

УДК 666.972.16

*О. Ю. Дорошенко, к.т.н., доцент*

*(доцент кафедри «Будівельні конструкції і споруди» Державного економіко-технологічного університету транспорту, м. Київ)*

*Ю. М. Дорошенко, к.т.н., професор*

*(професор кафедри «Будівельні матеріали і хімія» Національного транспортного університету, м. Київ)*

### **ЕФЕКТИВНІ ДОБАВКИ-МОДИФІКАТОРИ ДЛЯ БЕТОНІВ ПРИ БУДІВНИЦТВІ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

*У статті розглядається досвід застосування хімічних добавок модифікаторів, використання яких в умовах значних механічних впливів (навантажень) дозволяє збільшити міцність, водонепроникність та морозостійкість бетону.*

*Ключові слова: бетон, транспортні конструкції, добавки, пластифікатори, суперпластифікатори, прискорювачі твердіння, гідрофобні добавки.*

*В статье рассматривается опыт применения химических добавок модификаторов, использование которых в условиях значительных механических влияний (нагрузок) позволяет увеличить прочность, водонепроницаемость и морозостойчивость бетона.*

*Ключевые слова: бетон, транспортные конструкции, добавки, пластификаторы, суперпластификаторы, ускорители твердения, гидрофобные добавки.*

Реалізація концепції одержання бетонів нового покоління з поліпшеними експлуатаційними властивостями неможлива без використання комплексних хімічних добавок модифікаторів [1, 2, 3].

У теперішній час більше 80% усього обсягу бетону, що готується у світі, виробляється з різного роду модифікаторами. Вони вводяться в десятих частках відсотка від маси цементу, істотно впливають на хімічні й фізико-хімічні процеси твердіння й створення сприятливої з погляду стійкості структури бетону [4,5]. Широке впровадження модифікаторів бетону в практику сучасного будівництва обумовлене тим, що при порівняно невеликому подорожчанні за рахунок вартості модифікаторів і витрат, пов'язаних з їхнім розчиненням, зберіганням і дозуванням, можна істотно поліпшити цілий ряд властивостей бетонної суміші й бетону [6]. Серед них технологічні властивості бетонної суміші (регулювання рухливості, повітрявтягування, зниження розшаровування), технічні властивості бетону (швидкість твердіння, міцність, морозостійкість, водонепроникність і ін.). Також за рахунок модифікаторів можна додати бетону нові спеціальні властивості – гідрофобність, здатність твердіння при негативних температурах, бактерицидність, стійкість до корозії й ін.

© *Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М., 2016*

Використовувані суперпластифікатори можна класифікувати за трьома ознаками:

- з механізмом дії на основні складові цементу;
- за хімічному складом модифікаторів;
- за основним технологічним ефектом дії в цементних системах [7].

Добавки, що змінюють поровий простір і знижують проникність бетону, можна поділити на дві групи:

а) пластифікуючі поверхнево-активні речовини, що знижують водопотребу суміші;

б) речовини, що твердіють або густіють в структурі цементного каменю й кольматують його пори. Речовини другої групи також є пластифікуючими. Але основне їхнє призначення – це утворення полімерного продукту, який кольматує поровий простір бетону. Поверхнево-активні речовини вводять у бетон в кількостях, яка не перевищує відсоток від маси цементу. Речовини другої групи вводять у бетон у значно більших кількостях – 3-5% [8, 9].

На Україні застосування добавок регламентує ДБН В.2.7-64-97 «Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах». Застосування добавок для бетонів у Росії регламентує ДЕРЖСТАНДАРТ 24211-2003 «Добавки для бетонів. Загальні технічні умови», ДЕРЖСТАНДАРТ 30459 «Добавки для бетонів. Методи визначення ефективності» і ДЕРЖСТАНДАРТ 24211-2003 які не дозволяє класифікувати їх по поліфункціональній дії. У країнах Європи використовувані добавки регламентовані євростандартом EN 934-2 «Добавки для бетонів і розчинів. Вимоги й визначення». У цьому стандарті представлені основні характеристики добавок, завдяки яким можливо ідентифікувати добавки й виділити всі показники, які можуть знизити довговічність бетонів і розчинів (такі як зміст хлору, лугів, рН) і підсилити корозію цементного каменю. У США область застосування добавок регламентується стандартами ASTM 3 494 «Хімічні добавки для бетону» і ASTM 3 1017 «Хімічні добавки для виготовлення литого бетону», у яких наведені властивості і переваги різних високоефективних суперпластифікаторів (СП), їхній вплив на бетон, аналізуються області застосування [10]. Пластифікуючі добавки, що володіють ефектом уповільнення твердіння, виділили в окремий клас Д, а добавки прискорювачі, що володіють ефектом, твердіння – клас Е. У Великобританії запропонована класифікація СП на три групи. Першу групу становлять сульфировані меламінформальдегідні смоли й комплексні добавки на їхній основі. До другого відносяться продукти конденсації нафталінсульфоокислоти й формальдегіду й комплексні добавки на їхній основі. Третю групу утворюють модифіковані, очищені, що практично не містять цукрів, лігносульфати. Пізніше в четверту групу були виділені продукти конденсації оксикарбонатних кислот. При виробництві високоміцних бетонів (по американських поняттях бетони міцністю на стиск вище 40 МПа, а по класифікації нового Евростандарта EN 206 – 60 МПа) пред'являються особливі вимоги до СП, які повинні володіти не тільки високою реологічною активністю, але й мінімально впливати на формування структури й фізико-механічних показників у процесі експлуатації [11].

У російській практиці будівництва розробляються й застосовуються нові добавки, що сприяють зниженню проникності бетону [12, 13].

Фірма «Биотех-2М» (Росія) розробила й уже кілька років випускає кілька видів пластифікуючих добавок під торговельною назвою «Лигнопан Б» для

виробництва бетонів і будівельних розчинів. Протягом багатьох років добавки використовуються при будівництві великих об'єктів промислового й цивільного будівництва [14].

Комплексна добавка «КДМ» застосовується для бетонів з високими вимогами по міцності, морозостійкості й водонепроникності в промисловому й цивільному будівництві, а також при будівництві гідротехнічних споруджень. «КДМ» збільшує рухливість бетону й прискорює його твердіння – вже на третю добу бетон набирає 95...100% міцності, запобігає корозії металу, не дає висолів.

Перспективне застосування лігносульфонатних пластифікаторів модуляторів (ЛПМ) у вигляді суспензій, а також у вигляді сухого порошку. Авторами [12, 14] досліджувався вплив ЛПМ на морозостійкість і водонепроникність бетонних сумішей і бетонів різного призначення. Встановлено, що при введенні добавки в кількості 0,25...0,3% підвищується марка по морозостійкості до F 200...F 400, а марка по водонепроникності до W 12...W 16. Данні авторів свідчать, що ЛПМ є ефективним модифікатором для бетону транспортних споруджень, де значення морозостійкості й водонепроникності є переважними.

Компанія «Полішар» розробила нову серію добавок для бетонів «Лінамікс» [15]. По хімічному складі пластифікатор «Лінамікс Р73-1» являє собою продукт на нафталинформальдегідній основі з додаванням модифікованих лігносульфонатів. Добавка призначена для модифікування бетонів і будівельних розчинів, застосовуваних у монолітному будівництві й при виробництві залізобетонних виробів. Використання пластифікатора «Лінамікс Р 73-1» дозволяє поліпшувати комплекс властивостей:

- підвищити легкоукладальність бетонних і розчинних сумішей з П1 по П5 при дозуванні добавки 0,4% до маси цементу;
- збільшити міцність бетону на 20% (при збереженні легкоукладальності) при дозуванні добавки 0,4% до маси цементу;
- підвищити водонепроникність бетону на 1..2 позиції при зниженому В/Ц;
- підвищити зберігання бетонної суміші до 2...2,5 ч. при дозуванні добавки 0,4% до маси цементу.

Разом з тим, в останнє десятиліття, особливо у зв'язку з розвитком виробництва сухих будівельних сумішей, розроблена низка ефективних закордонних функціональних добавок, у тому числі пластифікуючих і поліпшуючих гідрофобні властивості. До них відносять латексні порошкові модифікатори цементних композицій фірми «Родиа» (Франція). Спектр її продукції відповідає всім вимогам сучасної будівельної хімії. Латексні порошки одержують шляхом висушування полімерної емульсії з розміром частиц 0,1...10,0 мкм разом з водорозчинним стабілізатором. Останній утворює аморфне скло на поверхні кожної частки й не допускає необоротні злипання полімерних часток під час сушіння. Висохлий порошок має розмір гранул кілька мікронів і забезпечує гарну текучість. При взаємодії з водою водорозчинний агент активізується, відновлюючи, таким чином, емульсію в її вихідний стан. Серед всієї гами редиспергируємих латексних порошоків, вироблених фірмою «Родиа», найбільш споживаною групою являються полімери Rhoimat. Основою їхніх полімерів є: сополімер вінілацетату й версатату, стирол-бутадиєнові сополімери. Добавки Rhoimat виробляються у вигляді порошку білого кольору, середній розмір гранул – 80 мкм [16]. Для підвищення водостійкості найчастіше використовуються Rhoimat PA 29 і PA 30, що вводяться в кількості 1,5...3%. Зазначені продукти знижують пористість,

підвищують зчеплення й поліпшують характеристики цементних композицій.

До пластифікаторів, які дозволяють зменшити водопотребу бетону з забезпеченням заданої рухомості суміші, відноситься добавка ПЛКП, яка складається з відходу комбінату «Дніпрококс» разом з добавкою пластифікаторів ЛСТ і УПБ, суперпластифікатора (Амкіроз). Досвід застосування комплексної добавки ПЛКП при виробництві шпал показує, що вона підвищує довговічність бетону і його захисних властивостей по відношенню до арматури. Встановлено, що оптимальна кількість добавки знаходиться в межах 0,6...0,7 % від ваги цементу; добавка дозволяє заощаджувати 5 % цементу при досягненні заданої міцності; добавка скорочує година вібрирування бетонної суміші на 20...30 %; добавка не впливає на якість бетонної поверхні; добавка забезпечує задану міцність і тріщиностійкість цементобетонних шпал, що забезпечує їх високу якість, надійність і довговічність [17].

З метою зменшення водопоглинення й підвищення морозостійкості цементних розчинів і бетонів використовується широка гама різних добавок на основі силіконових з'єднань, водорозчинних або не розчинних, які емульгують у водному середовищі речовин. Металоорганічні мила у вигляді порошкоподібних продуктів також можуть зайняти провідне місце в технології одержання цементних бетонів внаслідок їх високої питомої поверхні й підвищених водовідштовхувальних властивостей [7].

Гідрофобні водонерозчинні металоорганічні з'єднання жирних граничних кислот з катіонами металів Zn, Ca, Mg, Al розподіляються в цементних системах дискретно. У зв'язку із цим ефективність їхньої дії буде пропорційна дисперсності цих порошоків. Гіпотетично можна затверджувати, що ступінь уповільнення процесів тужавіння й раннього формування міцності з використанням цих добавок буде незначна в порівнянні з водоемульгуючими рідкими гідрофобізаторами, які розподіляються тонкими плівками на поверхні гідратних фаз.

Відомо, що лужні солі неграничних жирних кислот є, як правило, розчинними у воді і їхня гідрофобна дія в вапномістких системах (вапно, портландцемент) залежить від ступеня розчинності.

Як гідрофобні добавки використовуються стеарати цинку  $(C_{17}H_{35}COO)_2Zn$  і кальцію  $(C_{17}H_{35}COO)_2Ca$ , олеат натрію  $C_{16}H_{33}COONa$ .

Для підвищення водонепроникності бетону максимальну ефективність [18,19] мають сучасні кольматуючі добавки-модифікатори [20], найпоширенішими з яких в Україні є системи:

- Пенетрон (Penetron), виробник Пенетрон-Росія, ТУ 001-39504194-96;
- Ксайпекс (Хурех), виробник Хурех Chemical Corporation, Канада;
- Виатрон (Viatron), виробник «Виателос»™, Харків (Україна), ТУ В 26.6-31634788-001:2006 Склад цементний захисний проникаючої дії «Viatron»™ (Виатрон).

У роботах Ф.М. Глекеля [21] вказується, що введення ПАВ і полімерних добавок, що створюють власну структуру в цементному камені (полімербетон), знижує проникність бетону й тим самим підвищує його довговічність.

Водоредуцируючі добавки, наприклад С-3, дозволяють управляти проникністю бетону [21,22]. Ще в 50-е роки М.И. Хигерович відзначав [23], що введення пластифікаторів істотно модифікує порову структуру бетону, зменшуючи розмір. За рахунок використання комплексної добавки С-3, PAV-29 і високоміцній опоки був отриманий бетон з високим рівнем водонепроникності (W18) [24].

У роботі [24,25] запропонована комплексна добавка «Емболит», щоскладається із С-3, мікрокремнезему, золи-виносу й сульфоалюміната. Дана добавка дозволяє підняти рівень водонепроникності до W20 навіть для дрібнозернистих бетонів. Ефект у підвищенні водонепроникності був досягнутий і за рахунок комплексної добавки МБ 10-01, що включає аморфний мікрокремнезем, суперпластифікатор і регулятор тужавлення [26]. Також останнім часом все частіше використовуються полімерцементнісклади [27].

У сучасному будівництві відомий широкий спектр рецептурно-технологічних методів підвищення водонепроникності бетону [28]. Наприклад, введення до суміші бентонітових глин [29]. Однак склад цих глин не є стабільним, що погано відображається на якості композита. У роботі [30] для підвищення водонепроникності використовувалися також хромокалієві квасци, алюмінат і ангідрид натрію. Однак всі перераховані добавки знижували міцність бетону. Кращі результати давало застосування гідрофобно-кольматуючих добавок [31].

Згідно ДБН В.2.7-64-97 «Правила застосування хімічних добавок у бетонах і будівельних розчинах» до ущільнюючих (кольматуючих пори) відносять добавки: смола поліаміду №89, диетиленгліколієва смола, триетиленгліколієва смола, сульфат алюмінію, сульфат і хлорид заліза. Їхня ефективність оцінюється в підвищенні марки бетону за водонепроникністю на 2 ступені й вище, підвищення корозійної стійкості бетону. Але, як відзначається в ДБН В.2.7-64-97 і роботах [29,30], при цьому спостерігається зниження міцності бетону.

Один з найвідоміших способів підвищення морозостійкості бетону – це введення повітрявтягуючих добавок [32, 33]. Ефект пояснюється появою в бетоні тонкодисперсної емульсії повітря [34] і виникаючої у зв'язку з цією зміною структури. За рахунок створення системи замкнутих пор з'являється простір для росту кристалів льоду з мінімальними ушкодженнями для тіла бетону, хоча Т.Пауэрс [35] вважав, що бетон майже завжди має достатній обсяг вільного порового простору за рахунок залученого повітря. Найвищі показники морозостійкості модифікованого добавками бетону спостерігалися при створенні в структурі замкнутих пор при одночасному підвищенні щільності цементного каменю. Тобто найкращою можна вважати систему замкнутих пор малого діаметра.

У роботі [36] зроблений висновок про зниження морозостійкості бетону при росту В/Ц. Відповідно, для підвищення морозостійкості широко застосовується сумісне введення суперпластифікатора й повітрявтягуючих добавок, наприклад С-3 або С-1 і СНВ [37]. У роботі [38] зроблений висновок, що вплив пластифікаторів на морозостійкість відіграє подвійну роль: за рахунок зниження В/Ц підвищує її й одночасно зменшує через зниження ступеня гідратації цементу – у сукупності ж морозостійкість підвищується.

Однак найчастіше при використанні повітрявтягуючих добавок закрита пористість підвищується при одночасному деякому підвищенні й наскрізній пористості, що небажано для ряду гідротехнічних і всіх плавучих споруджень. Тому підвищення морозостійкості варто домагатися за рахунок створення найбільш щільної структури бетону, тобто за рахунок створення дрібних замкнутих пор без підвищення загальної (сумарної) пористості.

У роботі [36] зроблений висновок про зниження морозостійкості бетону при росту В/Ц. Відповідно, для підвищення морозостійкості широко застосовується сумісне введення суперпластифікатора й повітрявтягуючої добавки, наприклад С-3 або С-1 і СНВ [37]. У роботі [38] зроблений висновок, що вплив пластифіка-

торів на морозостійкість відіграє подвійну роль: за рахунок зниження В/Ц підвищує її й одночасно зменшує через зниження ступеня гідратації цементу – у сукупності ж морозостійкість підвищується.

Дія добавок прискорювачів твердіння бетону полягає в активації процесу гідратації цементу, що приводить до прискореного утворення гелів, які захоплюють у свої осередки велику кількість рідкої фази й внаслідок цього викликають швидке тужавлення й наступне інтенсивне зміцнення цементного каменю. Добавки електролітів (ХК, НК, ННК, ННХК), що містять однойменні зв'язуючі речовини кальцій-іони, підвищують їхню розчинність і прискорюють процеси гідратації й твердіння переважно на ранній стадії, інтенсифікуючи утворення тривимірних зародків нової фази й збільшуючи дисперсність продуктів гідратації. Перспективне використання в бетоні трикомпонентної добавки ННХК, тому що при цьому швидше, ніж при введенні однокомпонентної добавки ХК, викристалізовується гідрохлоралюмінат кальцію (ГХАК), що виконує мікроарміруючу й кальматуючу функції й забезпечує більш повне використання потенційних можливостей, які закладені в аліт. Прискорений вихід з рідкої фази агресивних хлор-іонів робить цю добавку менш небезпечною для корозії арматур. Крім цього, нітрит і нітрат кальцію, збільшуючи на тривалий строк іонну силу поровоїрідини, забезпечує прискорення гідратації силікатних фаз цементу. У результаті підвищується не тільки міцність бетону, але і його непроникність. Завдяки сильним інгібіруючим властивостям, нітрат кальцію у весь час знаходження в поровоїрідини гальмує корозію арматур, причому, висока щільність і непроникність цементного каменю є гарантією того, що нітрит кальцію тривалий час не буде вилучений з рідкої фази [39].

У роботах [40] підвищення морозостійкості бетонів з добавками модифікаторів пояснюється утворенням рівномірно розподіленої пористості за рахунок виділення водню, а також часткової гідрофобізації поверхні пор і капілярів. Наприклад, за рахунок введення добавки кремнійорганічного олігомера полігідросілоксанового типу ГКЖ водень виділяється при розриві зв'язку Si-H у середовищі  $\text{Ca}(\text{OH})_2$  і відбувається мозаїчна гідрофобізація внутрішніх поверхонь бетону, що утворюються поліорганокальційсілоксанами [41].

За рахунок спільного застосування добавок і електролітів можливе створення мікропористої структури з наявністю електроліту в поровому просторі, що додатково підвищує морозостійкість за рахунок зниження кількості, що утвориться в структурі льоду [42].

Таким чином, для забезпечення довговічності конструкції в умовах значних механічних впливів (навантажень), можна рекомендувати використовувати ефективні пластифікатори, сучасні гідрофобні добавки для підвищення непроникності та ефективні прискорювачі твердіння.

## ЛІТЕРАТУРА

1. Демьянова В.С. Высокоэффективные гидрофобизаторы для цементных композиций. / В.Ю. Нестеров, Г.Н. Казина, И.Е. Ильина // Экспресс-информация, 2004. – Вып. 1. – С. 42 – 47.
2. Инчик В.В. Использование отходов химического производства для гидрофобизации строительных материалов // Строительные материалы, 1998. – № 11. – С. 40.
3. Хигерович М.И. Гидрофобный цемент. – М.: Промстройиздат, 1957. – 206 с.

4. Коваль С.В. Модифицирование – магистральное направление совершенствования технологии и свойств бетона / С.В. Коваль // Будівельні матеріали та вироби, 2004. – № 4. – С. 20-24.
5. Баженов Ю.М. Бетон с химическими добавками / Ю.М. Баженов, Ф.М. Иванов. – М.: ЦМИ-ПКС, 1987. – 59 с.
6. Батраков В.Г. Применение суперпластификатора в бетоне / В.Г. Батраков, Ф.М. Иванов, В.Р.Фаликман // Строительство и архитектура: Обзорная информация. Серия: строительные материалы и изделия. – М.: 1981. – 285 с.
7. Демьянова В.С. Гидрофобизаторы для сухих строительных смесей. / П.Г. Василик, К.Н. Махамбетова // Пластические массы, 2003. – № 7 – С.43 – 44.
8. Каддо М.Б. Гидроизоляция – важный этап реставрации и реконструкции // Строительные материалы, 1998, – № 11. – С. 30 – 31.
9. Смирнов С.В. Отечественные гидроизолирующие материалы на основе вяжущих / Л.Ю. Латышева // Строительные материалы, 1999. – № 9. – С. 16 – 17.
10. Трамбовецкий В.П. Рекомендация применения суперпластификаторов в США // Бетон и железобетон, № 4. – 1995. – С. 31...32.
11. Трамбовецкий В.П. Бетон в высотном строительстве // Бетон и железобетон, 1990. – № 11. – С. 45...46.
12. Матвеева О.И. Бетоны с модификатором ПФМ-НЛК для железобетонных конструкций, работающих в суровых условиях / Г.Д. Федорова, Н.К. Розенталь // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2002. – № 6. – С.10...11.
13. Современные добавки для бетонов и краски необычными свойствами // Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века, 2003. – № 4. – С. 11.
14. Шитков Е.С. Лигносulfонатные пластификаторы нового типа для бетонных смесей и бетонов различного назначения / А.М. Кириллов и др. // Строительные материалы, 2002. – № 6. – С. 36-38.
15. «Динамикс» новый пластификатор для строительства // Строительные материалы, 2003. – № 6. – С. 30.
16. Амиш Ф. Использование редиспергируемых порошков «Rhoimat» в производстве сухих смесей / Ф. Амиш, Н. Рюиз // Строительные материалы, 2000. – № 5. – С.8...9.
17. Дорошенко О.Ю. Модифікація цементного залізобетону шпал добавками на основі відходів хімічних випробувань. Збірник наукових праць Київського університету економіки і технологій транспорту, серія «Транспортні системи і технології», 2007 р. – Випуск 11. – С. 52...56.
18. Кореев В.И. Цементная гидроизоляция на современном рынке строительных материалов / В.И. Кореев. – «Инфстрой» 2003 №1 (7) – С.4...8.
19. Степанова В.Ф. Защита от коррозии строительных материалов – основа обеспечения долговечности зданий и сооружений / В.Ф. Степанова // Строительные материалы, оборудование и технологии XXI века, 2005, №3 – С.16-19.
20. Дорофеев А.Р. Интегральные капиллярные системы – эффективный способ защиты бетона от воды / А.Р. Дорофеев // Мат-лы 1-й всероссийской конференции по проблемам бетона и железобетона «Бетон на рубеже третьего тысячелетия», книга 3. – М: Ассоциация «Железобетон», 2001. – С. 1552...1555.
21. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим / Ф.Л. Глекель. – Ташкент: Фан, – 1975. – 198 с.
22. Розенталь Н.К. Коррозионная стойкость модифицированных бетонов / Н.К. Розенталь // Сборник трудов всероссийской научно-практической конференции «Строительное материаловедение – теория и практика». – М.: Из-во СИП РИА, 2006. – С. 271...273.
23. Хигерович М.И. Гидрофобный цемент и гидрофобно-пластифицирующие добавки / М.И. Хигерович. – М.: Государственное издательство литературы по строительным материалам, 1957. – 20 с.
24. Структура и свойства высокопрочных бетонов, содержащий комплексный органоминеральный модификатор «Эмбелит» / [С.С. Каприелов, А.В. Шейнфельд, Г.С. Кардумян, В.Г. Дондуков] // Бетон и железобетон – пути развития. Том 3. Технология бетона. Сборник трудов 2 всероссийской конференции. – М., 2005. – С. 657...671.
25. Kardumian H. Shrinkage Controlling of Self Compacting High-Strength Concrete/ H. Kardumian, S. Kapriyelov // Ibausil: Proc.15<sup>th</sup> Int. Conf.-Weimar, 2003. –V.2.- p.513...523.
26. Огнев А.К. Восстановление работоспособности железобетонных конструкций гидротехнических сооружений / А.К. Огнев, А.В. Петров, Е.И. Кудрявцев // Гидротехническое строительство. – 2006, №10. – С.6...9.

27. *A high performance polymer cement mortar for repairing cracks in underwater concrete structure* // Lu Z., Huang S., Zhou X., Qi Y. // Ibaasil: Proc.16<sup>th</sup> Int.Conf.-Weimar, 2006. –V.2.- P. 335-340.
28. *Бовин Г.П.* Возведение водонепроницаемых сооружений из бетона и железобетона / Г.П. Бовин. – М.: Стройиздат, 1979. – 183 с.
29. *Дорошенко Ю.М.* Добавки, повышающие прочность и водонепроницаемость цементных бетонов / Ю.М. Дорошенко, В.Б. Вишневецкий, В.В. Чистяков // Повышение долговечности конструкций водохозяйственного назначения. Тезисы докладов всесоюзной конференции. – Ростов-на-Дону, 1981. – С.133...135.
30. *Шаровар М.К.* Водонепроницаемость бетонов марки 600-800 при давлении до 25 МПа. Автореф. дис. канд. тех. наук 05.23.05 / М.К. Шаровар. – М., НИИЖБ, 1976. – 22 с.
31. *Савенков В.В.* Свойства бетона с гидрофобно-кольматирующей добавкой / В.В. Савенков, В.Л. Чернявский, А.И. Рой. – Строительные материалы и конструкции, 1979, № 3. – С. 33.
32. *Гладков В.С.* Добавки в производстве морозостойких бетонов / В.С. Гладков // Бетон и железобетон. – 1977. – № 7. – С. 9...11.
33. *Гладков В.С.* Формирование условно-закрытой пористости в бетонах с воздухововлекающими добавками / В.С. Гладков // Химические добавки и их применение в технологии производства сборного железобетона. – М.: 1992. – С. 51...57.
34. *Стольников В.В.* Воздухововлекающие добавки в гидротехническом бетоне / В.В. Стольников. – М.: Государственное энергетическое издательство, 1953. – 168 с.
35. *Powers T.C.* A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete / T.C. Powers // Journal of American Concrete Institute, vol.16 № 4, 1945 – pp. 245...272.
36. *Добавки в бетон:* Справ.пособие / В.С.Рамачандран, Р.Ф.Фельдман, М.Коллепарди и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.
37. *Ферронская А.В.* Высококачественный мелкозернистый бетон для дорожных покрытий / А.В. Ферронская, С.Б. Кожиев // Строительные материалы, 2005, № 4. – С. 58-59.
38. *Оценка* методами структурно-имитационного моделирования влияния степени влияния технологических факторов на морозостойкость бетона / Б.В. Гусев, В.И. Кондращенко, В.Д. Кудрявцева, В.П. Сопов, А.В. Ушеров-Маршак // Бетон и железобетон – пути развития. Том 3. Технология бетона. Сборник трудов 2 всероссийской конференции. – М., 2005. – С.67...71.
39. *Чистяков В.В.* Интенсификация твердения бетона / В.В.Чистяков, Ю.М.Дорошенко, И.Г.Гранковський. – К.: Будівельник, 1988. – 16...49 с.
40. *Структура* и морозостойкость гидротехнического бетона с добавкой ГКЖ-94 / В.М. Москвин, В.Г. Батраков, О.В. Кунцевич и др. / – Бетон и железобетон, 1980, № 7 – С.20...22.
41. *Бертов В.М.* Модифицированные бетоны высоких эксплуатационных свойств на строительстве Зейской ГЭС / В.М. Бертов, В.Г. Батраков //Бетон и железобетон – пути развития. Том 3. Технология бетона. Сборник трудов 2 всероссийской конференции. – М., 2005. – С. 636...642.
42. *Добролюбов Г.* Прогнозирование долговечности бетона с добавками / Г. Добролюбов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1983. – 212 с.

***Oleksandra Doroshenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor  
(Associate Professor of Building Constructions and Structures Chair,  
State University for Transport Economy and Technologies)  
YuriyDoroshenko,PhD (Technical Sciences), Associate Professor  
(Professor of Construction Materials and Chemistry Chair, National  
Transport University)***

## **EFFECTIVE SUPPLEMENTS – MODIFIERS IN THE CONSTRUCTION OF CONCRETE TRANSPORTATION FACILITIES**

***In the article the experience of usingchemical additives modifiers under conditions of considerable mechanical stress (loads)is considered.The article states that supplements-modifiers can increase strength, water resistance and frost resistance of concrete.***



**Keywords:** concrete, transport constructions, additions, plasticizers, superplasticizers, accelerating of consolidation, water-repelling agents.

REFERENCES

1. Dem'janova V.S. Vysokoeffektivnye gidrofobizatory dlja cementnyh kompozicij. / B.Ju. Nesterov, G.N. Kazina, I.E. Il'ina // Jekspres-informacija, 2004. – Vypusk 1. – S. 42...47.
2. Inchik V.V. Ispol'zovanie othodov himicheskogo proizvodstva dlja gidrofobizacii stroitel'nyh materialov. // Stroitel'nye materialy, 1998. – № 11. – S.40.
3. Higerovich M.I. Gidrofobnyj cement. – M.: Promstrojizdat, 1957. – 206s.
4. Koval' S.V. Modificirovanie – magistral'noe napravlenie sovershenstvovanija tehnologii i svojstv betona / S.V. Koval' // Budivel'ni materialy ta virobi, 2004. – № 4. – S.20-24.
5. Bazhenov Ju.M. Beton s himicheskimi dobavkami / Ju.M. Bazhenov, F.M. Ivanov. – M.: CMIPKS, 1987. – 59 s.
6. Batrakov V.G. Primenenie superplastifikatora v betone / V.G. Batrakov, F.M. Ivanov, V.R. Falikman // Stroitel'stvo i arhitektura: Obzornaja informacija. Serija: stroitel'nye materialy i izdelija. – M.: 1981. – 285 s.
7. Dem'janova V.S. Gidrofobizatory dlja suhij stroitel'nyh smesej. / P.G. Vasilik, K.N. Mahambetova // Plasticheskie massy, 2002. – №7 S.43...44.
8. Kaddo M.B. Gidroizoljacija – vazhnyj jetap restavracii i rekonstrukcii. // Stroitel'nye materialy, 1998. – № 11. – S.30...31.
9. Smirnov S.V. Otechestvennye gidroizolirujushhie materialy na osnove vjazhushhij. / L.Ju. Latysheva // Stroitel'nye materialy, 1999. – №9. – S.16...17.
10. Tramboveckij V.P. Rekomendacija primenenija superplastifikatorov v CHIA. // Beton i zhelezobeton, № 4. – 1995. – S.31...32.
11. Tramboveckij V.P. Beton v vysotnom stroitel'stve. // Beton i zhelezobeton, 1990. – № 11. – S.45...46.
12. Matveeva O.I. Betony s modifikatorom PFM-NLK dlja zhelezobetonnyh konstrukcij, rabotajushhij v surovijh uslovijah. / G.D. Fedorova, N.K. Rozental' // Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka, 2002. – № 6. – S.10...11.
13. Sovremennye dobavki dlja betonov i kraski s neobychnymi svojstvami. - Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka, 2002. – №4. – S. 11.
14. Shitkov E.S. Lignosul'fonatnye plastifikatory novogo tipa dlja betonnyh smesej i betonov razlichnogo naznachenija. / A.M. Kirillov i dr. // Stroitel'nye materialy, 2002. – № 6. – C. 36-38.
15. «Linamiks» novyj plastifikator dlja stroitel'stva. – Stroitel'nye materialy, 2002. – №6. – S.30.
16. Amish F. Ispol'zovanie redispersiruemyh poroshkov «Rhoimat» v proizvodstve suhijh smesej. / F. Amish, N. Rjuiz // Stroitel'nye materialy, 2000. – №5. – S.8...9.
17. Doroshenko O.Ju. Modifikacija cementnogo zalizobetonu shpal dobavkami na osnovi vidhodiv himichnijh viprobuvan'. Zbirnik naukovijh prac' Kii'vsr'p'kogo universitetu ekonomiki i tehnologii transportu, serija «Transportni sistemi i tehnologii» 2007 r. – Vipusk 11, – S. 52...56.
18. Koreev V.I. Cementnaja gidroizoljacija na sovremennom rynke stroitel'nyh materialov / V.I. Koreev. – «Infstroj» 2003 №1 (7) – S.4...8.
19. Stepanova V.F. Zashhita ot korrozii stroitel'nyh materialov – osnova obespechenija dolgovechnosti zdaniij i sooruzhenij / V.F. Stepanova // Stroitel'nye materialy, oborudovanie i tehnologii XXI veka, 2005, №3 – S.16-19.
20. Dorofeev A.R. Integral'nye kapilljarnye sistemy – jeffektivnyj sposob zashhity betona ot vody / A.R. Dorofeev // Mat-ly 1-j vsrossijskoj konferencii po problemam betona i zhelezobetona «Beton na rubezhe tret'ego tysjacheletija», kniga 3. – M.: Associacija «Zhelezobeton», 2001. – S. 1552...1555.
21. Glekel' F.L. Fiziko-himicheskie osnovy primenenija dobavok k mineral'nym vjazhushhim / F.L. Glekel'. – Tashkent: Fan, – 1975. – 198 s.
22. Rozental' N.K. Korroziionnaja stojkost' modificirovannyh betonov / N.K. Rozental' // Sbornik trudov vsrossijskoj nauchno-prakticheskoi konferencii «Stroitel'noe materialovedenie – teorija i praktika». – M.: Iz-vo SIP RIA, 2006. – S. 271...273.
23. Higerovich M.I. Gidrofobnyj cement i gidrofobno-plastificirujushhie dobavki / M.I. Higerovich – M.: Gosudarstvennoe izdatel'stvo literatury po stroitel'nym materialam, 1957. – 20 s.
24. Struktura i svojstva vysokoprochnykh betonov, sodержashhij kompleksnyj organomineral'nyj modifikator «Jembelit» / [S.S. Kaprielov, A.V. Shejfel'd, G.S. Kardumjan, V.G. Dondukov] // Beton i

zhelezobeton – puti razvitiya. Tom 3. Tehnologija betona. Sbornik trudov 2 vsrossijskoj konferencii – M. 2005. – S. 657...671.

25. Kardumian H. Shrinkage Controlling of Self Compacting High-Strength Concrete / H. Kardumian, S. Kaprielov // Ibausil: Proc.15th Int.Conf.-Weimar, 2003. –V.2.- p.513...523.

26. Ognev A.K. Vosstanovlenie rabotosposobnosti zhelezobetonnyh konstrukcij gidrotehnicheskikh sooruzhenij / A.K. Ognev, A.V. Petrov, E.I. Kudrjavcev //Gidrotehnicheskoe stroitel'stvo. – 2006, №10. – S.6...9.

27. A high performance polymer cement mortar for repairing cracks in underwater concrete structure // Lu Z., Huang S., Zhou X., Qi Y. // Ibausil: Proc.16th Int.Conf.-Weimar, 2006. –V.2.- P. 335-340.

28. Bovin G.P. Vozvedenie vodonepronaemnyh sooruzhenij iz betona i zhelezobetona / G.P. Bovin – M.: Strojizdat, 1979. – 183 s.

29. Doroshenko Ju.M. Dobavki, povyshajushhie prochnost' i vodonepronaemost' cementnyh betonov / Ju.M. Doroshenko, V.B. Vishnevskij, V.V. Chistjakov // Povysenie dolgovechnosti konstrukcij vodohozhajstvennogo naznacheniya. Tezisy dokladov vsesojuznoj konferencii. – Rostov-na-Donu, 1981. – S.133...135.

30. Sharovar M.K. Vodonepronaemost' betonov marki 600-800 pri davlenii do 25 MPa. Avtoref. dis.kand.teh.nauk 05.23.05/ M.K. Sharovar. – M., NIIZhB, 1976, –22 s.

31. Savenkov V.V. Svojstva betona s gidrofobno-kol'matirujushhej dobavkoj / V.V. Savenkov, V.L. Chernjavskij, A.I. Roj. – Stroitel'nye materialy i konstrukcii, 1979, №3. – S. 33.

32. Gladkov B.C. Dobavki v proizvodstve morozostojkih betonov / B.C. Gladkov // Beton i zhelezobeton. – 1977. – № 7. – S. 9...11.

33. Gladkov B.C. Formirovanie uslovno-zakrytoj poristosti v betonah s vozduhovovlekajushhimi dobavkami / B.C. Gladkov // Himicheskie dobavki i ih primenenie v tehnologii proizvodstva sbornogo zhelezobetona. – M.: 1992. – S. 51...57.

34. Stol'nikov V.V. Vozduhovovlekajushhie dobavki v gidrotehnicheskom betone / V.V. Stol'nikov. – M.: Gosudarstvennoe jenergeticheskoe izdatel'stvo, 1953 – 168 s.

35. Powers T.C. A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete / T.C. Powers //Journal of American Concrete Institute, vol.16 № 4, 1945 – pp. 245...272.

36. Dobavki v beton: Sprav.posobie / V.S.Ramachandran, R.F.Fel'dman, M.Kollepari i dr. –M.: Strojizdat, 1988. – 575 s.

37. Ferronskaja A.V. Vysokokachestvennyj melkozernistyj beton dlja dorozhnyh pokrytij / A.V. Ferronskaja, S.B. Kozhiev – Stroitel'nye materialy, 2005, №4 – S.58-59.

38. Ocenka metodami strukturno-imitacionnogo modelirovanija vlijaniya stepeni vlijaniya tehnologicheskikh faktorov na morozostojkost' betona / B.V. Gusev, V.I. Kondrashhenko, V.D. Kudrjavceva, V.P. Sopov, A.V. Usherov-Marshak. // Beton i zhelezobeton – puti razvitiya. Tom 3. Tehnologija betona. Sbornik trudov 2 vsrossijskoj konferencii – M. 2005. – S.67...71.

39. Chistjakov V.V. Intensifikacija tverdenija betona / V.V.Chistjakov, Ju.M.Doroshenko, I.G.Grankovs'kij – K.: Budivel'nik, 1988. – 16...49 s.

40. Struktura i morozostojkost' gidrotehnicheskogo betona s dobavkoj GKZh-94 / V.M. Moskvina, V.G. Batrakov, O.V. Kuncovich i dr. / – Beton i zhelezobeton, 1980, №7 – S.20...22.

41. Bertov V.M. Modificirovannye betony vysokih jekspluacionnyh svojstv na stroitel'stve Zejskoj GJeS / V.M. Bertov, V.G. Batrakov //Beton i zhelezobeton – puti razvitiya. Tom 3. Tehnologija betona. Sbornik trudov 2 vsrossijskoj konferencii – M. 2005. – S. 636...642.

42. Dobroljubov G. Prognozirovanie dolgovechnosti betona s dobavkami / G. Dobroljubov, V.B. Ratinov, T.I. Rozenberg. – M.: Strojizdat, 1983. – 212 s.