

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

УДК 691.328:666.972.16

В. В. ПРИСТИНСЬКА^{1*}

^{1*} Каф. «Будівлі та будівельні матеріали», Дніпропетровський національний університет залізничного транспорту імені академіка В. Лазаряна, вул. Лазаряна, 2, 49010, Дніпропетровськ, Україна, тел.+38 (056) 373 15 46, ел. пошта viktoriya_mega@mail.ru

ЕФЕКТИВНІСТЬ ВИКОРИСТАННЯ ХІМІЧНИХ ДОБАВОК ДЛЯ ВИГОТОВЛЕННЯ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ

Мета. Розглянути різноманітні добавки вітчизняного виробництва і оцінити доцільність їх використання для виробів транспортного будівництва. **Методика.** Дослідження проводилося шляхом введення суперпластифікатора та активної мінеральної добавки. **Результати.** В комплексну добавку повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можуть входити добавки, які керують кінетикою тужавлення і твердіння, повітровтягуючі добавки і піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. В останні роки широке розповсюдження здобули органо-мінеральні модифікатори типу суперпластифікатор – активна мінеральна добавка (мікрокремнезем, метакаолін, зола). **Наукова новизна.** Досліджено вплив різноманітних добавок на якість бетону. Встановлено, що комплексна добавка ПЛПК заслуговує особливої уваги, оскільки дозволяє отримувати бетони з дуже високими характеристиками довговічності і рекомендується для застосування в залізничних шпалах. Таким чином, введенням добавок до складу бетону можна суттєво підвищити довговічність і надійність залізобетонних виробів. **Практична значимість.** Результати дослідження можуть використовуватися для підвищення надійності і довговічності бетонних конструкцій. Це потребує подальших досліджень з підбору складу бетону з комплексною добавкою ПЛКП і додаванням активних мінеральних компонентів.

Ключові слова: надійність; довговічність; міцність; добавка; суперпластифікатор; мікрокремнезем; зола-виносу; зносостійкість; тріщиностійкість; модифікатор

Постановка проблеми

Довговічність залізобетонних виробів, зокрема плит безбаластного мостового полотна (БМП) багато в чому залежить від якості бетону, яка, в свою чергу, залежить від якості матеріалів, що використовуються при виготовленні бетонної суміші. В плитах БМП вже в перші два-три роки після укладання виникають тріщини та безліч дефектів, що спричиняються їх складним напружено-деформованим станом. Ще однією з причин погіршення експлуатаційних характеристик цих плит вважають недосконалість складу бетону. Усунення цих тріщин і підвищення довговічності бетону на сьогоднішній день є дуже актуальною проблемою.

Аналіз попередніх досліджень

Проведений аналіз матеріалів досліджень і публікацій [1-8] вказує на те, що суттєво підвищити довговічність та якість бетону залізобетонних виробів можна за рахунок введення хімічних добавок, які дозволяють покращити властивості та структуру бетону. В наш час існує дуже багато добавок вітчизняних виробників, які своїми властивостями не поступаються закордонним, але в багатьох конструкціях і виробках вони не застосовуються, тому що нормативними документами висуваються дуже жорсткі вимоги щодо їх використання.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

Мета роботи

Розглянути різноманітні добавки вітчизняного виробництва і оцінити доцільність їхнього використання для виробів транспортного будівництва, зокрема плит БМП.

Виклад основного матеріалу

Плити БМП працюють в тяжких умовах експлуатації. У зв'язку з цим, до якості бетону, що визначається його складом, способами укладання та подальшого догляду, висувуються підвищені вимоги щодо міцності, морозостійкості, водонепроникності, стійкості до агресивної дії рідких середовищ, стирання, тріщиностійкості і довговічності. Також актуальними є питання забезпечення високої технологічності цементних систем при низькому В/Ц, рухливості бетонних сумішей, економії цементу та енергоспожив.

Ці вимоги до бетону можуть бути задоволені за рахунок введення добавок у цементобетон. У світовій практиці частка бетонів з вмістом добавок невинно зростає, в промислово розвинених країнах не менше 90 % цементного бетону випускають з хімічними добавками. На сьогоднішній день в Україні хімічні добавки застосовують практично у всіх технологіях виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які, без добавок, було просто неможливо. Сучасний бетон перетворюється завдяки новим хімічним добавкам у все більш складний композиційний матеріал, властивості якого можуть набагато перевершувати традиційний склад бетону [5].

Однак для отримання бетонів високої міцності найбільш ефективно застосування не окремих добавок, а спеціально підібраних комплексних добавок поліфункціональної дії в залежності від призначення бетону і вимог, щодо його якості.

В комплексну добавку повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можуть входити добавки, які керують кінетикою тужавлення і твердіння, повітровтягуючі добавки і піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. Склад комплексної добавки повинен відповідати вибраній технології і заданим властивостям бетону.

В останні роки широке розповсюдження здобули органо-мінеральні модифікатори типу суперпластифікатор + активна мінеральна добавка (мікрокремнезем, метакаолін, зола й ін.).

Наприклад, Živica V. запропонував новий вид комплексного органо-мінерального модифікатора у вигляді меленого доменного граншлаку і суспензії мікрокремнезему у водному розчині лужного активатора шлаку [8].

В останній час встановлено прискорюючу дію на твердіння цементу тіосульфату і роданіду натрію ($\text{Na}_2\text{S}_2\text{O}_3$ і NaSCH). Добавки тіосульфату і роданіду натрію не викликають корозії арматури в залізобетоні. Як тіосульфат, так і роданід натрію є порівняно дорогими добавками, тому практичний інтерес представляють суміші цих солей на базі промислових відходів, зокрема переробки коксового газу. В Україні це добавки системи «Релаксол» [1].

«Релаксол-Супер» – комплексна добавка-суперпластифікатор, призначена для виготовлення товарних бетонів високого класу, а також залізобетонних виробів з можливістю зниження параметрів термообробки. «Релаксол-Супер» дозволяє: підвищити рухливість бетонної суміші з П1 до П5, знизити водопотребу суміші на 20%, забезпечити зростання міцності на ранній стадії твердіння, знизити параметри ТВО, підвищити міцність, водонепроникність та морозостійкість. Рекомендоване дозування добавки складає 0,5...2,5 % від маси цементу.

«Релаксол-Темп 3» – добавка-прискорювач твердіння бетону. Введення добавки дозволяє: інтенсифікувати гідратацію, зменшити терміни твердіння цементу, збільшити ранню міцність бетону. Дозування добавки: 0,8... 2 % від маси цементу.

«Релаксол-Універсал ВМ» – органо-мінеральний комплекс, який включає в себе мінеральний компонент і суперпластифікатор. Добавка застосовується для виробництва товарних бетонів і залізобетонних конструкцій з підвищеними характеристиками за щільністю, водонепроникністю, міцністю. Введення добавки дозволяє: знизити водопотребу бетонної суміші на 15 %, підвищити міцність бетону на 20 % при незмінній кількості цементу, поліпшити характеристики довговічності (водонепроникність, морозостійкість, корозійну стійкість), знизити водопотребу і розшарування бетонної суміші. Дозується в кількості 1,0...6,0 % від маси цементу.

«Релаксол-Норма» – комплексна добавка з сильною пластифікуючою і водоредуційною дією. Призначена для регулювання рухливості та зручності укладальності бетонних сумішей при їх транспортуванні, а також прискорення набору

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

міцності. «Релаксол-Норма» дозволяє: отримати високорухливі бетонні суміші однорідної структури, зменшити витрату цементу, знизити водопотребу бетонної суміші на 10–15 %, підвищити міцність, зменшити усадку і повзучість. Добавка дозується в кількості 0,5...2,5 % від маси цементу. Виробник добавок системи «Релаксол»: ТОВ «Будіндустрія ЛТД», м. Запоріжжя [3].

Суперпластифікатор «Дофен-М» є аналогом широко відомого «С-3» (Росія), «Майті» (Японія), «Мелмент» (Германія). «Дофен-М» застосовується як високорозріджуюча добавка, найкраща для товарного бетону, для густоармованих конструкцій і там, де необхідні високорухливі суміші або отримання бетону високої довговічності. Він представляє собою продукт олігомерного типу на основі натрієвих солей сульфокислот нафталіну і його похідних. Ефективність використання: значно зменшується час набору технологічної та відпускну міцності бетону, скорочується цикл виготовлення конструкцій, забезпечується істотна економія цементу, енерго- і трудовитрат, підвищується марочна міцність бетону, щільність, водонепроникність, морозостійкість, корозійна стійкість, довговічність. Оптимальне дозування добавки складає 0,35...0,45 % від маси цементу. Виробник: НВФ «Модиф», м. Донецьк.

Модифікатор бетону «Катапласт» ПФМ-НЛК – поліфункціональна повітровтягуюча добавка-суперпластифікатор на основі нафталінсульфоната, що забезпечує стабільне підвищення морозостійкості. ПФМ-НЛК рекомендується застосовувати для виготовлення збірних і монолітних залізобетонних конструкцій, призначених для експлуатації в умовах агресивного впливу навколишнього середовища і в суворих кліматичних умовах. Він не містить хлоридів і може застосовуватися при виготовленні армованих і попередньо напружених залізобетонних конструкцій. Введення ПФМ-НЛК дозволяє: отримувати бетони з підвищеною морозостійкістю, водонепроникністю і корозійною стійкістю, збільшити характеристики міцності на 15% (за рахунок скорочення витрат води при незмінних витратах цементу і рухливості бетонної суміші), зменшити витрату цементу в рівнорухливих сумішах на 10 – 15 %, отримувати сульфатостійкі бетони з використанням звичайного портландцементу. Рекомендоване дозування добавки складає 0,6...0,8 % від маси

цементу. Постачальник: ТОВ «Поліпласт Україна», м. Київ.

Добавка «Реламікс» – нова перспективна розробка російських та українських учених. Реламікс ущільнює структуру бетону і забезпечує підвищення його морозостійкості і водонепроникності, не має корозійного впливу на арматуру. «Реламікс» – це прискорювач набору міцності і суперпластифікатор на основі суміші неорганічних (роданіду та тіосульфату) і органічних солей натрію [2]. Введення добавки сприяє: збільшенню кінцевих характеристик міцності бетону, зменшенню кількості води, скороченню тривалості або зниженню температури ТВО. Добавка дозується у кількості 0,6...1,5 % від маси цементу. Постачальник: ТОВ «Поліпласт Україна», м. Київ.

Підвищення механічних і технологічних характеристик бетонів і будівельних розчинів, отриманих з використанням комплексних добавок бетону «ПЛКП», забезпечується за рахунок модифікування кристалів цементного каменю. Цілеспрямована розробка системи модифікаторів дозволила одночасно з прискоренням і більш повним здійсненням процесу гідратації цементу отримати можливість впливу на процес кристалоутворення. Система комплексних добавок до бетону «ПЛКП» дозволяє впливати на розміри і форму кристалів цементного каменю, забезпечувати необхідні властивості будівельних матеріалів, структура штучного каменю, що формується, забезпечує підвищення міцності на стиск і вигин, зносостійкості, морозостійкості і водонепроникності бетонів.

Введенням добавки «ПЛКП-1» можна досягти: підвищення рухливості бетонної суміші від 2-4 до 14-22 см, зниження водоцементного відношення на 8-15 %, запобігання розшаруванню і продовжуючи час переробки суміші, підвищення міцності бетону на 30-50 %, зменшення витрати цементу на 10-25 %, значного зменшення усадки бетону під час твердіння (перешкоджаючи утворенню тріщин), підвищення зносостійкості бетону та надійності конструкцій, підвищення морозостійкості та водонепроникності бетону, скорочення витрати тепла при виробництві збірного залізобетону на 30-60 %, здійснення бетонування при температурі до -15 °С. Добавка дозується у кількості 0,5...1,5 % від маси цементу. Виробник добавок для бетону «ПЛКП»: ПП «Логія», м. Дніпропетровськ.

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

«PLASTPLUS-SPC» – вискоєфективний суперпластифікатор, виготовлений на основі полікарбоксилатних ефірів, що прискорює процес набору міцності та призначений для конструкційного бетону. Ефективність використання: підвищення ранньої та кінцевої міцності, зниження витрат води в бетонній суміші до 20 %, зниження витрат цементу при збереженні характеристик міцності до 25 %, підвищення рухливості бетонної суміші з П1 до П5, підвищення морозостійкості бетону на 2 марки і більше, підвищення водонепроникності бетону на 3 ступені і більше, зниження розшарування бетонної суміші, зниження водовідділення бетонної суміші, підвищення якості поверхні виробів, сумісність з усіма видами цементу, не випадає в осад, не містить хлоридів. Дозування добавки: 0,6...1,2% рідкої речовини від загальної маси цементу. Виробник: ПП «Пластифікатор-Плюс», м. Київ.

«Віртуоз-31» використовується в якості суперпластифікатора для приготування бетону, монолітного бетону та залізобетону. Введення добавки дозволяє: підвищити рухливість бетону в 7 разів, покращити зчеплення нового бетону зі старим, зменшити водопотребу на 20 %, прискорити твердіння бетону в 3 рази, підвищити початкову та кінцеву міцність, підвищити довговічність бетону, досягти економії цементу до 25 %. Дозування: на 100 кг цементу 0,5...2 л добавки. Виробник: ТОВ НВП «ВІРТУОЗ», м. Київ.

В якості активної мінеральної добавки використовують мікрокремнезем. Він утворюється в процесі виплавки феросиліцію і його сплавів. Його застосовують в мостобудуванні, дорожньому будівництві, при зведенні житлових і виробничих об'єктів, гребель і дамб, бурових платформ і свердловин, колекторних трас. Популярність мікрокремнезему пояснюється його унікальною здатністю позитивно впливати на властивості будівельних матеріалів, покращуючи їх якісні характеристики: міцність, морозостійкість, проникність, хімічну стійкість, сульфатостійкість, зносостійкість і ін. Використання мікрокремнезему дозволяє отримувати з рядових матеріалів бетон з високими експлуатаційними характеристиками і унікальними конструкційними можливостями, такими як: стійкість до стирання, зменшена до 200...450 кг/м³ витрата цементу, висока міцність, висока рухливість бетонної суміші (ОК = 22–24 см), підвищена антикорозійна стійкість, низька проникність для води і газів

W12-W16, морозостійкість F200-F600, підвищена довговічність (стійкість до сульфатної і хлоридної агресій, слабких кислот, морської води).

Ефект заповнення пор, що створюється пуццолановими сферичними мікрочастками, сприяє значному зменшенню капілярної пористості і проникності бетону. Оскільки мікрокремнезем має більший вплив на проникність, ніж на міцність, бетон з його вмістом завжди буде набагато менш проникним, ніж бетон еквівалентної міцності на звичайному портландцементі.

Відомо, що низька проникність і низький вміст вільного вапна підвищує стійкість бетону до дії агресивних хімічних речовин. Бетон з вмістом мікрокремнезему володіє цими якостями і проявляє чудову стійкість до дії цілого ряду речовин. Довгострокові польові випробування показали, що за своєю потенційною стійкістю до сульфату він дорівнює сульфатостійкому портландцементу.

Введення до складу бетону мікрокремнезему спільно з суперпластифікатором призводить до значно більшого зниження його проникності, що обумовлено скороченням початкового водовідділення і зміною структури цементного каменю. Процес характеризується збільшенням кількості пор гелю при одночасному зниженні кількості капілярних пор. Ця тенденція посилюється при збільшенні питомої поверхні мікрокремнезему і його дозувань у складі цементного каменю [4, 6].

Незважаючи на великий практичний досвід використання мікрокремнезему і досягнуті успіхи, результати численних досліджень, виконаних в останні десятиліття, в тому числі із застосуванням електронної мікроскопії, змушують з великою увагою ставитися до проблеми його застосування в бетонних технологіях. В основному це стосується ущільнених форм мікрокремнезему, що найбільш часто використовуються в бетонних роботах. Процес ущільнення, пов'язаний з утворенням великих агрегатів, знижує активність мікрокремнезему. Необхідно відзначити, що ефективність мікрокремнезему у складі розчинових і бетонних сумішей в значній мірі залежить від форми його застосування і дисперсності, особливо при невеликих дозах.

В якості вискоєфективної пуццоланової добавки все більшу популярність в світі набуває високоактивний метакаолін. Це штучний екологічно чистий матеріал, виготовлений з чистих каолінітів. За своєю хімічною природою

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

метакаолін істотно відрізняється від мікрокремнезему, представляючи собою суміш аморфного кремнезему і глинозему, що змішані практично в рівних кількостях. Частинки метакаоліну мають пластинчасту форму, яка обумовлює високу питому поверхню, що досягає 30 м²/г. Введення метакаоліну дозволяє: підвищити пластичність і легкоукладальність бетонної суміші, полегшити обробку бетонних поверхонь, суттєво знизити витрату суперпластифікаторів, необхідних для компенсації ефекту загушення при введенні тонко дисперсної добавки до цементу. Зокрема, при раціональному підборі дозування метакаоліну і пластифікатора, легкоукладальність бетону з метакаоліном може виявитися навіть більше, ніж рухливість бетону того ж складу з тією ж кількістю пластифікатора, але без метакаоліну [2].

Високий вміст активного глинозему обумовлює хімічні особливості цієї добавки. Глинозем здатний зв'язувати в кілька разів більше вапна порівняно з кремнеземом, що і обумовлює більш високу пуццоланову активність метакаоліну порівняно з мікрокремнеземом. Крім зв'язування лужноземельних металів (гідроксиду кальцію і магнію), метакаолін здатний надійно зв'язувати і луки, що містяться в портландцементі, або потрапляють в бетон з добавками (зокрема, протиморозними) або ззовні (наприклад, антикригові склади). Це забезпечує надійний захист бетонних конструкцій від таких проблем, як силікатно-лужна реакція, а так само виділення лугів на поверхні виробів у вигляді висолів, що погіршують зовнішній вигляд виробів і конструкцій. Алюмінатна складова метакаоліну здатна активно взаємодіяти з гіпсом, що міститься в портландцементі, або спеціально додається в цементні суміші. Контрольоване утворення еtringіту на ранніх етапах твердіння бетонів і розчинів дозволяє істотно знизувати деформації усадки і навіть отримувати безусадкові бетони.

Дослідженнями і практикою встановлена ефективність введення сухих пилоподібних зол при виготовленні бетонних і розчинних сумішей в якості активних мінеральних добавок і мікронаповнювачів. Бетонні суміші з золами володіють більшою в'язкістю, меншим водовідділенням і розшаруванням. Бетон має при цьому більшу міцність, щільність, водонепроникність, стійкість до деяких видів корозії, меншу теплопровідність. Найбільш ефективні, як активні добавки, в бетонах, кислі золи, що не володіють в'язкими влас-

твостями; їх пуццоланова активність спостерігається у взаємодії з цементним в'язучим. В даний час все ширше застосовується зола-виносу у виробництві збірних залізобетонних конструкцій. Однак при надмірному вмісті золи можливо спучування поверхні виробів, що піддаються пропарюванню.

Вимоги до зол, як до активних мінеральних добавок у бетонну суміш, обумовлені фізико-хімічним механізмом впливу на процеси твердіння та структуроутворення бетону. Гідравлічна активність зол, як і інших речовин пуццоланового типу, значною мірою обумовлена хімічною взаємодією вхідних до їх складу оксиду кремнію і алюмінію з гідроксидом кальцію, який виділяється при гідролізі клінкерних мінералів, з утворенням гідросилікатів і гідралюмінатів кальцію. Гідратації зол сприяє їх склоподібна фаза, кристалічна фаза в цьому процесі практично інертна. Хімічна активність зол безпосередньо пов'язана також з їх дисперсністю. За сучасними уявленнями міцність цементу і бетону з добавкою золи залежить від товщини порушеного хімічними процесами поверхневого шару зольної частинки [7].

Позитивному впливу золи на структуроутворення бетону сприяє також «ефект дрібних порошоків», які розширюють вільний простір, де осаджуються продукти гідратації, що і прискорює процес твердіння цементу [1].

Здатність активних мінеральних добавок (активних наповнювачів) замінювати цемент можна оцінити коефіцієнтом «цементуючої ефективності», який показує необхідну кількість в'язучого, що еквівалентна в бетоні 1 кг добавки. Для мікрокремнезему такий коефіцієнт дорівнює 3...4, для метакаоліну – 1...2, для золи-виносу – 0,25...0,4.

Оскільки тонкодисперсні наповнювачі зазвичай підвищують водопотребу бетонної суміші, то їх введення найбільш раціональне разом з пластифікуючими добавками. Доведена ефективність застосування суперпластифікаторів з комплексними наповнювачами типу «зола-мікрокремнезем», «зола-карбонатний пил».

Висновок

Таким чином, введенням суперпластифікатора і активної мінеральної добавки (мікрокремнезему, метакаоліну, золи-виносу та ін.) можна суттєво підвищити надійність та довговічність залізобетонних виробів, зокрема плит БМП. С точки зору економічного ефекту для

ТРАНСПОРТНЕ БУДІВНИЦТВО

покращення властивостей бетону можна використовувати не закордонні суперпластифікатори, а вітчизняні, які коштують дешевше і за своїми характеристиками не поступаються закордонним. Особливої уваги заслуговує комплексна добавка ПЛКП, яка дозволяє отримувати бетон з дуже високими характеристиками довговічності і рекомендується для застосування в залізничних шпалах.

Для підвищення надійності і довговічності плит БМП необхідно проводити лабораторні дослідження з підбору раціонального складу бетону з комплексною добавкою ПЛКП і додаванням мікрокремнезему або золи-виносу, як активного мінерального компоненту.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Дворкин, Л. И. Строительные материалы из отходов промышленности : справочное пособие / Л. И. Дворкин, О. Л. Дворкин. – Ростов н/Д. : Феникс, 2007. – 368 с.
2. Захаров, С. А. Высокоактивный метакаолин – современный минеральный модификатор цементных систем / С. А. Захаров, Б. С. Калачик // Строительные материалы. – 2007. – № 5. – С. 56–57.
3. Синайко, Н. П. Добавки системы Релаксол в современном строительстве / Н. П. Синайко, Т. В. Бабаевская, А. Л. Гладун // Будівельні матеріали, виробы та санітарна техніка : зб. наук. праць Укр. н.-д. і проектно-конструкторського ін-ту буд. матеріалів та виробів. – 2010. – Вип. 37. – С. 20–23.
4. Хостин, С. И. Применение микрокремнезема на бетонных производствах / С. И. Хостин // Популярное бетоноведение. – 2004. – № 2. – С. 22–26.
5. Шейніч, Л. О. Дослідження характеристик тріщиностійкості бетону / Л. О. Шейніч, П. В. Попруга, Д. С. Іонов, А. М. Белоконь // Бетон и железобетон в Украине. – 2011. – № 5. – С. 7–10.
6. Collepardi, M. Combination of Silica Fume, Fly Ash and Amorphous Nano-Silica in Superplasticized High-Performance Concretes / M. Collepardi, O. J. J. Ogoumah, R. Troli [at el] // Proc. of the VII AIMAT Congress. (26 June – 2 July, 2004). – Ancona (Italy) : American Concrete Institute, 2004. – P. 495–506.
7. Li, G. Properties of high volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂ / Gengying Li // Cement and Concrete Resources. – 2004. – Vol. 34, № 6. – P. 1043–1049.
8. Živica, V. Effectiveness of new silica fume alkali activator / Vladimir Živica // Cement and Concrete Composites. – 2006. – Vol. 28, № 1. – P. 21–25.

В. В. ПРИСТИНСКАЯ^{1*}

^{1*}Каф. «Здания и строительные материалы», Днепропетровский национальный университет железнодорожного транспорта имени академика В. Лазаряна, ул. Лазаряна, 2, 49010, Днепропетровск, Украина, тел.+38 (056) 373 15 46, эл. почта viktoriya_mega@mail.ru

ЭФФЕКТИВНОСТЬ ПРИМЕНЕНИЯ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ

Цель. Рассмотреть различные добавки отечественного производства и оценить целесообразность их использования для изделий транспортного строительства. **Методика.** Исследование проводилось путем введения суперпластификатора и активной минеральной добавки. **Результаты.** В комплексную добавку должен входить эффективный суперпластификатор, а также могут входить добавки, которые управляют кинетикой схватывания и твердения, воздухововлекающие добавки и пеногасители, дисперсные и тонкодисперсные минеральные наполнители. В последние годы широкое распространение получили органо-минеральные модификаторы типа суперпластификатор – активная минеральная добавка (микрокремнезем, метакаолин, зола). **Научная новизна.** Исследовано влияние различных добавок на качество бетона. Установлено, что комплексная добавка ПЛКП заслуживает особого внимания, поскольку она позволяет получать бетоны с очень высокой долговечностью и рекомендуется для применения в железнодорожных шпалах. Таким образом, введением добавок в состав бетона можно существенно повысить долговечность и надежность железобетонных изделий. **Практическая значимость.** Результаты исследования могут использоваться для повышения надежности и долговечности бетонных конструкций. Это требует дальнейших исследований по подбору состава бетона с комплексной добавкой ПЛКП и добавлением активных минеральных компонентов.

Ключевые слова: надежность; долговечность; прочность; добавка; суперпластификатор; микрокремнезем; зола-уноса; износостойкость; трещиностойкость; модификатор

V. V. PRISTINSKAYA¹

Dep. "Construction and construction materials", Dnipropetrovsk National University named after Academician V. Lazaryan, Lazaryan Str., 2, 49010, Dnepropetrovsk, Ukraine, tel. 38 (056) 373 15 46, e-mail viktoriya_mega@mail.ru

THE EFFICIENCY OF THE USE OF CHEMICAL ADDITIVES FOR MANUFACTURE OF CONCRETE PRODUCTS

Purpose. To study various additives of a domestic production and to estimate expediency of their use for products of transport construction. **Methodology.** The study was conducted by introducing a superplasticizer and active mineral additives. **Findings.** The complex additive should include effective superplasticizing admix, as well as additives which operate stiffening and hardening kinetics, air retaining substances and defoaming agents, dispersion and fine-dispersion mineral fillers. In recent years organo-mineral modifiers such as superplasticizer - an active mineral additive (microsilica, metakaolin, ash) obtained a wide circulation. **Originality.** The impact of various additives on the concrete quality is studied. It is found out that the complex additive PLKP deserves the special attention because it allows producing a concrete of very high durability and is recommended for use in railroad ties. Thus, the introduction of additives in the concrete can significantly increase the durability and reliability of concrete products. **Practical value.** Results of the research can be used to improve the reliability and durability of concrete structures. This calls for further researches on the selection of the concrete mixture with complex additive PLKP, as well as adding the active mineral components.

Keywords: reliability; working life; durability; additive; superplasticizing admixture; microsilica; fly ash; abrasion resistance; crack strength; modifying agent

REFERENCES

1. Dvorkin L.I., Dvorkin L.O. *Stroitelnyye materialy iz otkhodov promyshlennosti* [Materials of construction from industrial wastes]. Rostov on Don, Feniks Publ., 2007. 368 p.
2. Zakharov S.A., Kalachik B.S. Vysokoaktivnyy metakaolin – sovremennyy mineralnyy modifikator tsementnykh sistem [Highly active metakaolin – modern mineral modifying agent of cement systems]. *Stroitelnyye materialy – Building materials*, 2007, no. 5, pp. 56-57.
3. Sinayko N.P., Babayevskaya T.V., Gladun A.L. Dobavki systemy Relaksol v sovremennom stroitelstve [Additives of Relaksol system in modern construction]. *Zbirnyk naukovykh prats Ukrainського naukovo-doslidnogo i proektno-konstruktorskogo instytutu budivelnykh materialiv ta vyrobiv "Budivelni materialy, vyroby ta sanitarna tekhnika"* [Proc. of Ukrainian Scientific, Design and Engineering Institution of Building materials, products and sanitary engineering], 2010, issue 37, pp. 20-23.
4. Khostin S.I. Primeneniye mikrokremsnezema na betonnykh proizvodstvakh [Microsilica application on concrete productions]. *Populyarnoye betonovedeniye – Popular Concrete Science*, 2004, no. 2, pp. 22-26.
5. Sheinich L.O., Popruha P.V., Ionov D.S., Bielokon A.M. Doslidzhennia kharakterystyk trishchynostiikosti betonu [Research of characteristics of concrete crack resistance]. *Beton i zhelezobeton v Ukraine – Concrete and reinforced concrete in Ukraine*, 2011, no. 5, pp. 7-10.
6. Collepardi M., Ogoumah O.J.J., Troli R., Simonelli F., Collepardi S. Combination of Silica Fume, Fly Ash and Amorphous Nano-Silica in Superplasticized High-Performance Concretes. [Proc. of the VII AIMAT Congress]. Ancona, 2004, pp. 495-506.
7. Li G. Properties of high volume fly ash concrete incorporating nano-SiO₂. *Cement and concrete resources*, 2004, vol. 34, no. 6, pp. 1043-1049.
8. Živica V. Effectiveness of new silica fume alkali activator. *Cement and Concrete Composites*, 2006, vol. 28, no 1, pp. 21-25.

Стаття рекомендована до публікації д.т.н., проф. О. М. Пшінько (Україна); к.т.н., проф. С. А. Щербаком (Україна)

Надійшла до редколегії: 14.01.2013

Прийнята до друку: 21.02.2013