

DOI: 10.31073/mivg201801-116

Available (PDF): <http://mivg.iwvim.com.ua/index.php/mivg/article/view/116>

УДК 666.96; 691.5; 961.333

ВПЛИВ ВОДОЦЕМЕНТНОГО ВІДНОШЕННЯ ТА ПОЛІМЕРНОГО ЛАТЕКСУ НА РУХОМІСТЬ САМОУЩІЛЬНЮВАЛЬНОЇ СУМІШІ ТА МІЦНІСНІ ХАРАКТЕРИСТИКИ БЕТОНУ

О.В. Коваленко¹, канд. техн. наук, О.Ю. Юзюк²¹ Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна; e-mail: aleksandr55kovalenko@gmail.com² Інститут водних проблем і меліорації, Київ, Україна; e-mail: sashayuziuk@gmail.com

Анотація. Досліджено вплив водоцементного відношення та полімерного латексу на рухомість самоущільнювальних бетонних сумішей та на фізико-механічні властивості бетону на їх основі. Встановлено, що водоцементне відношення та полімерний латекс є важливими факторами формування реологічних та міцнісних властивостей полімерцементного самоущільнювального бетону.

Ключові слова: водоцементне відношення, полімерний латекс, самоущільнювальний бетон, фізико-механічні властивості, технологічні властивості

Актуальність теми. Гідротехнічні споруди (ГТС) водогосподарсько-меліоративного комплексу виконані, як зазвичай, із залізобетону, у процесі довготривалої експлуатації зазнають руйнувань і потребують проведення ремонтно-відновлювальних робіт (РВР) із застосуванням технології монолітного бетонування. Більша частина залізобетонних конструкцій ГТС важкодоступна для подачі бетонної суміші, насичена арматурою, закладними деталями, має складну конфігурацію. Це ускладнює подачу та розподілення бетонної суміші в конструкціях, перешкоджає її переміщенню та утруднює ущільнення вібраторами. До сумішей, які застосовуються при бетонуванні в таких умовах, пред'являються особливі вимоги з технологічності: вони повинні володіти високою рухомістю, самопливом заповнювати простір, що бетонується, та ущільнюватися без застосування вібрування. Під час проведення РВР такі суміші повинні повністю заповнювати крупні та дрібні каверни і порожнини, давати можливість проводити роботи із застосуванням як напірного, так і безнапірного способів бетонування. Застосування високорухомих бетонних сумішей (розплив конуса ≥ 550 мм) дозволить підвищити темпи бетонування з використанням високопродуктивного обладнання, скоротити енерго- та трудовитрати на укладання, підвищити якість укладання.

З іншого боку, проблемою є забезпечення високих фізико-механічних властивостей бетону, отриманого на основі високорухомих сумішей. Відомо, що до бетону, який призначений для ремонту залізобетонних конструкцій

гідротехнічних споруд, пред'являються підвищені вимоги щодо його фізико-механічних та експлуатаційних властивостей: висока міцність (40...60 МПа), водонепроникність (до W20), адгезійна міцність (2,0 МПа і вище), морозостійкість (до 600 циклів) [1]. Тільки за застосування такого бетону можна забезпечити високу експлуатаційну надійність та довговічність ГТС. Висока швидкість відновлення складних по конфігурації конструкцій ГТС при високій якості бетону та зниження трудовитрат є аргументом для розробки бетонів з підвищеними фізико-механічними та експлуатаційними властивостями на основі високорухомих бетонних сумішей.

Аналіз попередніх досліджень. Досвід будівництва і експлуатації ГТС із застосуванням високорухомих бетонних сумішей виявив ряд їх недоліків [2,3]: низька морозостійкість, підвищена проникність для води, підвищена усадка, низька тріщиностійкість, сповільнене наростання міцності у ранньому віці, недостатня водоутримуюча здатність суміші, розшарування суміші. Основним фактором, який обумовлює ці недоліки, є високе водоцементне відношення (В/Ц) в бетонній суміші. Вирішенням проблеми може бути розробка технології самоущільнювального бетону (СУБ) [4], ключовим елементом якої є застосування органо-мінеральної добавки (ОМД) [5-7]. ОМД, як зазвичай, є комплексним модифікатором, що складається із суперпластифікатора (СП), який значно знижує В/Ц, та активної мінеральної добавки (мікрокремнезем, метакаолін), яка підвищує однорідність бетонної суміші. Технологія СУБ

особливо ефективна при застосуванні високоефективних полікарбоксилатних суперпластифікаторів та хімічно-активних кремнеземвміщуючих мінеральних добавок. Вона дозволяє вирішити компромісну задачу: досягти високих фізико-механічних властивостей бетону при високій рухомості бетонної суміші.

У роботах [8, 9] розглядається застосування органо-мінеральних добавок, які дозволяють управляти структурою та властивостями цементного каменю з метою повної реалізації потенційних можливостей цементного бетону. Введення в самоущільнювальну бетонну суміш (СУБС) СП в комплексі з метакаоліном (МТК) чи мікрокремнеземом (МК) дозволяє підвищити міцність на стиск і згин, морозостійкість та водонепроникність бетону [9]. Застосування технології СУБ дозволить збільшити довговічність матеріалу, збільшити термін експлуатації та експлуатаційну надійність ГТС.

Аналізуючи результати відомих досліджень, можна зробити висновок про позитивний вплив комплексного модифікатора «суперпластифікатор-активна мінеральна добавка» на властивості бетону. Водночас СУБ на основі відомих рецептур має і недоліки: недостатньо високі показники тріщиностійкості, адгезійної міцності та ударної міцності. Щоб усунути відмічені недоліки нами запропонована подальша модифікація СУБ полімерним латексом. Його роль у формуванні структури та властивостей СУБ при різних значеннях В/Ц вивчена недостатньо. Самоущільнювальний полімерцементний бетон (СПБ) є одним із перспективних композиційних матеріалів для ремонту та відновлення ГТС водогосподарсько-меліоративного комплексу.

Метою роботи є дослідження впливу В/Ц та добавок полімерного латексу на технологічні властивості СУБС та на фізико-механічні властивості СУБ.

Методика досліджень. У дослідженнях застосовували: портландцемент ПЦ І-500 виробництва ВАТ «Волинь-цемент», щебінь гранітний фр. 5-10 мм Коростеньського кар'єру, пісок річковий Дніпровський з модулем крупності $M_{кр}=1,86$, полікарбоксилатний суперпластифікатор марки Adium 150, мікрокремнезем «Elkem Microsilica» з насипною щільністю 280...350 кг/м³, полімерний латекс (ПЛ) на основі бутадієн-стирольного сополімеру марки Adiplast із сухим залишком 31,5%.

Бетонні суміші готували з використанням ручного електроміксера в три етапи: спочатку

перемішували сухі компоненти протягом 5 хв., потім готували рідку фазу шляхом перемішування води, СП і ПЛ протягом 5 хв., насамкінець суміш сухих компонентів перемішували з рідкою фазою протягом 5 хв.

Витрата компонентів контрольного складу бетону складала (кг на 1 м³):

Портландцемент – 450;
Пісок кварцовий – 940;
Щебінь гранітний – 940;
Мікрокремнезем – 45;
Суперпластифікатор – 7,2.
Вода – 135.

Контрольний склад бетону взято згідно з «Європейським посібником з самоущільнювального бетону» [9], у якому відмічено особливості рецептури самоущільнювального бетону і, зокрема, що витрата щебеню не повинна перевищувати витрати піску.

Бетонні зразки формували методом наливу сумішей у відповідні форми.

Рухомість бетонних сумішей визначали за діаметром розливу конуса згідно ДСТУ Б В.2.7-114-2002 Суміші бетонні. Методи випробувань; міцнісні показники бетону – згідно з ДСТУ БВ.2.7-214: 2009 Будівельні матеріали. Бетони. Методи визначення міцності – за контрольними зразками.

Бетонні зразки витримували в нормально-вологих умовах протягом 28 діб.

Міцність бетону на стиск визначали на зразках-кубах розміром 7,07x7,07x7,07 см, міцність на розтяг при згині – на зразках-балочках розміром 4x4x16 см, міцність на осьовий розтяг – на зразках-вісімках з поперечним перерізом середньої частини – 2,25x2,25 см, загальною довжиною зразка – 7,8 см, ударну міцність на зразках-циліндрах висотою 5 см та діаметром 2,5 см.

Результати досліджень. Досліджували вплив В/Ц на рухомість СУБС та на міцнісні характеристики СУБ у віці 28 діб. Результати досліджень наведено на рис. 1, 2.

Як видно з рис. 1, із зменшенням В/Ц від 0,40 до 0,30 рухомість СУБС знижується: РК зменшується від 790 до 540 мм (на 32%). Зменшення В/Ц позитивно впливає на міцнісні показники бетону (рис. 1, 2): міцність на стиск збільшується від 64,6 до 74,3 МПа (на 15%), міцність на згин – від 8,8 до 10,9 МПа (на 24%), міцність на розтяг – від 3,52 до 3,94 МПа (на 12%).

Характер впливу вмісту латексу в бетонній суміші на її рухомість залежить від величини В/Ц: при В/Ц=0,38-0,40 із збільшенням вмісту латексу від 0 до 3% РК суміші зростає від 745 до 800 мм (на 7%), а при подальшому збіль-

шенні від 6 до 9% РК знижується до 615 мм (на 23%). При В/Ц=0,35-0,33 латекс призво-

дить до зниження рухомості суміші при всіх значеннях його вмісту (рис. 3).

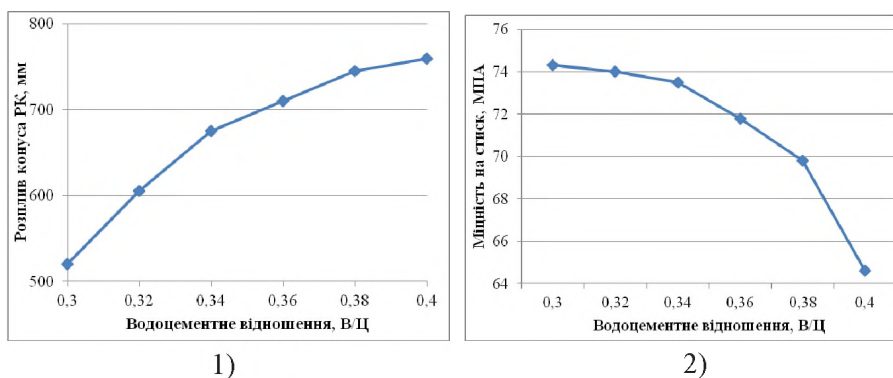


Рис. 1. Вплив В/Ц на рухомість СУБС (1) та на міцність на стиск СУБ (2)

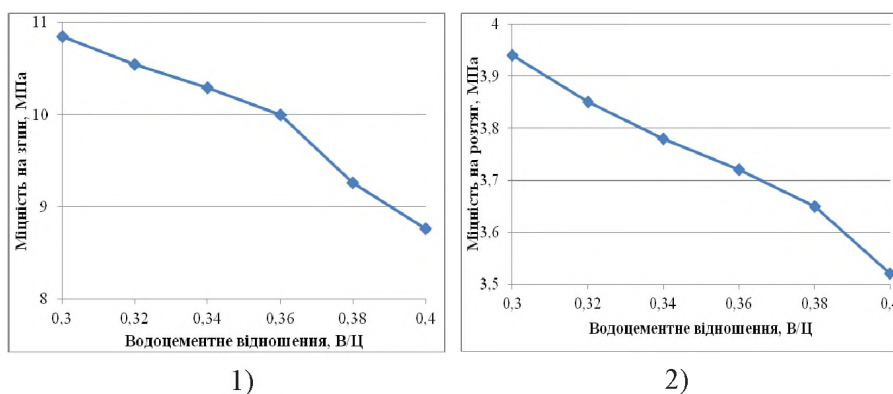


Рис. 2. Вплив В/Ц на міцність на згин (1) та на міцність на осьовий розтяг(2) СУБ

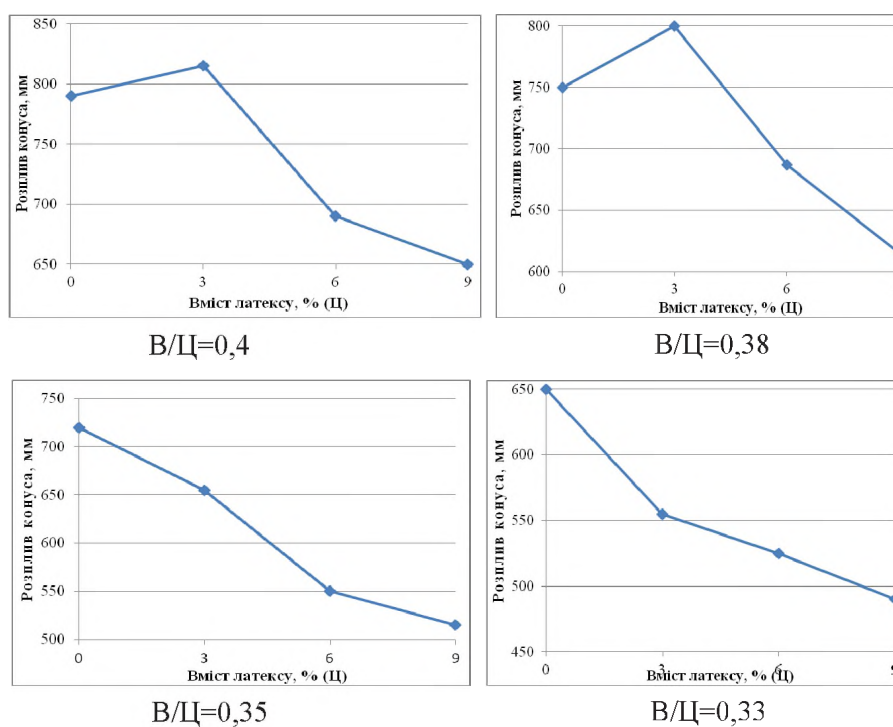


Рис. 3. Вплив латексу на рухомість СУБС

При введенні латексу в бетонну суміш міцність на стиск СУБ знижується незалежно від його вмісту та В/Ц (рис. 4).

Введення латексу в суміші у кількості 3%

приводить до зниження міцності на стиск СУБ на 15...20%, 6% – на 21...30%, 9% – на 39...42%. Вплив латексу на міцність на згин та на осьовий розтяг СУБ наведено на рис. 5, 6.

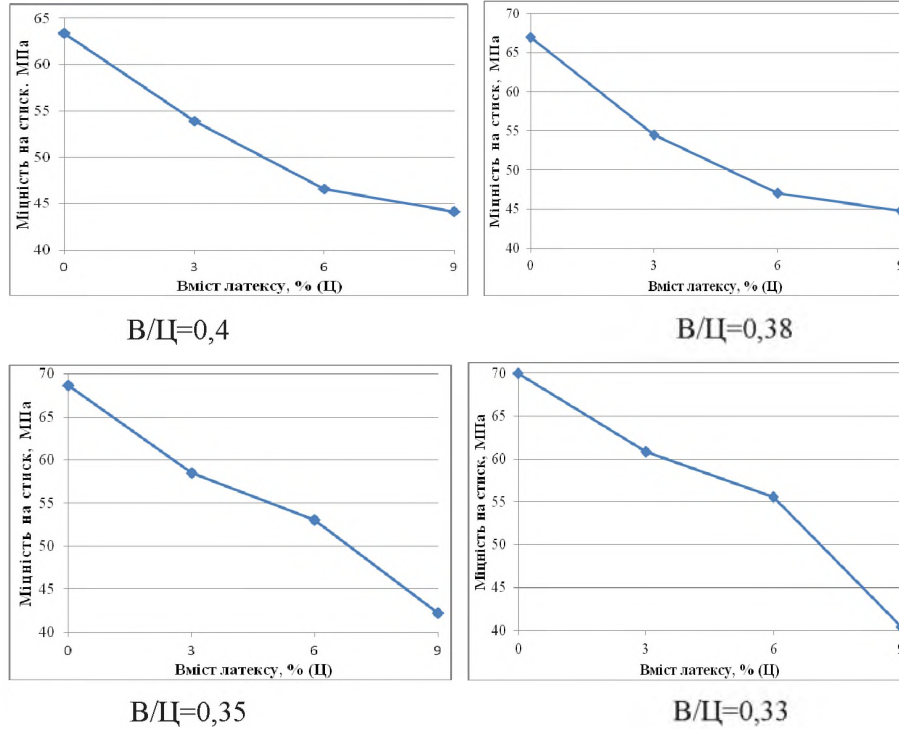


Рис. 4. Вплив латексу на міцність на стиск СУБ

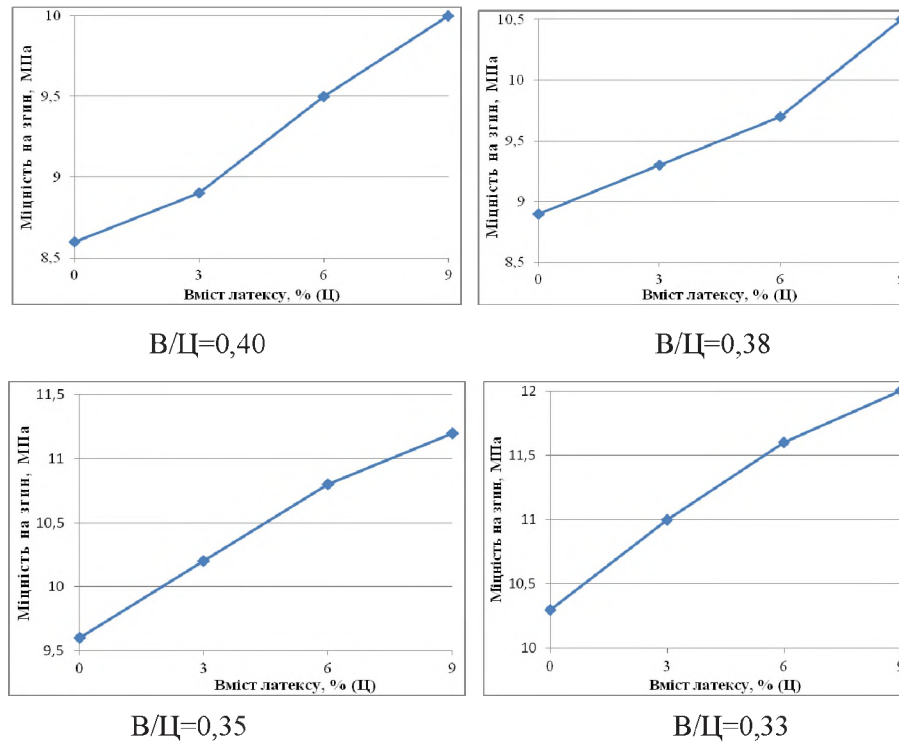


Рис. 5. Вплив латексу на міцність на згин СУБ

Як видно з рис. 5,6, латекс позитивно впливає на міцність на згин та на міцність на осьовий розтяг СУБ. При введенні латексу в бетонну суміш у кількості 3% від маси цементу міцність на згин збільшується на 4...7, 6% – на 9...11, 9% – на

11...15%. Міцність на розтяг при цьому збільшується на 12...14, 14...16 та 17...18% відповідно.

Введення латексу в бетонну суміш призводить до збільшення ударної міцності та тріщиностійкості СУБ (рис. 7).

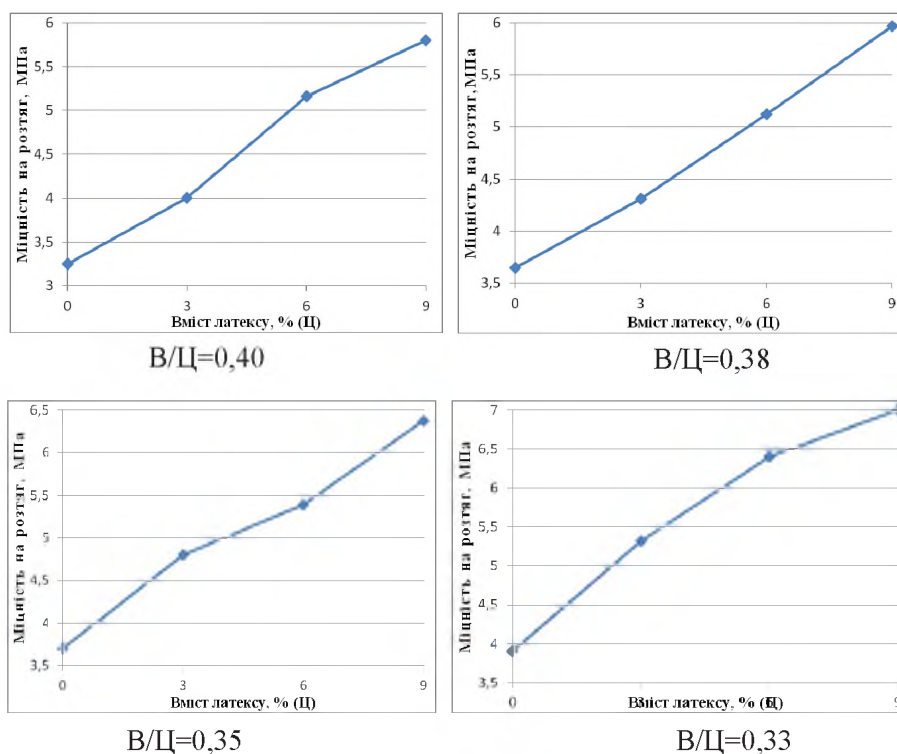


Рис. 6. Вплив латексу на міцність на розтяг СУБ

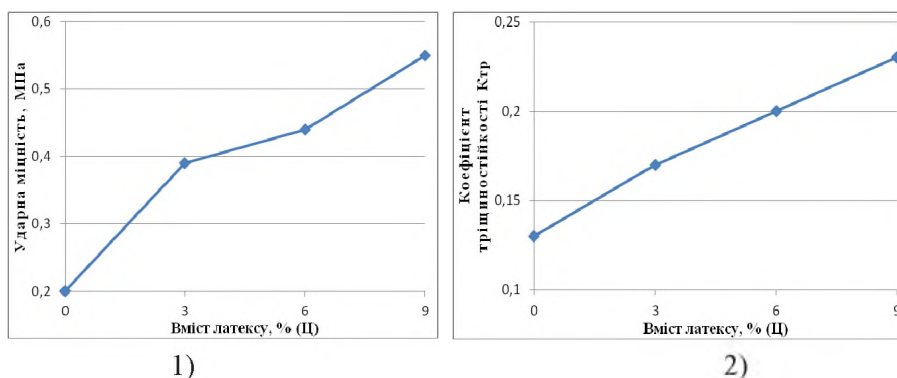


Рис. 7. Вплив латексу на ударну міцність (1) та на коефіцієнт тріщиностійкості (2) СУБ (В/Ц=0,35)

Як видно з рис. 7, введення латексу в бетонну суміш від 3 до 9% від маси цементу призводить до збільшення ударної міцності СУБ у 2,2...2,75 рази та до збільшення коефіцієнта тріщиностійкості у 1,3...1,8 рази.

Аналіз отриманих результатів показує, що при вмісті полімерного латексу в бетонній суміші 3...6% від маси цементу, В/Ц=0,35...0,38 та витраті цементу 450 кг/м³

самоущільнювальний полімерцементний бетон характеризується такими показниками технологічних та фізико-механічних властивостей:

- розплив конуса, мм – 550...800;
- міцність на стиск, МПа – 45...55;
- міцність на згин, МПа – 9,3...10,8;
- міцність на розтяг, МПа – 4,3...5,4;
- ударна міцність, МПа – 0,39...0,43;

· коефіцієнт тріщиностійкості – 0,17...0,2.

Наведені характеристики свідчать про те, що самоущільнювальний полімерцементний бетон відповідає вимогам, які пред'являються до самоущільнювальних бетонів для конструкційного ремонту залізобетонних гідротехнічних споруд.

Висновки. Водоцементне відношення та вміст полімерного латексу в бетонній суміші є важливим фактором формування структури та властивостей самоущільнювального бетону. При зниженні В/Ц від 0,4 до 0,3 розплив конуса бетонних сумішей зменшується від 790 до 540 мм, міцність на стиск бетону збільшується від 64,6 до 74,3 МПа,

міцність на згин – від 8,8 до 10,9 МПа, міцність на розтяг – від 3,52 до 3,94 МПа. Полімерний латекс позитивно впливає на міцність на згин, міцність на розтяг, ударну міцність та тріщиностійкість бетону. При введенні полімерного латексу в бетонну суміш у кількості від 3 до 9% від маси цементу (за сухим залишком) міцність бетону на згин зростає на 4...15%, міцність на розтяг – на 12...18%, ударна міцність – у 2,2...2,75 рази, коефіцієнт тріщиностійкості – у 1,3...1,8 рази. Введення латексу в бетонну суміш у кількості 3% призводить до зниження міцності на стиск бетону на 15...20%, 6% – на 21...30%, 9% – на 39...42%.

Бібліографія

1. *Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity*, 2007. 19 p.
2. Костыря Г.З. *Технология бетона и бетонных работ при строительстве и ремонте железобетонных конструкций гидротехнических сооружений с применением высокопластичных бетонных смесей с добавками ПАВ и микронаполнителя: автореф. дис. на соискание ученой степени канд. техн. наук: Санкт-Петербург, 2000. 253 с.*
3. Алексашин С.В., Булгаков Б.И., Попова М.Н. *Повышение эксплуатационных свойств пластифицированных гидротехнических мелкозернистых бетонов. Подбор оптимального состава // Известия Южного федерального университета, 2014. Вып. № 9. С. 195-201.*
4. Collepardi M. *Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC // New Technologies and Materials in Civil Engineering Milan, 2003. P. 1-8.*
5. Szwabowski J., Golaszewski J. *Technologia betonu samozagęszczalnego. Krakow: Stowarzyszenie Producentow Cementu, 2010. 160 p.*
6. Каприелов С.С. и др. *Влияние органоминерального модификатора МБ-50С на структуру и деформативность цементного камня и высокопрочного бетона // Бетон и железобетон, 2003. №3. С. 2-7.*
7. *Сучасні бетони на основі комплексних модифікаторів нової генерації. Саницький М.А. та ін. // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка. 2011. Вип. 29. С. 98–102.*
8. Кіракевич І.І. *Структуроутворення модифікованих цементних систем // Вісник НУ „Львівська політехніка”. „Теорія і практика будівництва”. Львів: 2009. № 655. С. 132-139.*
9. Гамалій Е.А., Трофимов Б.Я., Крамар Л.Я. *Структура и свойства цементного камня с добавками микрокремнезема и поликарбоксилатного пластификатора // Вестник ЮУрГУ. Серия «Строительство и архитектура». 2009. Вып.8. №16. С. 29-35.*
10. *The European guidelines for self-compacting concrete: specification, production and use. UK, 2005. 21 p.*

References

1. *Products and systems for the protection and repair of concrete structures. Definitions, requirements, quality control and evaluation of conformity. (2007). 19, 1.*
2. Kostyrya, G.Z. (2000). *Tekhnolohyia betona y betonnykh rabot pry stroytelstve y remonte zhelezobetonnykh konstruksyi hydrotekhnicheskyykh sooruzheniy s prymeneniyem vysokoplastychnyykh betonnykh smesei s dobavkamy PAV y mykronapolnytelia [Technology of concrete and concrete work in the construction and repair of reinforced concrete structures of hydraulic structures with the use of highly plastic concrete mixtures with the addition of surfactants and microfillers]. Sankt-Peterburh: avtoref. dys. na soyskanye uchenoi stepeny kand. tekhn. Nauk. [in Russian].*
3. Aleksashin, S.V., Bulgakov, B.I., Popova, M.N. (2014). *Povyshenye ekspluatatsyonnykh svoystv plastyfytirovannykh hydrotekhnicheskyykh melkozernnytykh betonov. Podbor optymalnoho sostava [Improving the performance properties of plasticized hydraulic fine-grained concretes. Selection of the optimal composition]. Yzvestyia Yuzhnoho federalnoho unyversyteta, 9, 195-201. [in Russian].*

4. Collepardi, M. (2003). *Innovative Concretes for Civil Engineering Structures: SCC, HPC and RPC*. Milan: *New Technologies and Materials in Civil Engineering*, 1-8.

5. Szwabowski, J., Golaszewski, J. (2010). *Technologia betonu samozageszczalnego [Self-compacting concrete technology]*. Krakov: *Stowarzyszenie Producentow Cementu*.

6. Kaprielov, S.S., Karpenko, N.I., Sheinfeld, A.V., Kuznetsov, E.N. (2003) *Vlyaniye orhanomyneralnoho modyfykatora MB-50S na strukturu y deformatyvnost tsementnoho kamnia y vysokoprochnoho betona [Influence of organomineral modifier MB-50C on the structure and deformability of cement stone and high-strength concrete]*. *Beton y zhelezobeton*, 3, 2-7. [in Russian].

7. Sanytskyi, M.A., Poznyak, O.R., Kirakevych, I.I., Topylko, N.I. (2011). *Suchasni betony na osnovi kompleksnykh modyfikatoriv novoi heneratsii [Modern concrete on the basis of complex modifiers of the new generation]*. *Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika*, 29, 98–102. [in Ukrainian].

8. Kirakevich, I.I. (2009). *Strukturoutvorennia modyfikovanykh tsementnykh system [Structural formation of modified cement systems]*. Lviv: *Visnyk NU „Lvivska politekhnika”*. „*Teoriia i praktyka budivnytstva*”, 655, 132-139. [in Ukrainian].

9. Gamalii, E.A., Trofimov, B.Ya., Kramar, L.Ya. (2009). *Struktura y svoistva tsementnoho kamnia s dobavkamy mykrokremnezema y polykarboksylatnoho plastyfykatora [Structure and properties of cement stone with additives of micro-silica and polycarboxylate plasticizer]*. *Vestnyk YuUrHU. Seryia «Stroytelstvo y arkhytektura»*, 16, 29-35. [in Russian].

А.В. Коваленко, А.Ю. Юзюк

Влияние водоцементного отношения и полимерного латекса

на подвижность самоуплотняющейся смеси и на прочностные характеристики бетона

Исследовано влияние водоцементного отношения и полимерного латекса на подвижность самоуплотняющихся бетонных смесей и на физико-механические свойства бетона на их основе. Установлено, что водоцементное отношение и полимерный латекс являются важными факторами формирования реологических и прочностных свойств полимерцементного самоуплотняющегося бетона.

A.V. Kovalenko, A.Y. Yuzyuk

The influence of the water-cement ratio and polymer latex

on the mobility of the self-compacting mixture and on the strength characteristics of concrete

The influence of water-cement ratio and polymer latex on the mobility of self-compacting concrete mixtures and on the physical and mechanical properties of concrete on their basis is studied. It is established that water-cement ratio and polymer latex are important factors in the formation of rheological and strength properties of polymer-cement self-compacting concrete.