається за рахунок виконання багатьох вимог, що впливають із фізичних основ структуроутворення бетону, а саме: використання високоміцних цементів та заповнювачів, застосування максимально низького водоцементного співвідношення. Використання модифікаторів забезпечує ефективність укладання бетону, розпалубку монолітних споруд у якнайкоротші терміни за достатньої якості останніх, виготовлення тонкостінних густоармованих конструкцій підвищеної міцності, можливість проведення будівельних робіт як у зимових, так і в сухих спекотних умовах.

Під терміном „високотехнологічні” бетони об'єднані багатокомпонентні бетони з високими експлуатаційними властивостями, міцністю, довговічністю, низькими коефіцієнтом дифузії і стиратністю, надійними захисними властивостями по відношенню до сталеві арматури, високою хімічною стійкістю.

Мета роботи — одержання бетону заданого класу з високими показниками ранньої міцності, середньої густини та стійкості затверділого бетону до агресивних чинників, що забезпечується якістю використаного цементу та введенням хімічних добавок.

Висновки. Розроблена ціла гама спеціалізованих високофункціональних бетонів з суперпластифікаторами нової генерації на основі ефірів полікарбоксилатів та повітрявтягуючих добавок, причому за рахунок регулювання співвідношення стеричного фактора та аніонної активності ефірів полікарбоксилатів у комплексі з високорозчинними електролітами, одержані високотехнологічні та литі бетонні суміші з тривалим часом збереження їх легкоукладальності, що гарантує отримання бетонів з підвищеною ранньою міцністю, високими експлуатаційними властивостями, в тому числі надійними захисними властивостями по відношенню до сталеві арматури та високою хімічною стійкістю.

Ключові слова: високотехнологічні бетони, самоущільнювальні бетони (Self-Compacting Concrete, SCC), високоміцні бетони (High-Strength Concrete, HSC), довговічність, енергетична інфраструктура.

Abstract. The use of chemical additives based on polycarboxylate esters is an effective means of regulating the rheological properties of concrete mixtures, modifying the structure of cement stone in concrete and the concrete itself, and therefore improving its physical and mechanical characteristics and guaranteeing durability.

Obtaining high-performance concrete is achieved by meeting many requirements arising from the physical foundations of concrete structure formation, namely: the use of high-strength cements and aggregates, the use of the lowest possible water-cement ratio. The use of modifiers ensures the efficiency of concrete laying, the formwork of monolithic structures in the shortest possible time with sufficient quality of the latter, the production of thin-walled thick-reinforced structures of increased strength, the possibility of carrying out construction work both in winter and in dry, hot conditions.

The term "high-tech" concrete includes multi-component concrete with high operational properties, strength, durability, low diffusion coefficient and abrasion, reliable protective properties in relation to steel reinforcement, high chemical resistance.

The purpose of the work is to obtain concrete of a given class with high indicators of early strength, average density and resistance of hardened concrete to aggressive factors, which is ensured by the quality of the cement used and the introduction of chemical additives.

Purpose of the article a whole range of specialized highly functional concretes with superplasticizers of the new generation based on polycarboxylate esters and air-entraining additives has been developed, and by adjusting the ratio of the steric factor and the anionic activity of polycarboxylate esters in a complex with highly soluble electrolytes, high-tech and cast concrete mixtures with a long-term preservation of their ease of work have been obtained, which guarantees obtaining concrete with increased early strength, high operational properties, including reliable protective properties in relation to steel reinforcement and high chemical resistance.

Key words: high-tech concrete, self-compacting concrete (SCC), high-strength concrete (HSC), durability, energy infrastructure.

Вступ

Враховуючи реалії війни на території України виникає гостра необхідність у побудові захисних укриттів для захисту об'єктів енергогенерації, згідно з розпорядженням Кабінету України № 825 від 19 травня 2022 року.

Для вирішення таких задач світовий досвід рекомендує використання високоефективних бетонів нової генерації (High Performance Concrete, HPC), до яких належать високоміцні бетони (High-Strength Concrete, HSC), фібробетони, бетони з реактивних порошків, самоущільнювальні бетони (Self-Compacting Concrete, SCC). Підставою для таких сучасних рішень є отримання високотехнологічних і легкоукладальних бетонних сумішей, що забезпечують швидкість побудови конструкцій, зменшують енергозатрати і в кінцевому підсумку отримання високоміцних композитів з підвищеною довговічністю.

Самоущільнювальні бетони (SCC) характеризуються здатністю щільно заповнювати форми, а також самостійно стравлювати повітря і тужавити під власною вагою без сегрегації складових частин. Такі бетони знайшли застосування як високоміцні бетони в продукції напружених балок, понтонів, під час будівництва мостів і тунелів; наливні безвібраційні бетони для виготовлення великих масивів, під час бетонування збірних резервуарів на очисних спорудах, для збірного залізобетону та монолітного будівництва.

Для сучасних високоміцних бетонів характерні такі вимоги: висока легкоукладальність бетонної суміші (від 1 години і більше), висока міцність на стиск (через 28 діб від 60 МПа і більше), висока морозостійкість (від F300 і більше) та корозійна стійкість, висока довговічність та низька здатність до стирання. Основними напрямками використання високоміцних бетонів є: висотне будівництво (промислове, багатоповерхове, особливо несучі опори, будівництво мостів і тунелів, енергетичне будівництво, побудова оболонки ядерних реакторів, масивні конструктиви), побудова бетонних доріг з підвищеною довговічністю, продукція великогабаритних збірних конструкцій.

Постановка проблеми

Виробництво високотехнологічних і високофункціональних бетонів сьогодні вимагає пошуку нових прогресивних технологій. Використання різноманітних в'язучих речовин, заповнювачів, добавок, а також технологічних прийомів дає змогу одержувати бетони з різноманітними властивостями. Це забезпечує можливість їх застосування під час зведення конструкцій і споруд широкого номенклатури і функціонального призначення. Враховуючи це, важливого значення набуває проблема збереження ефективності бетонної суміші у часі, а також підвищення ефективності способів її укладання. Застосування хімічних добавок на основі ефірів полікарбонатів є ефективним засобом регулювання реологічних властивостей бетонних сумішей, необхідного модифікування структури цементного каменю в бетоні та самого бетону, а отже, покращання його фізико-механічних характеристик і довговічності.

Аналіз останніх досліджень і публікацій

Отримання високофункціональних бетонів досягається за виконання багатьох вимог, що впливають із фізичних основ структуроутворення бетону: використання високоміцних цементів та заповнювачів, максимально низьким водоцементним співвідношенням, високою максимально допустимого витратою цементу, застосуванням суперпластифікаторів нової генерації і комплексних добавок, що сприяють ущільненню структури бетону, особливо ретельним перемішуванням та ущільненням бетон-

ної суміші, створенням найсприятливіших умов тверднення бетону. Введення суперпластифікаторів нової генерації особливо ефективно знижує витрату цементу, оскільки сприяє не тільки підвищенню рухливості та покращанню щільності бетонної суміші, але й при цьому зберігається постійною водопотреба за високої витрати цементу, тобто у цьому випадку не потрібна додаткова витрата цементу для компенсації підвищеної в'язкості бетонної суміші.

Використання модифікаторів забезпечує ефективність вкладання бетону, розпалубку монолітних споруд у якнайкоротші терміни за достатньої якості останніх, виготовлення тонкостінних густоармованих конструкцій підвищеної міцності, можливість проведення будівельних робіт як у зимових, так і в сухих спекотних умовах [2, 3]. При цьому бетон розглядається як композиційний матеріал із заданими параметрами, які потрібні для ведення монолітного бетонування та забезпечення довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій. Така композиційна система містить, крім традиційних складових, таких як цемент, заповнювачі, вода і модифікатори — поверхнево-активні речовини (ПАР), електроліти та мінеральні добавки різних класів. Ефективність хімічних добавок нерозривно пов'язана з різними чинниками, такими як вид добавки, тип цементу і його мінералогічний склад, вміст добавки та точність дозування, наявність інших добавок, кількість води в суміші і водоцементне відношення, зерновий склад і вид заповнювача, температура доквілля, час перемішування, момент і спосіб введення добавки [4, 5].

При цьому одним з основних напрямків випробувань добавок є встановлення сумісності системи "добавка-цемент", що визначає необхідний алгоритм вибору добавки, який дасть змогу оптимізувати рішення з погляду технологічної і економічної ефективності. Аналіз різноманітності добавок, доступних на ринку, дає змогу припустити, що такий алгоритм, крім одиначної вартості, повинен враховувати: вміст добавки (мінімальна, максимальна і рекомендована кількість), простоту дозування, величину одержаного ефекту (величина пластифікування, скорочення або відтягування термінів тужавіння, підвищення щільності бетону), додаткові позитивні та побічні негативні ефекти. Такий загальний принцип вибору добавок уможлиблює об'єктивно порівняти їх між собою та оптимізувати вибір найефективніших [3, 5].

На сучасному етапі будівництва особливого значення набуває проблема менеджменту якості (quality management) бетону та концепція "життєвого циклу" (Life Cycle Approach) будівельних конструкцій. Це визначає необхідність оцінки їх споживчої вартості з врахуванням як фізико-механічних показників, так і довговічності, що тісно пов'язано з проєктованим терміном експлуатації. У той самий час найпоширеніші методи одержання залізобетону, що ґрунтувались в умовах дешевих енергоносіїв на прискореному твердненні за тепловологого оброблення за температури понад 80 °С, призводили до утворення грубодисперсної мікроструктури цементного каменю, а внаслідок цього до зниження довговічності будівельних конструкцій [1].

З погляду стратегії сталого розвитку суспільства забезпечення основних фондів країни значною мірою досягається створенням збірних та монолітних конструкцій з гарантією якості та зростанням розрахункового терміну служби основних несучих конструкцій і збільшенням міжремонтного періоду [1, 2], що значною мірою досягається забезпеченням заданих параметрів під час виготовлення бетону, особливо за монолітного будівництва, за рахунок оптимізації гранулометричного складу цементних систем та комплексної модифікації. При цьому фізико-хімічне мо-

дифікування властивостей бетонної суміші та затверділого бетону за допомогою хімічних та мінеральних добавок різної природи та призначення стає основним пріоритетом вирішення проблеми забезпечення довговічності бетонних та залізобетонних конструкцій на сучасному етапі.

Основою технічних рішень сучасних новаторських напрямків створення високофункціональних бетонів нової генерації є використання багатокомпонентних в'язучих речовин, що поєднують мінеральні добавки різних типів та комплексні модифікатори поліфункціональної дії, а також високо-технологічних процесів і машин для будівельної індустрії.

Під терміном „високофункціональні” бетони об'єднані багатокомпонентні бетони з високими експлуатаційними властивостями, міцністю, довговічністю, низькими коефіцієнтом дифузії і стираністю, надійними захисними властивостями по відношенню до сталеві арматури, високою хімічною стійкістю. Високофункціональні бетони, виготовлені із високорухливих і литих бетонних сумішей з органічним водоутриманням, мають міцність за стиску у віці 2 діб 30–50 МПа, у віці 28 діб — 60–150 МПа, морозостійкість — F400 і більше, водопоглинання — менше за 1–2 %, стираність — не більше як 0,3–0,4 г/см². У реальних умовах прогнозована довговічність експлуатації такого бетону перевищує 200 років. Можливе отримання і супердовговічних бетонів із термінами роботи близько 500 років. Технічна реалізація проектів з випуску таких ефективних бетонів дасть змогу системно вирішувати питання економії цементу. Це також забезпечить зменшення трудомісткості робіт під час вкладання бетону та уможливить легко транспортувати його бетононасосами.

Розроблені комплексні модифікатори та суперпластифікатори нової генерації дають змогу покращувати фізико-механічні властивості бетонів, а отримані на їх основі високофункціональні бетони характеризуватимуться високими експлуатаційними показниками.

Мета роботи — одержання бетону з високими показниками ранньої та марочної міцності, щільності та стійкості затверділого бетону, що забезпечується якістю цементу та введенням хімічних добавок.

Методи досліджень і матеріали

Як вихідні матеріали для проведення роботи були використані: портландцемент ПЦ II-500 А-Ш ВАР "Миколаївцемент" з фізико-механічними показниками: питома поверхня $S_{пит} = 328 \text{ м}^2/\text{кг}$, залишок на ситі №008 — 9,8 %, початок тужавіння — 1 год 45 хв, кінець тужавіння — 2 год 30 хв, границя міцності за стиску у віці 2; 7; 28 діб відповідно 15,5; 32,6 та 51,8 МПа; кварцовий пісок річний з модулем крупності $M_{кр} = 1,67$, середньою густиною — 1420 кг/м³, пустотністю — 42 %, істинною густиною — 2,61 г/см³, вмістом пилюватих та глинистих домішок — 1,4 %; Хімічний склад портландцементного клінкеру поданий вмістом оксидів, мас. %: SiO₂ — 23,38; Al₂O₃ — 4,84; Fe₂O₃ — 3,90; CaO — 63,92; MgO — 2,47; SO₃ — 0,67; R₂O — 0,82, мінералогічний склад відображається вмістом мінералів, мас. %: C₃S — 62,20; C₂S — 15,18; C₃A — 6,50; C₄AF — 12,80.

Суперпластифікатор на основі ефірів полікарбоксилатів — це суміш синтетичних, розчинних у воді поверхнево-активних розгалужених прищеплених кополімерів та полімерів. Згідно з даними ІЧ-спектроскопії у складі полікарбоксилатів присутні активні групи: -SO₃⁻; -OH; -COO⁻; -CO-. Макромолекули полікарбоксилатів мають дифільну будову — гідрофільні полярні групи та гідрофобний вуглеводневий радикал, які розміщуються в цементно-водній системі з мінімальними енергетичними затратами. Суперпластифікатори нової генерації на основі ефірів полікарбоксилатів та їх етерів створюють стеричний ефект пластифікування — довгі ланцюги полімеру фізично перешкоджають зернам цементу зближуватися. Середня молярна маса суперпластифікаторів полікарбоксилатного типу становить від декількох тисяч до 105 г/моль та більше і охоплює маси як мо-

номерів, так і полімерних молекул. У роботі для досліджень використано ефіри полікарбоксилатні естери з середньою молекулярною масою близько 7000 г/моль [5].

Предметом досліджень є високотехнологічні бетони модифікованих суперпластифікаторами на основі ефірних полікарбоксилатів.

Результати досліджень

Дослідження технологічних властивостей бетонних сумішей на основі портландцементу модифікованого ефірами полікарбоксилатів свідчить про те, що бетонні суміші характеризуються маркою за рухливістю SF2 та підвищеною здатністю до збереження рухливості в часі. Так, розплив бетонної суміші з комплексними модифікаторами зберігається протягом 2 год без зміни марки за рухливістю, через 2 год рухливість бетонної суміші змінюється від 64,5 см до 63 см.

Отже, за однакового часу приготування і транспортування бетонної суміші час її життєздатності значно більший, ніж бетонної суміші без добавок.

Результати випробувань (табл. 1) високотехнологічного важкого самоущільнювального бетону (SCC) свідчать про те, що використання комплексних модифікаторів на основі ефірів полікарбоксилатів забезпечує отримання ранньої міцності бетону не менше ніж 28 МПа, а в результаті отримати бетону класу C40/50 (B50) замість C32/40 (B40). Слід зазначити, що міцність бетону на портландцементі з комплексними модифікаторами на основі ефірів полікарбоксилатів в рази вища, ніж для бетону з звичайними пластифікаторами.

Таблиця 1.

Склад і властивості високотехнологічного бетону (C32/40, SF2, F200, W8)

Склад	Кількість, кг	Властивості	
		Розплив конуса, см	Міцність при стиску, МПа
1) Щебінь ф.10-20	653	1 година, 64,5 см	На 2 добу 28 МПа
2) Щебінь ф.5-10	418		
3) Пісок річний митий	617		
4) ПЦ II 500-А-Ш	430	2 години, 63 см	на 28 добу 64 МПа
5) Зола виносу Ладижинська	100		
6) Суперпластифікатор RialFlow SDS-26L	4,9		
7) Повітрявтягуюча добавка AirPro-M	0,14		



Рис 1. Фотографії виготовлення монолітних колон із високотехнологічного бетону (C32/40, SF2, F200, W8)

Отже, використання комплексних модифікаторів на основі ефірів полікарбоксилатів забезпечує одержання високотехнологічних та самоущільнюючих високорухливих бетонних сумішей з тривалим часом збереження та високоякісних бетонів високих класів, а збереження постійних значень рухливості бетонної суміші та міцності бетону досягається за скороченої витрати цементу.

Висновки та перспективи подальших розроблень

Регулюючи співвідношення стеричного фактора та аніонної активності ефірів полікарбоксилатів у комплексі з високорозчинними електролітами, створюється можливість розроблення цілої гами спеціалізованих високо-

функціональних бетонів з суперпластифікаторами нової генерації на основі ефірів полікарбоксилатів та повітрявтягуючих добавок.

При цьому використання оптимальних кількостей компонентів комплексних модифікаторів дає змогу за рахунок істотного зниження водопотреби одержати високотехнологічні та литі бетонні суміші з тривалим часом збереження їх легковкладальності, що забезпечує одержання бетонів з підвищеною ранньою та марочною міцністю, з високими експлуатаційними властивостями, довговічністю, низькими коефіцієнтом дифузії і стираністю, надійними захисними властивостями по відношенню до сталевих арматур, високою хімічною стійкістю.

Література:

1. Yu.M. Bazhenov Concrete technology. — K.: ASV Publishing House, 2003, 500 p.
2. Runova R.F., Gots V.I., Sanytskyi M.A. etc. Construction materials of the new generation and technologies of their implementation in construction. — K.: UVPC "ExOb", 2008, 360 p.
3. Sanytskyi M.A. Energy-saving technologies in construction: education. Guide/ M.A. Sanytskyi, O.R. Pozniak, U.D. Maruschak — Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012, 236 p.
4. Modifiers of the new generation for concrete / M.A. Sanytskyi, O.R. Pozniak, U.D. Maruschak, M.M. Chemeris et al. // Building materials and products, 2006, № 1, p. 5–7.
5. Hydration of Portland cement in the presence of highly dispersed chalk additives / O. S. Borzyak, S. M. Chepurna // Collection of research papers of the Ukrainian State University of Railway Transport. 2018. — Issue 175, p. 110–117.
6. Influence of carbonate additives on the properties of composite Portland cement / T. P. Kropyvnytska, M. A. Sanytskyi, I. M. Hevyuk // Bulletin of the National University "Lviv Polytechnic". Theory and practice of construction, 2013, № 755, p. 214–220.
7. Sanytskyi M.A. Energy-saving technologies in construction: education. Guide/ M.A. Sanytskyi, O.R. Pozniak, U.D. Maruschak — Lviv: Publishing House of Lviv Polytechnic, 2012, p. 236.
8. Sanytskyi M.A. Quick-hardening Portland cements with the addition of limestone/ M.A. Sanytskyi, T.P. Kropyvnytska, I. M. Gev'yuk// Building materials and products, 2019, № 1-2 (100), p. 18–23.
9. Influence of organo-silica additives on the change in the functional properties of expanded clay lightweight concrete / Pushkarova K., Kaverin.K., Hadaichuk D.// International scientific practical conference of young scientists "Build master class". 27–29.11.19, Kyiv, Ukraine, 2019, p. 184–185.
10. Portlandcement binders modified with nanocarbonate additives / Malomuzh V., Pushkarova K., Kaverin.K., Hadaichuk D.// International scientific practical conference of young scientists "Build master class". 27–29.11.19, Kyiv, Ukraine, 2019, p. 182–183.
11. Pushkaryova K.K. Peculiarities of modification of Portland cement with carbonate additives of different degrees of dispersion / Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O., Haydachuk D.R. // Coll. of science works "Construction materials, products and sanitary equipment", № 60 (ISSN 2413-7693), 2019, Kyiv, p. 28–33.
12. Pushkaryova K.K. The influence of carbon nanotubes on the morphology of neoplasms of slag cement / Pushkaryova K.K., Sukhanevich M.V., Martsikh A.S. // Bulletin of the Odessa State Academy of Construction and Architecture. — Odesa: ODABA, 2015, № 60, p. 237–242.
13. Pushkarova, K. K. Research of high-strength cement compositions modified by complex organic-silica additives [Text] / K. K. Pushkarova, K. O. Kaverin, D. O. Kalantaevsky // Eastern-European Journal of Enterprise Technologies, 2015, Vol. 5, Issue 5 (77), p. 42–51. doi: 10.15587/1729-4061.2015.51836
14. Pushkaryova K.K. Peculiarities of modification of the cement matrix for obtaining high-strength lightweight expanded clay concretes / Pushkaryova K.K., Gonchar O.A., Kaveryn K.O. // Coll. of science works "Construction materials, products and sanitary equipment", Kyiv, 2014, № 52, p. 43–48.
15. Pushkaryova K.K. Study of the processes of structure formation of cement compositions modified with organo-silica additives / Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O., Dmytrov M.S. // Herald of ODABA. Odesa, Zovnishreklamservis, 2014, № 56, p. 201–208.
16. Pushkaryova K.K. The influence of organo-mineral additives on the rheological properties of cement compositions and their physical and mechanical characteristics / Pushkaryova K.K., Gonchar O.A., Kaveryn K.O. // Collection of scientific works of UkrDUZT, Kharkiv, 2015, № 155 (ISSN 1994-7852), p. 124–128. (Index Copernicus)
17. Pushkaryova K.K. Study of the influence of organo-siliceous additives on the strength of cement compositions / Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O. // Herald of ODABA. Odesa, Zovnishreklamservis, 2015, № 57, p. 371–379.
18. Pushkaryova K.K. The influence of a complex organo-mineral additive on the phase composition of cement compositions and the formation of the structure of cement stone / Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O., Yakym V.P. // Herald of ODABA. Odesa, Zovnishreklamservis, 2015, № 60, p. 229–236.
19. Pushkaryova K.K. Study of the compatibility of the action of the components of the organo-silica additive and their influence on the processes of structure formation of cement stone / Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O. // Resource-saving materials, constructions, buildings and structures: Collection. of science Ave. — Rivne: NUVHP. 2015, № 31 (ISBN 966-7447-21-9), p. 322–329.
20. Pushkaryova K.K. Study of cement compositions modified with polycarboxylate and mechano-activated quartz additives/ Pushkaryova K.K., Kaveryn K.O., Kalantaevskiy D.O. // Visnyk ODABA. — Odesa, Zovnishreklamservis, 2016, № 62 (77) (ISBN 978-617-7195-23-7), p. 149–153.