

УДК 666.972.16

DOI 10.36910/6775.24153966.2021.71.23

Ю.Л. Новицький¹, Н.І. Топилко¹, Ю.П. Кривенчук², В.А. Пристай³*Національний університет «Львівська політехніка», Інститут будівництва та інженерії докілья, кафедра автомобільних доріг та мостів¹**Національний університет «Львівська політехніка», Інститут комп'ютерних наук та інформаційних технологій, кафедра систем штучного інтелекту²**Керівник відділення компанії ТОВ МЦ Баухемі в Західному регіоні³*

ДОСЛІДЖЕННЯ ВПЛИВУ ДОБАВОК КОМПАНІЇ MC-BAUCHEMIE НА ФІЗИЧНІ ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ТА ТЕХНОЛОГІЮ ВИГОТОВЛЕННЯ ДОРОЖНИХ ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ПЛИТ

Високий рівень експлуатаційних показників дорожніх залізобетонних плит, що піддаються багатоповторюваному силовому, вологісно-температурному та корозійному впливам, забезпечується за рахунок оптимізації виробництва з використанням суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 компанії MC-Bauchemie. Таке технологічне рішення дозволяє знизити собівартість продукції через виключення процесів віброуплотнення бетонної суміші та тепло-вологісного оброблення виробів.

Ключові слова: залізобетонні дорожні плити, полікарбоксилати, міцність бетону, тепло-вологісне оброблення (ТВО).

Ю.Л. Новицкий, Н.И. Топилко, Ю.П.Кривенчук, В.А. Пристай ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ДОБАВОК КОМПАНИИ MC-BAUCHEMIE НА ФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА БЕТОНА И ТЕХНОЛОГИЮ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ДОРОЖНЫХ ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ПЛИТ

Високий рівень експлуатаційних показників дорожніх залізобетонних плит, піддаються циклічному силовому, вологісно-температурному та корозійному впливам, забезпечується за рахунок оптимізації виробництва з використанням суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 компанії MC-Bauchemie. Таке технологічне рішення дозволяє знизити собівартість продукції за виключення процесів віброуплотнення бетонної суміші та тепло-вологісного оброблення виробів.

Ключевые слова: железобетонные дорожные плиты, поликарбоксилаты, прочность бетона, тепло-влажная обработка (ТВО).

Yu.L.Novytskyi, N.I.Topylko, Yu.P. Kryvenchuk, V.A. Prystai STUDY OF THE INFLUENCE OF MC-BAUCHEMIE ADDITIVES ON THE PHYSICAL PROPERTIES OF CONCRETE AND TECHNOLOGY OF MANUFACTURE OF ROAD REINFORCED CONCRETE PLATES

The high level of performance of road reinforced concrete slabs, subjected to repeated force, moisture-temperature and corrosion effects, is ensured by optimizing production using superplasticizers based on MC-PowerFlow 7915 and MC-PowerFlow 7925 polycarboxylates from MC-Bauchemie. This technological solution allows to reduce the cost of production by eliminating the processes of vibratory compaction of concrete mix and heat-moisture treatment of products. At the same time, an improvement in the structure of the structural material and a significant increase in strength at all stages of concrete hardening, as a result of reducing the water-cement ratio while increasing the ease of laying of the concrete mixture. Production tests also found that the reduction in cement consumption per m³ of concrete mix is 10-20%.

Key words: reinforced concrete road slabs, polycarboxylates, concrete strength, heat-moisture treatment (TVO).

Вступ. Існує хибна думка, що цементобетонне покриття доріг є значно дорожче ніж асфальтобетонне. Однак, враховуючи це, життєвий цикл бетонної дороги становить 20-25 років, а асфальтобетонної – до 10 років. Загальна вартість цементобетонних доріг протягом 20 років в 2-2,5 рази менша в порівнянні з асфальтобетонними.

Враховуючи життєвий цикл доріг та термін їх експлуатації, бетонні дороги є міцнішими та більш довговічними. Відповідно, у довгостроковій перспективі (20 років) витрати на будівництво асфальтобетонної дороги будуть включати два капітальних ремонти, в той час, як будівництво цементобетонної – один капітальний ремонт. Цементобетонне покриття є екологічно безпечним, на відміну асфальтобетонного, де в якості в'язучих застосовують шкідливі нафтопродукти.

Однак, цементобетонна дорога складніша за конструкцією і технологією будівництва та потребує спеціальної дорожовартісної техніки. Улаштування дороги з бетону передбачає наступні етапи: підготування ґрунтової основи, облаштування шару підсипки, облаштування опалубки, армування, заливання бетоном із подальшим доглядом. Для кожного шару цементобетону для досягнення 70% відзапроектованої міцності необхідно кілька тижнів. Тому, будівництво йде повільно. Якщо, строго не дотримуватися технології будівництва і утримання, то можна звести до нуля всі переваги цементобетонного покриття.

Тому, у будівництві бетонних доріг все більше застосовуються сучасні технології. Серед них – застосування наноматеріалів, коригування складу бетону з використанням відсіву дроблення гірничих порід, введення різноманітних добавок пластифікаторів, прискорювачів тужавлення, протиморозних. Такі заходи підвищують зносостійкість, розширюють сировинну базу і сприяють утилізації відходів.

Одним з найбільш раціональних варіантів облаштування дорожнього покриття є укладання залізобетонних дорожніх плит, оскільки дозволяє в короткі терміни без великих матеріальних витрат прокласти дорогу на потрібній ділянці.

Постановка проблеми. Дорожнє будівництво із використанням залізобетонних плит часто застосовується на під'їзних шляхах до будівельних майданчиків, в місцевостях із нестабільним ґрунтом, на стоянках, територій провінційних аеродромів. Головною відмінністю методу будівництва автодоріг з плит можна назвати універсальність. Укладання дорожніх плит може здійснюватися на будь-який тип ґрунту, чого не скажеш про традиційний спосіб асфальтування чи бетонування. Ще однією особливістю технології є відсутність використання важкої і дорогої техніки. Після закінчення робіт з укладання матеріалу, дорога відразу ж готова до експлуатації. Якщо, в подальшому необхідність в дорожньому покритті відпадає, плити можна демонтувати і використовувати повторно в іншому місці. Такі вироби відрізняються від нових, зовсім, незначними ушкодженнями в районі стиків і, іноді, зовнішнім виглядом, але при цьому їх вартість скорочується в декілька разів. Отже, використання якісного цементобетону та арматури, додавання під час виготовлення бетону добавок спеціального призначення, дотримання технології дозволяє значно підвищити зносостійкість та термін експлуатації дорожніх залізобетонних плит.

При виготовленні залізобетонних будівельних виробів тепловологісне оброблення (ТВО) є одним з найбільш важливих і енергоємних етапів, при цьому споживається близько 60% від загальної кількості енерговитрат[1]. Теоретично на нагрів виробу із бетону і металевих форм необхідно всього лише 10–15 % теплової енергії, а решта, що витрачається за відомими технологіями, – заплановані і незаплановані втрати, які досягають майже 50% від загальної кількості енерговитрат. Сучасний стан устаткування підприємств з виготовлення будівельних виробів, зокрема із бетону, потребує проведення подальшої реконструкції і модернізації виробництва з метою збільшення асортименту та якості, а також зниження собівартості продукції в умовах сучасного ринку. При цьому енергетична ефективність нових технологій та ефективна система управління процесом повинні бути одними з головних критеріїв їх вибору.

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 50% від марочної) і при природньому твердінні (на відкритому складі) – до досягнення відпускної міцності близько 70% від марочної.

Останніми роками розроблено і впроваджено цілу низку новітнього устаткування для теплової обробки бетонних виробів [1]. Для прискорення тверднення бетону використовують різні способи, а саме: механічні; хімічні; теплові. Механічні способи прискорення тверднення передбачають збільшення витрати цементу, використання швидкотверднучих цементів високих марок, зниження відношення В/Ц, застосування спеціальних способів укладання та ущільнення сумішей (пресування, вакуумування, віброукладання тощо). Але ці заходи пов'язані з ускладненням процесу виробництва. Хімічні способи прискорення тверднення передбачають введення в бетонну суміш хімічних добавок-стабілізаторів.

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 вироби досягають відпускної 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.

Для збільшення показників міцності і довговічності бетону необхідно зменшити вміст води у бетонній суміші, а для покращення легкоукладальності, яка забезпечує щільне і однорідне укладання цієї ж 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 залізобетонних виробів, зокрема дорожніх плит, на підприємствах визначили спосіб їх вирішення. А саме, використання комплексних добавок суперпластифікатор-прискорювач твердіння. Це забезпечує покращення реологічних властивостей бетонної суміші (особливо жорстких), підвищення оборотності форм опалубки, зниження часу та температури ТВО (а в деяких випадках і повна відмова від ТВО), зниження витрати води при сталій рухливості бетонної суміші, підвищення міцності у ранній термін та у віці 28 діб при одночасному зниженні 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%.

Вважається, що полікарбоксилати та акрилові сополімери є найбільш ефективними з усіх суперпластифікаторів [4-6]. 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 меншому дозуванні, 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. «Гребенеподібна» молекула полікарбоксилату складається з одного головного полімерного ланцюга з бічними відгалуженнями карбоксильних та ефірних груп. Карбоксильні групи відіграють важливу роль при адсорбції полікарбоксилатів на частинках цементу. Диспергуючий ефект полікарбоксилатної добавки відбувається не через електростатичне відштовхування частинок цементу, як при використанні нафталінових добавок, а в першу чергу через просторове відштовхування, яке пов'язане із довгими боковими ефірними ланцюгами.

Група компаній MC-Bauchemie Müller GmbH & Co. KG є одним із провідних міжнародних виробників будівельної хімії та технологій. Виробники готових бетонних сумішей, бетонних виробів давно користуються перевагами високоякісних добавок компанії MC-Bauchemie. Цементні та бетонні добавки компанії MC-Bauchemie дозволяють змінювати характеристики бетону для отримання таких властивостей: швидке (або) довготривале твердіння, стійкість, якість поверхні, легкоукладальність, підвищення міцності на стиск, економія цементу при збереженні міцності бетону.

Одне з найважливіших завдань для кожного виробника бетонних виробів полягає у досягненні високої ефективності виробництва без зниження якості продукції. Бетонна продукція, як правило, виготовляється з жорстких бетонних сумішей. Зважаючи на низький вміст води, їх ущільнення є досить складним і потребує додаткових витрат. Основне завдання при виготовленні бетонних та залізобетонних виробів є забезпечення швидкого й ефективного виробництва. В Україні нагромаджений значний досвід використання комплексних добавок модифікаторів вітчизняного та іноземного виробництва. Однак, в літературних даних та рекомендаціях щодо застосування цих добавок у неповному обсязі враховані усі чинники виробництва підприємств та їх техніко-економічна ефективність. Тому, дослідження варто проводити конкретно під певні матеріали та виробництво.

Мета роботи. В роботі поставлено мету – дослідити технологічний та економічний ефект під час виготовлення дорожніх залізобетонних плит з використанням у виробничих умовах добавок суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів компанії MC-Bauchemie.

Викладення основного матеріалу. При одержанні бетону класу В 25 для дорожніх залізобетонних плит на ПАТ «Львівський завод залізобетонних виробів №2» використовували портландцемент ПЦ ІІ/А-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 встановлення найбільш вдалого технологічного ефекту, використовували добавкисуперпластифікаториостаннього покоління на основі ефірівполікарбоксилатівMC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 компанії MC-Bauchemie. Добавки вводили у бетонну суміш у вигляді водного розчину робочої концентрації.

Суперпластифікатори на основі полікарбоксилатівMC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 володіють значним пластифікуючим та водоредукуючим ефектами. Ці добавки довготривало зберігають пластичність бетонної суміші, прискорюють набір початкової міцності бетону, не містять хлоридів та компонентів котрі викликають корозію арматури.

Спеціальний механізм дії добавок MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 дозволяє виготовляти бетонні суміші з надзвичайно низьким вмістом води і при цьому забезпечувати високу пластичність і легкоукладальність. Бажані властивості бетонної суміші можливо досягнути при мінімальному дозуванні добавки. Добавки MC-PowerFlow швидко перемішуються в бетоні і проявляють свою пластифікуючу дію. Це сприяє швидкому виробництву бетону. MC-PowerFlow розроблені для тривалого збереження пластичності бетонної суміші. Незважаючи на тривале збереження пластичності бетонної суміші, добавки MC-Powerflow прискорюють тужавлення бетону та не впливають на погіршення його властивостей, дозволяють отримувати стабільні, без розшарування, бетонні суміші будь-якого класу пластичності.

З метою встановлення найбільш вдалого технологічного та економічного ефектів, промисловими випробуваннями досліджено вплив добавок MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 на міцність бетону класу В25 для дорожніх залізобетонних плит. Випробування проводили у ранній весняний період, за умов природнього твердіння. В результаті проведених випробувань (див. табл.1), встановлено, що використання суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатівMC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 сприяє оптимізації виробництва дорожніх залізобетонних плит. А саме, при використанні добавки MC-PowerFlow 7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1%) спостерігається значне підвищення рухливості та пластичності бетонної суміші, що забезпечує повне виключення процесу віброущільнення, що своєю чергою, зменшує енерговитрати та економить час, покращує санітарно-гігієнічні умови праці. При введенні добавок досягнуто зниження водоцементного відношення на величину 0,05-0,1 (див. табл.1) при одночасному підвищенні пластичності бетонної суміші. Зниження водоцементного відношення сприяє інтенсивному набору міцності, особливо у ранній період, а також загальному підвищенні міцності бетону в усі терміни твердіння. Для дорожніх залізобетонних плит запроектовано бетон класу В 25, що відповідає границі міцності на одноосовий стиск 30 МПа. Згідно даних у таблиці 1, при використанні добавки MC-PowerFlow 7915 (1-1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1%) досягнуто підвищення міцності бетону у 1,2-1,6 рази на усіх термінах твердіння при порівнянні цього ж бетону без добавок.

Промисловими випробуваннями встановлено, що при виготовленні дорожніх залізобетонних плит із бетону класу В 25, необхідно обов'язково провести тепловологісну обробку у пропарочних камерах протягом 1 години за температури 45⁰С з метою досягнення 100% запроектованої міцності, що відповідає границі міцності на одноосовий стиск 30 МПа. Згідно рис.1 у бездобавочному бетоні спостерігається досягнення лише 43% від запроектованої міцності на першу добу після ТВО. Досягнення розопалубочної 50% міцності спостерігається лише на 3 добу. У термін 28 діб зафіксовано 89,6% набору міцності, що можна пояснити пониженою температурою у ранній весняний період. Доведено, що при введенні до бетонної суміші добавок MC-PowerFlow7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow7925 (1 мас.%) в умовах природнього тверднення (15⁰С), вже на другу добу зафіксовано набором міцності 56-66% від запроектованої, що дозволяє проводити розопалубку виробів. У випадку використання MC-PowerFlow7925 (1 мас.%) відпускна міцність 78,7% отримана вже на 3 добу. При подальших термінах тверднення

бетону (14 та 28 діб) встановлено набір міцності величиною 100-127% від запроєктованої. При використанні добавок на основі полікарбоксилатів, збільшення набору міцності майже на 30% на усіх термінах твердіння пояснюється зниженням водоцементного відношення (при сталому вмісті цементу) із одночасним покращенням легкоукладальності бетонної суміші. Як наслідок покращуються реологічні властивості бетонної суміші, знижується її розшаровуваність, підвищується щільність, як наслідок процеси структуроутворення та гідратації цементу покращуються, що сприяє збільшенню міцності та якості бетону в цілому.

Таблиця 1

**Результати випробувань бетону для дорожніх залізобетонних плит з добавками
суперпластифікаторами на основі полікарбоксилатів
MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925**

Вміст добавки (мас.%)	Клас бетон у	В/Ц	Віброукла- дання бетонної суміші	Тип Твердне- ння бетону	Границя міцності на стиск, МПа, у віці, (доба)			
					1* (2*)	3	14	28
б\д	B25	0,5	+	2 год перед ТВО+1 год ТВО при 45 ⁰ С	<u>13.0</u> 1*	<u>14.9</u>	<u>23.6</u>	<u>26.9</u>
MC- PowerFlow 7915 1%	B25	0,46	+	Природне (15 ⁰ С)	<u>16.3</u> 2*	<u>17.0</u>	<u>29.1</u>	<u>31.8</u>
MC- PowerFlow 7915 1,5%	B25	0,45	-	Природне (15 ⁰ С)	<u>17.0</u> 2*	<u>17.5</u>	<u>30.4</u>	<u>33.3</u>
MC- PowerFlow 7925 1%	B25	0,40	-	Природне (15 ⁰ С)	<u>20.0</u> 2*	<u>23.6</u>	<u>36.2</u>	<u>38.3</u>

Примітка 1* - міцність бетону після ТВО; 2* - міцність бетону у віці 2 діб при природному твердінні

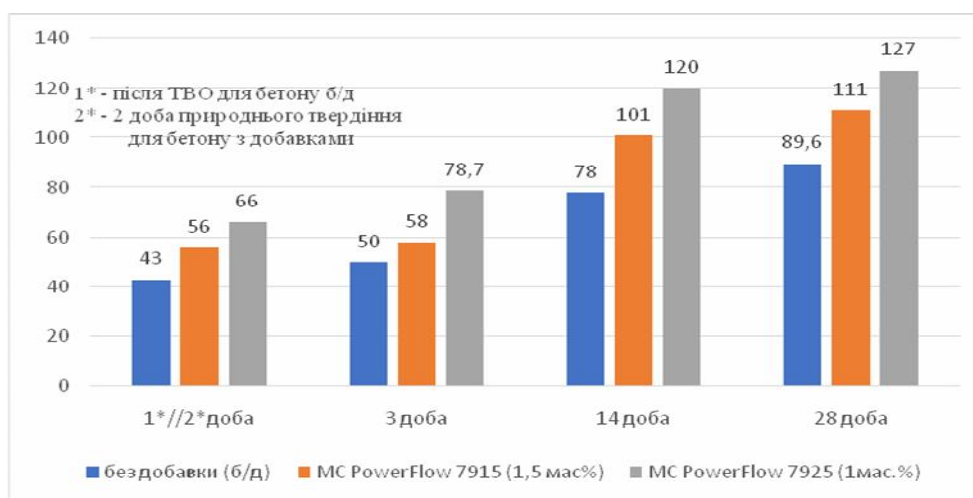


Рис. 1. Приріст міцності бетону (%) від проектної міцності для дорожніх залізобетонних плит з добавками суперпластифікаторами на основі полікарбоксилатів MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925

Технологічна ефективність використання добавок на основі полікарбоксилатів компанії MC-Bauchemie приведена у таблиці 2.

Таблиця 2

Технологічна ефективність при виготовленні бетону для дорожніх залізобетонних плит з добавками MC-PowerFlow7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow7925 (1 мас.%)

Технологічний показник	Зміна технологічного показника порівняно із складом бетонної суміші без добавки	
	Бетон класу В25 з добавкою MC-PowerFlow7915 (1,5 мас.%)	Бетон класу В25 з добавкою MC-PowerFlow7925 (1 мас.%)
Зменшення тривалості та інтенсивності вібрації при віброукладанні бетону при формуванні залізобетонних плит (%)	100	100
Зменшення тривалості та температури при тепловологісному обробленні залізобетонних плит (%)	100	100
Зменшення зношуваності металевих опалубних форм через віброущільнення бетону (разів)	1,5-2,5	2,0-2,8
Підвищення оборотності дороговартісних металевих опалубних форм (разів)	1,4-1,8	1,6-2,4
Покращення якості лицьової поверхні виробів, (%)	10-30	38-64
Підвищення міцнісних характеристик бетону без додаткової витрати цементу на усіх термінах тверднення, (разів)	1,2-1,4	1,2-1,6

Згідно результатів виробничих досліджень технологічна ефективність використання добавок MC-PowerFlow7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow7925 (1 мас.%) в бетонних сумішах при виготовленні дорожніх залізобетонних плит полягає у гомогенізації та зниженні розшаровуваності бетонної суміші, підвищенні щільності, міцності та якості бетону. Використання даних добавок спрощує технологію формування виробів, дозволяє відмовитись від шкідливого та енергоємного обладнання для віброущільнення бетонних сумішей, що покращує умови праці та знижує трудозатрати, сприяє набору відпускної міцності виробів уже на 3 добу, що зменшує витрату металу на опалубні форми та підвищує оборотність форм опалубки в цілому. Важливим технологічним ефектом використання добавки MC-PowerFlow7915 (1,5 мас.%) є досягнення відпускної міцності продукції вже на третю добу, що дозволяє розвантажити складські приміщення та економити загальну площу заводу. В конкретному випадку, відмова від пропарювання бетону у камерах, завдяки використанню добавок на основі полікарбоксилатів компанії MC-Bauchemie сприяє не лише економії часу технологічного процесу та коштів на енергоносії, але й позитивно впливає на міцнісні характеристики та якість лицьової поверхні виробів. Оскільки відомо, що основні процеси, які викликають деструктивні явища в бетоні, що пропарюється, значно інтенсифікуються при температурах вище 60⁰С. Таким чином, покращення легкоукладальності бетонних сумішей, зниження температури та тривалості ТВО, або повна відмова від ТВО дозволяє суттєво покращити технологію виробництва залізобетону.

Як вказано вище, використання суперпластифікаторів MC-PowerFlow 7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1%) сприяє підвищенню міцності бетону без додаткової витрати цементу (на усіх термінах тверднення) у 1,2-1,6 разів в порівнянні із складом бетону без добавок. Такий ефект досягається за рахунок різко вираженого водоредукуючого ефекту, що супроводжується істотним зниженням водопотреби і дозволяє одержати швидкотверднучі цементуючі системи з підвищеною міцністю. Співвідношення компонентів «вода-цемент» у рецептурі бетонної суміші для дорожніх залізобетонних плит представлено на рисунку 2.

Однак таке перевищення міцності за рахунок комплексної дії суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів не є доцільним з точки зору економічної ефективності.

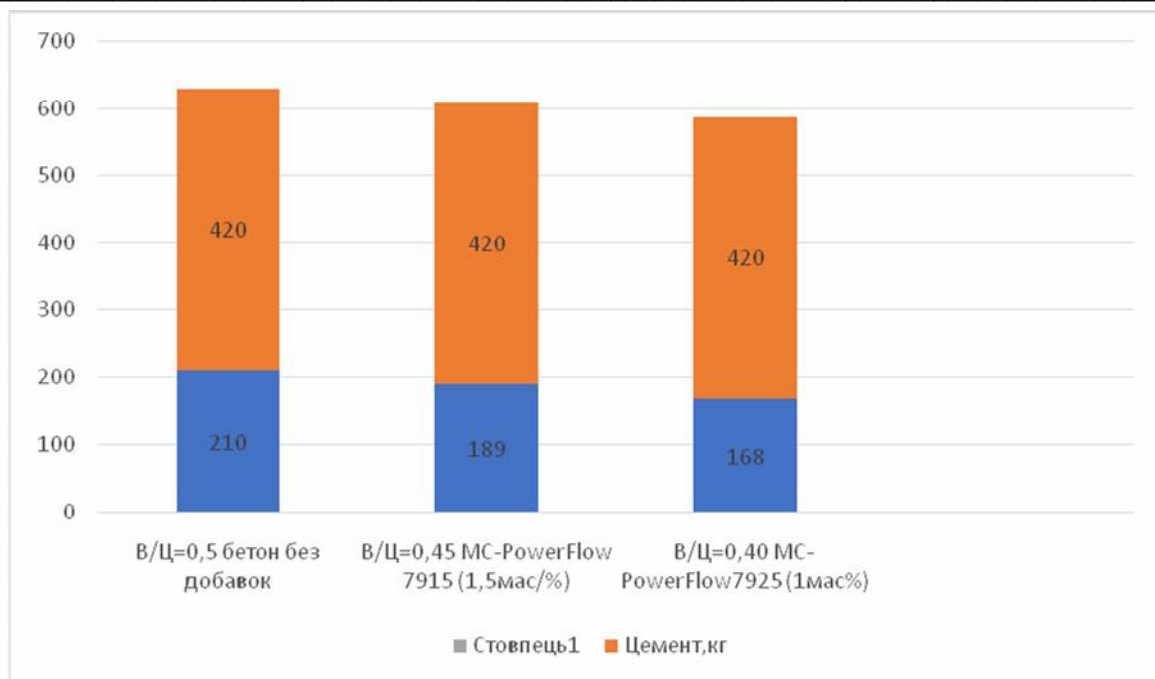


Рис. 2. Схема зменшення В/Ц відношення у бетонній суміші для дорожніх залізобетонних плит при використанні добавок MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925

У сучасних умовах виникає гостра необхідність раціонального використання компонентів бетонної суміші, особливо цементу. Тому введення суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів MC-PowerFlow 7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1%) дозволяє знизити витрату цементу на відповідну величину зниження витрати води (для збереження співвідношення В/Ц=0,5) та одночасно досягнути запроєктованої величини міцності бетону. Величина економії цементу на кожен м³ бетонної суміші при використанні добавок MC-PowerFlow 7915 (1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1 мас.%) при виготовленні бетону для дорожніх залізобетонних плит приведена в таблиці 3

Таблиця 3

Оптимізація складу бетонної суміші з метою економії цементу при використанні добавок MC-PowerFlow 7915 (1-1,5 мас.%) та MC-PowerFlow 7925 (1%)

Вміст добавки у бетонній суміші	Бетонна суміш				Зниження витрати цементу (%)
	В/Ц	Витрата води, кг/м ³	Витрата цементу, кг/м ³	Границя міцності на стиск, (МПа), у віці 28 діб	
Без добавки (б/д)	0,50	210	420	26,9	-
MC-PowerFlow 7915 (1,5 мас.%)	0,45	189	420	33,3	-
	0,50	189	378	28,8	10
MC-PowerFlow 7925 (1 мас.%)	0,40	168	420	38,3	-
	0,50	168	336	31,2	20

Висновок: Високий рівень експлуатаційних показників дорожніх залізобетонних плит, що піддаються багатоповторюваним силовим, вологісно-температурним та корозійним впливам, забезпечується за рахунок оптимізації виробництва з використанням суперпластифікаторів на основі полікарбоксилатів MC-PowerFlow 7915 та MC-PowerFlow 7925 компанії MC-Bauchemie. Таке технологічне рішення дозволяє знизити собівартість продукції через виключення процесів віброущільнення бетонної суміші та тепло-вологісного оброблення виробів. Одночасно, досягнуто

покращення структури конструктивного матеріалу та значний приріст міцності на усіх етапах тверднення бетону, як результат зниження водо-цементного відношення із одночасним підвищенням легкоукладальності бетонної суміші. Виробничими випробуваннями також встановлено, що зниження витрати цементу на м³ бетонної суміші складає 10-20%.

Список використаної літератури:

1. Тепловологісна обробка бетонних виробів з використанням аеродинамічного нагрівання: монографія / І. В. Коц, О. П. Колісник. – Вінниця : ВНТУ, 2013. – 100 с.
2. Касторных Л. И. Добавки в бетоны и строительные растворы / Л. И. Касторных. – Ростов на Дону: Феникс, 2007. – 221 с.
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 азотвмісні хімічні добавки для цементів з продуктів переробки комунальних відходів : дис. канд. техн. наук : 05.17.11 – Техн / Флейшер Ганна Юріївна – Київ, 2016. – 213 с.
5. Пісчанська В. В. Вплив модифікатору на твердіння цементного каменю і властивості вогнетривкого бетонного каменю / В. В. Пісчанська, Г. С. Войтюк, Я. М. Пітак. // Східно-Європейський журнал передових технологій. – 2014. – №3. – С. 51–57.
6. Кровяков С. О. Експериментально-теоретичні основи підвищення довговічності легких бетонів для тонкостінних гідротехнічних споруд : дис. докт. техн. наук : 05.23.05 / Кровяков Сергій Олексійович – Одеса, 2019. – 386 с.

Рецензенти:

Холод Петро Федорович – к.т.н., доцент, завідувач кафедри будівельних конструкцій та мостів НУ «Львівська політехніка»

Фамуляк Юрій Євгенович – к.т.н., доцент завідувач кафедри технології та організації будівництва Львівського Національного аграрного університету