

УДК: 666.972.16

Ю.Л. Новицький, Г.Я. Шевчук, Н.І. Топилко, С.В. Топилко*Національний університет «Львівська політехніка», Інститут будівництва та інженерії довкілля***ОПТИМІЗАЦІЯ ТЕХНОЛОГІЧНОГО ТА ЕКОНОМІЧНОГО ЕФЕКТИВІВ ПРИ ВИГОТОВЛЕННІ ТОНКОСТІННИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ВИРОБІВ ШЛЯХОМ ВИКОРИСТАННЯ ДОБАВОК МОДИФІКАТОРІВ**

Доведена ефективність використання добавок модифікаторів при виготовленні тонкостінних густоармованих залізобетонних виробів. Встановлено покращення реологічних властивостей бетонних сумішей, зниження вдовічі енергозатрат на ТВО, підвищення механічної міцності бетону на 15-40% в усі терміни твердіння при зниженні водоцементного відношення. Економія цементу становить до 10% на 1 м³ бетонної суміші при збереженні водоцементного відношення та марки суміші за рухливістю.

Ключові слова: залізобетонні вироби, модифікуюча добавка, міцність, тепло-вологісна обробка (ТВО)

Ю.Л. Новицкий, Г.Я. Шевчук, Н.И. Топилко, С.В. Топилко**ОПТИМИЗАЦИЯ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ И ЭКОНОМИЧЕСКИХ ЭФФЕКТОВ ПРИ ИЗГОТОВЛЕНИИ ТОНКОСТЕННЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ИЗДЕЛИЙ ПУТЕМ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ДОБАВОК МОДИФИКАТОРОВ**

Доказана ефективність використання добавок модифікаторів при изготовленні тонкостенных густоармированных изделий, соответствующих классу бетона В15-В20. Установлено, что при использовании комплексных добавок-модификаторов Лигнопан Б-2 (1 мас.%) на основе лигносульфонатов и Stachement 2061 (0,3 мас.%) на основе поликарбоксилатов наблюдается улучшение реологических свойств бетонных смесей, снижение вдвое энергозатрат на ТВО, повышение механической прочности бетона на 15-40% по всем срокам твердения при снижении водоцементного отношения, экономия цемента до 10% на 1 м³ бетонной смеси при сохранении водоцементного отношения и марки смеси за подвижностью. В случае использования ускорителя твердения ChrysoXel CS, на основе неорганических электролитов, значительного технологического и экономического улучшения не наблюдается. Кроме того, избыток неорганических электролитов приведет к сульфатной коррозии, повышения трещиноватости и ползучести бетона, возникновение коррозии стальной арматуры.

Ключевые слова: железобетонные изделия, модифицирующие добавки, прочность, тепло влажностного обработка (ТВО)

Y.L. Novyckiy, H.Ya. Shevchuk, N.I. Topylko, S.V. Topylko**OPTIMIZATION OF TECHNOLOGICAL AND ECONOMIC EFFECTS AT MANUFACTURING OF SMALL-FERROUS CONCRETE PRODUCTS BY THE USE OF ADDED MODIFIERS**

The efficiency of the use of modifiers additives in the manufacture of thin-walled reinforced products corresponding to the concrete class B15-B20 has been proved. It was established that with the use of complex additive modifiers Lignopan B-2 (1% by weight) on the basis of lignosulfonates and Stachement 2061 (0.3% by weight) on the basis of polycarboxylates, an improvement of the rheological properties of concrete mixtures, a doubling of energy consumption on (HMT), the mechanical strength of concrete by 15-40% on all terms of hardening with a decrease in the ratio, saving cement up to 10% per 1 m³ of concrete mix while maintaining the ratio of the mixture and the mark of the mixture by mobility. In the case of using a hardening accelerator ChrysoXel CS on the basis of inorganic electrolytes, there is no significant technological and economic improvement. In addition, excess of inorganic electrolytes will lead to sulfate corrosion, increased cracking and creep of concrete, the appearance of corrosion of steel fittings.

Keywords: reinforced concrete products, modifying additive, strength, heat-moisture treatment (HMT)

Постановка проблеми. Твердіння бетону – складний фізико-хімічний процес, що супроводжується безперервною зміною властивостей цементного каменю та бетону в цілому. Оптимальний ріст міцності бетону відбувається при позитивній температурі (15-25°C) і постійній вологості. Дотримання цих умов особливо важливе в перші 10-15 діб твердіння, коли бетон інтенсивно набирає міцність[1]. Твердіння бетону при знижених температурах сповільнюється, а при від'ємних – припиняється, тому теплові способи прискорення твердіння бетону є необхідністю в технології бетону та вимагають додаткових паливно-енергетичних витрат. На заводах залізобетонних виробів для прискорення твердіння бетону застосовують тепловологу обробку (ТВО), шляхом прогріву при температурі 85-90°C при постійній вологості насиченої пари. При цьому час твердіння залізобетонних виробів до набору ними відпускної міцності (70 % від марочної міцності) скорочується до 10-16 год (при твердінні в природних умовах для цього потрібно 10-15 діб). Переважно, з метою економії коштів на ТВО, раціонального використання площ заводу, підвищення оборотності металомістких форм залізобетонних виробів застосовують комбіноване твердіння бетону: при підвищених температурах – до досягнення розопалубочної

міцності (приблизно 20% від марочної) і при природньому твердінні (на відкритому складі) – до досягнення відпускнуї міцності.

У той же час, прагнення відмовитися від ТВО є актуальною проблемою сучасної технології бетону. Так як, лише за статистичними даними тільки на ТВО залізобетонних виробів і конструкцій в нашій країні щорічно витрачається понад 12 млн. т умовного палива. Проте, у випадку підприємств з виготовлення залізобетонних виробів, відмова від ТВО може бути економічно виправдана лише, якщо при нормальних умовах твердіння виробу досягають відпускнуї та розопалубочної міцності у пришвидшені терміни. В іншому випадку – зростає потреба у загальному обсязі металевих форм (відомо, що на більшості заводів залізобетонних виробів обсяг форм повинен бути не менше обсягу випущеної заводом продукції протягом доби при штучному твердінні та у 5-7 разів більше при природньому), виробничих площах заводу, скорочується тривалість оборотності коштів.

У сучасному бетонуванні є матеріали, які протягом однієї доби нормальних умов тверднення набувають до 40-50% марочної міцності. Це досягається використанням високо марочних швидкотверднучих цементів, жорстких бетонних сумішей, застосуванням гарячих бетонних сумішей. В даний час штучний спосіб твердіння виробів за своїм техніко-економічними показниками перевершує природний. Очевидно, подальший розвиток робіт в цьому напрямку дасть можливість, в найближчі роки, відмовитись в ряді випадків від штучного твердіння. Одночасно, виготовлення тонкостінних армованих виробів вимагає використання пластичних бетонних сумішей з підвищеною витратою цементу та високою рухливістю. Відомо, що портландцементи загально будівельного призначення у бетонних сумішах з підвищеною рухливістю, характеризуються сповільненим набором міцності бетону в ранній період твердіння[1]. Крім того, висока витрата портландцементу у бетонних сумішах сприяє деформації усадження бетону, що призводить до появи тріщин на поверхні затверділого каменю, пошкодження пасивуючого шару і корозії арматури. Під час використання бетонних сумішей зі знизеним водоцементним відношенням (жорстких або з маркою за легкоукладальністю P1, P2) обов'язковою умовою є віброукладання виробів. За недостатньої тривалості вібрування спостерігається недоуцільнення бетонної суміші і знизення міцності бетону, а довготривале вібрування не забезпечує бажаної щільності і міцності бетону, крім того, можливе розшарування бетонної суміші.

Для збільшення показників міцності і довговічності бетону необхідно зменшити вміст води, а для покращення легкоукладальності, яка забезпечує щільне і однорідне укладання бетонної суміші – підвищити. Така непослідовність в технології бетону вирішується шляхом розроблення і впровадження заходів, які забезпечують отримання бетонних сумішей необхідної легкоукладальності відповідно до прийнятого способу формування[2]. Як показали багаточисленні дослідження та практичний досвід, найбільш економічним і ефективним способом, що сприяє зменшенню водовмісту бетону, є введення до його складу поверхнево-активних речовин, які завдяки своїм пластифікуючим властивостям підвищують легкоукладальність бетонної суміші без збільшення витрати води.

Вказані вище технологічні проблеми при виготовленні тонкостінних залізобетонних виробів на підприємствах визначили спосіб їх вирішення, а саме, використання комплексних добавок-модифікаторів суперпластифікатор - прискорювач твердіння. Це забезпечує ефективне виготовлення тонкостінних залізобетонних виробів: покращення реологічних властивостей бетонної суміші, підвищення оборотності форм опалубки, знизення часу та температури ТВО, знизення витрати води при сталій рухливості бетонної суміші, підвищення міцності у ранній термін та у віці 28 діб при одночасному знизенні витрати цементу.

Аналіз останніх досліджень та публікацій. За останні роки на ринку України чітко встановилася тенденція до використання багатокомпонентних цементних систем з використанням різного типу комплексних добавок модифікаторів на основі суперпластифікаторів, що є найефективнішим для покращення властивостей цементних систем і бетону[3]. Хімічна природа суперпластифікаторів визначає їх водоредукуючий ефект. Так, лігносульфонати технічні забезпечують водоредукуючий ефект 5-15%, нафталінсульфонати 15-25%, поліакрилати 20-30%, полікарбоксилати 25-40%.

Суперпластифікатори, змінюючи реологічні властивості цементної системи, одночасно впливають на процеси формування структури, особливо на початковій (коагуляційній) фазі завдяки зменшенню водопотреби, що в подальшому відображається на параметрах кристалізаційної структури. Таким чином, можна припустити, що механізм дії

суперпластифікаторів полягає у фізичній адсорбції макромолекул на активних центрах в'язучого, що призводить до зниження внутрішнього тертя частинок твердої фази, а також її диспергації[4]. В подальшому, внаслідок появи та накопичення в системі гідроксиду кальцію відбувається хімічна взаємодія функціональних груп суперпластифікатора з гідроксидом кальцію, що призводить до нейтралізації молекул та відведення їх з поверхні зерен.

Вважається, що полікарбоксилати та акрилові сополімери є найбільш ефективними з усіх суперпластифікаторів [4]. Вони можуть призводити до зменшення водопотреби більш ніж на 40 %. Тому, саме їх переважно використовують для виробництва високоміцного та надвисокоміцного бетонів, де водоцементне відношення повинно бути не більшим за 0,2. Загалом, ці добавки проявляють надзвичайно високі показники по збереженню величини осадки конуса. Недоліком застосування добавок є висока вартість. Проте, для однієї і тієї ж категорії бетону полікарбоксилати можуть працювати при меншій дозі, ніж лігносульфонати, тому це не впливає на собівартість бетону. Обмежений досвід роботи з цими хімічними сполуками показує, що вони добре працюють при низькому водоцементному відношенні, виявляють менше проблем сумісності, порівняно з іншими добавками.

Ефективним вважається оптимальне доповнення суперпластифікатора добавками прискорювачами тужавіння бетону, з метою скорочення часу його витримки в опалубці, збільшення показників міцності готового бетону і прискорення будівельного процесу в цілому. Впровадження прискорювачів твердіння є ефективним технологічним прийомом, який дозволяє зменшити собівартість товару і збільшити техніко-економічні дані виробництва. Одночасно, використання прискорювачів твердіння забезпечує прискорений набір міцності при понижених осінньо-весняних температурах. Відомі добавки-прискорювачі реагують з в'язучим з утворенням малорозчинних сполук[5]. У результаті реакції обміну виділяється кальцій гідроксид у розчин і підвищується розчинність силікатних складових портландцементу. Водночас, традиційні добавки-прискорювачі можуть негативно впливати як на бетони, так і арматуру, що знижує їх експлуатаційні та будівельно-технічні властивості. З урахуванням колоїдно-хімічних явищ синергізму та компатильності в цементних системах для інтенсифікування тверднення бетонів за високої рухливості доцільно використовувати комплексні модифікатори на основі пластифікаторів та прискорювачів тверднення. Особливі властивості комплексних добавок дають змогу регулювати швидкість тверднення й одночасно змінювати рухливість, однорідність, структуру цементної матриці бетону та його експлуатаційні характеристики. Одержаний ефект обумовлений формуванням однорідної субмікропористої структури з максимально рівномірним розподілом у її об'ємі аморфної та кристалічної фаз гідратних новоутворень.

В Україні нагромаджений значний досвід використання комплексних добавок модифікаторів вітчизняного (Релаксол, Амкірод, Дофен, Coral та ін.) та іноземного виробництва Cementol Omega P (Словенія), Addiment (Німеччина), Protard (США), Sika (Швейцарія). Однак, в літературних даних та рекомендаціях щодо застосування цих додатків у неповному обсязі враховані усі чинники виробництва підприємств та їх техніко-економічна ефективність.

Постановка завдань. В роботі поставлено мету – дослідити технологічний та економічний ефект під час виготовлення тонкостінних армованих виробів з використанням виробничих умов таких добавок: прискорювач твердіння, комплексний суперпластифікатор-прискорювач твердіння та гіперпластифікатор.

Викладення основного матеріалу. При одержанні бетонів класу В 15-20 для окремих видів залізобетонних виробів на ПАТ «Львівський завод залізобетонних виробів №2» використовували портландцемент ПЦ II/A-Ш-400-Н (ДСТУ Б В. 2.7-46:2010) ПАТ «Івано-Франківськцемент» з фізико-механічними показниками: початок тужавіння – 3 год., кінець тужавіння – 4 год., міцність при стиску у віці 7 діб – 30,2 МПа; дрібний заповнювач – пісок Ясинецького родовища (ДСТУ Б.В 2.7-32-95) з модулем крупності $M_{кр} = 1,28$, насипною густиною – 1390 кг/м³, істинною густиною – 2590 кг/м³, порожнистістю – 45,1 %, вмістом пилюватих та глинистих домішок – 1,2%; грубий заповнювач – щебінь гранітний Клесівського родовища (ДСТУ Б.В.2.7-75-98) фракції 5-20 мм, вміст пилюватих та глинистих часток – 0,82%, вміст зерен пластинчастої та голчастої форми – 9,81%, марка за механічною міцністю – 140 МПа, марка за морозостійкістю – 300. Для порівняння та встановлення найбільш вдалого технологічного ефекту, в якості прискорювача твердіння використовували добавку ChrysoXelCS (Польща), комплексну добавку модифікатор суперпластифікатор-прискорювач твердіння – Лігнопан Б-2 та гіперпластифікатор Stachement 2061. Усі три види добавок вводили у бетонну суміш у вигляді водного розчину робочої

концентрації. Найбільш оптимальна кількість добавки для класу бетонів В15-В20, згідно заявки виробника представлена в табл.1.

ChrysoXelCS на основі неорганічних електролітів, як каталізатор гідратації цементу, особливо за низьких температур, а отже забезпечує швидкий приріст механічної міцності. Оптимальне її дозування становить 1,5% від маси цементу. Хлорид кальцію прискорює переважно раннє тверднення цементу шляхом каталітичного впливу на процеси гідратації аліту та беліту, або через зменшення лужності порового розчину каталізує гідратацію силікатних фаз. Недоліками застосування добавки є зменшення опірності цементу сульфатній корозії (особливо у пісних бетонних сумішах) та ризик протікання хімічних реакцій між лугами та наповнювачами. Також хлорид спричиняє підвищення тріщинуватості та повзучості бетону, виникнення корозії сталеві арматури [4].

Добавка Лігнопан Б-2 є пластифікатором прискорювачем на основі фракціонованих лігносульфонатів, нафталін і меланін сульфокислоти, тіосульфату та роданіду натрію, карбонатів натрію та літію, піногасників і простих ефірів целюлози. Використання добавки Лігнопан Б-2 дозволяє знизити вміст води у бетонній суміші на 15-20%, знизити енергетичні витрати та час ТВО на 40-50%, отримати міцність бетону 75-80% від марочної на другу добу при нормальних умовах твердіння, підвищити марку за водонепроникністю на один ступінь, підвищити оборотність форм опалубки. Лігнопан Б-2 не викликає корозії арматури. Добавка вводиться у кількості 0,8-1,5% від маси цементу при цьому знижується витрата води на 10-15% при рівнорухливих сумішах.

Гіперпластифікатор Stachement 2061 на основі полікарбоксилатів, за рахунок високої диспергуючої дії, дозволяє виробляти бетони з швидким набором початкових міцностей, в тому числі і при низьких температурах. Stachement 2061 – застосовується в дозах від 0,3 до 1,50% від маси цементу. У літніх умовах виробництва добавка дозволяє виключити термообробку повністю, а у зимових умовах термообробку максимально скорочує. Ця добавка дозволяє виготовляти високоякісні вироби із збірного залізобетону, попередньо напруженого бетону і самоущільнюваного бетону з швидким зростанням початкових міцностей. Добавку можливо застосовувати і для виробництва високомарочного товарного бетону.

З метою встановлення найбільш вдалого технологічного та економічного ефектів, промисловими випробуваннями досліджено вплив вищевказаних добавок на міцність виробів. Випробування проводили в період зимових температур тому, з метою підвищення оборотності форм опалубки та продуктивності цеху по готовій продукції, природні умови твердіння було виключено. Одночасно у виробничих умовах було зменшено тривалість та температуру ТВО, що дало змогу не тільки знизити витрати на виробництво, але й досягти кращої якості виробів, оскільки основні деструктивні явища у бетоні, що пропарюється, значно інтенсифікуються за температур вищих від 60⁰С.

В результаті проведених випробувань (табл.1), встановлено, що за мінімального вмісту добавок (мінімальний оптимальний вміст для певного класу бетону, що заявлено виробником) і збереження сталої рухливості бетонної суміші знижується водоцементне відношення, що дає змогу одержати бетони вищого класу міцності. Міцність виробів вже після пропарки, тривалість та температура котрої скорочена удвічі, відповідає відпускній міцності (більше 70% від марочної міцності). Виключення спостерігається лише при введенні добавки прискорювача ChrysoXelCS (1,5 мас%), де після ТВО міцність продукції складає лише 61-69% від марочної міцності. Очевидно, що для отримання вищого результату, при використанні ChrysoXelCS, необхідно підвищити температуру та тривалість ТВО. Однак, підвищення вмісту добавки ChrysoXelCS, може призвести до сульфатної корозії, тріщинуватості та повзучості бетону, виникнення корозії сталеві арматури. Слід зазначити, що після ТВО більший приріст міцності спостерігається при введенні комплексної добавки пластифікатор-прискорювач Лігнопан Б-2 (1,0 мас.%) і складає 77-87% від марочної міцності, а при введенні гіперпластифікатора Stachement 2061 (0,3 мас%) – 75-80% від марочної міцності (табл.1). Одночасно, вищий приріст міцності показують вироби з бетону класу В 20. При використанні добавки Лігнопан Б-2 (1,0 мас.%) – 87%, Stachement 2061 (0,3 мас%) – 80 % від марочної міцності після ТВО. У виробах класу В15 при використанні добавки Лігнопан Б-2 (1,0 мас.%) одержуємо 77%, Stachement 2061 (0,3 мас%) – 75 % від марочної міцності після ТВО. Це пояснюється тим, що полікарбоксилати, котрі є в основі Stachement 2061, краще працюють на високо марочних цементах і, відповідно, на бетонах вищого класу міцності.

Використання добавок прискорювача твердіння ChrysoXelCS, комплексної добавки модифікатора суперпластифікатор-прискорювач твердіння Лігнопан Б-2 та гіперпластифікатора Stachement 2061 забезпечує основний технологічний ефект. При збереженні марки бетонної суміші за рухливістю водоцементне відношення знижується на 8-18%, а механічна міцність на усіх етапах твердіння зростає у 1,2-1,4 рази.

Таблиця 1

Результати випробувань залізобетонних виробів з комплексними добавками

Назва виробу	Клас бетону	ОК, см	В/Ц	Вміст добавки (мас.%)	Тип твердіння бетону	Границя міцності на стиск, МПа. Міцність бетону від проектної марки (%) у віці, діб				
						1*	3	7	14	28
Лотковий елемент	В 20	4	0,40	-	4 год перед ТВО+2 год ТВО за 85 ⁰ С	<u>15.0</u> (60%)	<u>18.0</u> (72%)	<u>21.0</u> (84%)	<u>23.5</u> (94%)	<u>24.5</u> (98%)
			0,38	1,5 % ChrysoXelCS	2 год перед ТВО+1 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>17.3</u> (69%)	<u>18.3</u> (73%)	<u>19.7</u> (79%)	<u>24.3</u> (97%)	<u>25.5</u> (102%)
			0,35	1,0% Лігнопан Б-2	2 год перед ТВО+1 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>21.8</u> (87%)	<u>23.0</u> (92%)	<u>28.5</u> (114%)	<u>33.8</u> (135%)	<u>35.8</u> (143%)
			0,33	0,3 % Stachement 2061	2 год перед ТВО+1 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>20.0</u> (80%)	<u>21.0</u> (81%)	<u>26.0</u> (104%)	<u>23.3</u> (133%)	<u>36.0</u> (144%)
Кришка кільця каналізаційного	В15	4	0,40	-	3,5 год перед ТВО+2,5 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>12.0</u> (60%)	<u>13.6</u> (68%)	<u>16.0</u> (80%)	<u>18.2</u> (91%)	<u>19.6</u> (98%)
			0,38	1,5 % ChrysoXelCS	1,5 год перед ТВО+1,5 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>12.2</u> (61%)	<u>15.8</u> (79%)	<u>17.6</u> (88%)	<u>24.9</u> (124%)	<u>25.6</u> (128%)
			0,37	1% Лігнопан Б-2	1,5 год перед ТВО+1,5 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>15.4</u> (77%)	<u>16.5</u> (83%)	<u>18.0</u> (90%)	<u>19.6</u> (98%)	<u>22.7</u> (114%)
			0,35	0,3 % Stachement 2061	1,5 год перед ТВО+1,5 год ТВО за 45 ⁰ С	<u>15.0</u> (75%)	<u>16.2</u> (80%)	<u>21.8</u> (109%)	<u>23.4</u> (117%)	<u>24.7</u> (123%)

Примітка 1* - міцність бетону після ТВО

Встановлено, що при використанні комплексної добавки модифікатора суперпластифікатор-прискорювач твердіння Лігнопан Б-2 та гіперпластифікатора Stachement 2061 у бетонних сумішах під час виготовлення тонкостінних залізобетонних виробів спостерігається вища гомогенізація та зменшення розшаровуваності бетонної суміші. При введенні прискорювача твердіння ChrysoXelCS якість бетонної суміші, практично, незмінюється. У випадку використання добавок ChrysoXelCS, Лігнопан Б-2, Stachement 2061 при збереженні водоцементного відношення, встановлено (табл. 2) зменшення витрати цементу на 5-10%, що дозволяє економити кошти на матеріалізокрема 20-65грн на кожен 1 м³ готової бетонної суміші (станом на I квартал 2019 р.).

Таблиця 2

**Економічна ефективність використання залізобетонних виробів
з комплексними добавками**

Назва продукції	Клас бетону	Вміст добавки, мас. %	Бетонна суміш				Зниження витрати цементу, %
			В/Ц	Густина, кг/м ³	Витрата цементу, кг/м ³	ОК, см	
Лотковий елемент	В20	-	0,40	2410	320	4	-
		1,5 % ChrysoXelCS	0,40	2400	311	4	2,8
		1,0% Лігнопан Б-2	0,40	2392	307	4	4,0
		0,3 % Stachement 2061	0,39	2381	301	4	6,5
Кришка кільця каналізаційного	В15	-	0,40	2405	250	4	-
		1,5 % ChrysoXelCS	0,40	2390	242	4	3,2
		1,0% Лігнопан Б-2	0,40	2385	235	4	6,0
		0,3 % Stachement 2061	0,40	2340	227	4	10

Висновки. Заводськими випробуваннями встановлено позитивний економічний та технологічний ефекти від використання пластифікатора-прискорювача Лігнопан Б-2 та гіперпластифікатора Stachement 2061 при виготовленні тонкостінних густоармованих залізобетонних виробів. При цьому покращено реологічні властивості бетонних сумішей, зменшено вдвічі енергозатрати на ТВО, підвищено механічну міцність бетону на 15-40% в усі терміни твердіння при зниженні водоцементного відношення. Економія цементу становить до 10% на 1 м³ бетонної суміші при збереженні водоцементного відношення та марки суміші за рухливістю. Встановлено, що при використанні комплексних добавок Лігнопан Б-2 (1,0 мас.%) на основі лігносульфонатів та Stachement 2061 (0,3 мас.%) на основі полікарбоксилатів при виготовленні тонкостінних залізобетонних виробів спостерігається вища однорідність бетонної суміші та зниження її розшарування. Незважаючи на високу вартість, полікарбоксилатив бетонній суміші працюють при значно меншому дозуванні, ніж лігносульфонати, тому це не впливає на собівартість бетону. У випадку використання прискорювача твердіння ChrysoXelCS, на основі неорганічних електrolітів, значного технологічного та економічного покращення не досягнуто.

Список використаних джерел:

1. Конструкційні матеріали нового покоління та технології їх впровадження у будівництво / [Р. Ф. Рунова, В. І. Гоц, М. А. Саницький та ін.]. – Київ: УВПК "ЕксОб", 2008. – 360 с. – (1).
2. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы / Л. И. Касторных. – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 221 с. – (2).
3. Позняк О. Р. Високофункціональні бетони з комплексними модифікаторами на основі полікарбоксилатів / Оксана Романівна Позняк. // Вісник НУ "Львівська політехніка" Теорія і практика будівництва. – 2009. – №655. – С. 224-230.
4. Флейшер Г. Ю. Багатофункціональні азотвмісніхімічні добавки для цементів з продуктів переробки комунальних відходів : дис. канд. техн. наук : 05.17.11 – Техн / Флейшер Ганна Юріївна – Київ, 2016. – 213 с.
5. Вплив добавок пластифікувально-прискорювальної дії на структуроутворення та міцність бетонів / [Т. А. Мазурак, У. Д. Марущак, Ю. В. Олевич та ін.]. // Вісник НУ "Львівська політехніка" Теорія і практика будівництва. – 2015. – №823. – С. 216–221.

Рецензенти:

Новосад Петро Васильович – к.т.н., доц.кафедри будівельного виробництва ІБД, НУ «Львівська політехніка»

Бабаджанова Ольга Федорівна – к.т.н., доц. кафедри цивільного захисту та комп'ютерного моделювання екогеофізичних процесів Львівського Державного Університету Безпеки Життєдіяльності

Стаття надійшла до редакції 15.03.2019