

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

УДК 691.32

СКЛАДИ БЕТОНУ З ДОБАВКАМИ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРАМИ І ПРИСКОРЮВАЧАМИ ТВЕРДІННЯ ТА РОЗДІЛЬНИМ ДОЗУВАННЯМ ФРАКЦІЙ ЗАПОВНЮВАЧІВ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ БЕЗ ПРОПАРЮВАННЯ

Д-р техн. наук А.А. Плугін, канд. техн. наук О.В. Романенко, інж. А.І. Бабій, кандидати техн. наук О.А. Калінін, О.А. Плугін

СОСТАВЫ БЕТОНА С ДОБАВКАМИ СУПЕРПЛАСТИФИКАТОРАМИ И УСКОРИТЕЛЯМИ ТВЕРДЕНИЯ, А ТАКЖЕ РАЗДЕЛЬНЫМ ДОЗИРОВАНИЕМ ФРАКЦИЙ ЗАПОЛНИТЕЛЕЙ ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ БЕЗ ПРОПАРИВАНИЯ

Д-р техн. наук А.А. Плугин, канд. техн. наук О.В. Романенко, инж. А.И. Бабий, кандидаты техн. наук О.А. Калинин, Ал.А. Плугин

THE CONCRETE COMPOSITIONS WITH THE ADDITION OF SUPERPLASTICIZER AND HARDENING ACCELERATOR, AND SEPARATE DOSING OF AGGREGATE FRACTIONS FOR PRODUCTION OF CONCRETE SLEEPERS WITHOUT STEAMING

DSc A.A. Plugin, PhD O.A. Romanenko, Eng. A.I. Babiy, PhD O.A. Kalinin, PhD O.A. Plugin

Досліджено вплив добавок суперпластифікаторів та прискорювачів твердіння на кінетику тверднення бездобавочного портландцементу і важкого бетону з нього за різних температур. Встановлено закономірності такого впливу, продукти гідратації, що забезпечують швидкий набір міцності. Встановлено, що добавки прискорювачі, у т.ч. хлориди, уведені в особливо щільні бетони в обмеженій кількості повністю зв'язуються в продукти гідратації в ранні терміни твердіння і не здійснюють корозійного впливу. Розроблено оптимальні склади бетону, що дозволяють забезпечувати досягнення передавальної міцності бетону за 8–48 годин в інтервалі температур твердіння 20–40°C.

Ключові слова: залізобетонна шпала, склад бетону, добавки суперпластифікатори, прискорювачі твердіння, заповнювачі, пропарювання

Исследовано влияние добавок суперпластификаторов и ускорителей твердения на кинетику твердения бездобавочного портландцемента и тяжелого бетона из него при различных температурах. Установлены закономерности такого влияния, продукты гидратации, обеспечивающие быстрый набор прочности. Установлено, что добавки ускорители, в т.ч. хлориды, при введении в особо плотные бетоны в ограниченном количестве полностью связываются в продукты гидратации в ранние сроки твердения и не оказывают коррозионного воздействия. Разработаны оптимальные составы бетона без добавок и с добавками, позволяющие обеспечивать достижение передаточной прочности бетона за 8–48 часов в интервале температур твердения 20–40 °С.

Ключевые слова: железобетонная шпала, состав бетона, добавки суперпластификаторы, ускорители твердения, заполнители, пропаривание

The influence of polycarboxylate and naphthalene formaldehyde superplasticizers, hardening accelerators to a kinetics of portland cement hardening and heavy concrete at different

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

temperatures is investigated. The investigation of the dependence of physical and mechanical properties of cement paste and concrete on the structural characteristics, as well as on the type and content of additives were performed. As a result, the regularities of such influence, hydration products that provide fast set of durability – hydrochloraluminates, hydronitroaluminates, hydrosulphoaluminates calcium were determined. It is established that the hardening accelerators including chlorides, while entering into an especially dense concrete in limited quantities completely bound in these compounds in early terms of hardening and do not have a corrosive effect on the armature and concrete. It is proposed to estimate the maximum quantity of electrolyte additives by their effect on the value of electrical resistivity of concrete. It is also proposed to submit for discussion the issue of extension of the scope of use of chlorides as the most effective hardening accelerators of concrete. Optimum compositions of concrete without additives and with additives, allowing to provide achievement of transfer strength of concrete in 8 – 48 hours depending on working hours of the enterprise in the range of temperatures of hardening 20 – 40 °C, i.e. with the minimum of steam curing or at natural curing are developed.

Keywords: concrete sleepers, concrete composition, addition of superplasticizer, hardening accelerator, aggregate, steaming

Вступ

Для виготовлення попередньо напружених залізобетонних шпал для залізниць застосовують бетон класу за міцністю на стиск С32/40 з передаточною міцністю не менше 32 МПа, марок з морозостійкості та водонепроникності F200 і W6, відповідно. В проекті нового ДСТУ на шпали, який розроблено в Українському державному університеті залізничного транспорту, уведена також вимога до питомого електричного опору бетону, який повинен бути не менше 100 Ом·м. Шпали виробляють спеціалізовані заводи залізобетонних шпал (ЗЗБШ). Заводи працюють у 1 або 2 зміни. Шпали формують у металевих формах (до 10 шпал у формі). Арматуру попередньо натягують на форми, а після досягнення бетоном передаточної міцності 32 МПа натяг передають на бетон. Для досягнення передаточної міцності через 8 годин (за роботи у 2 зміни) або 24 години (1 зміну) шпали пропарюють за температури ізотермічної витримки 45–80°C. Тому виробництво залізобетонних шпал є дуже енергоємним і розробка складів бетону з добавками, які дозволяють мінімізувати тепловологісну обробку (ТВО) залізобетонних виробів або навіть відмовитись від неї, є надто актуальною.

Мета роботи – встановити вплив

добавок і температури твердіння на кінетику набору міцності цементним каменем і бетоном, обрати комплекси добавок і розробити склади бетону залізобетонних шпал з добавками, які за мінімальної температури твердіння забезпечать за 8 годин досягнення бетоном передаточної міцності 32 МПа, а у проектному віці – всіх інших нормованих властивостей.

Аналіз попередніх досліджень та публікацій [1–13] показує, що забезпечити високу ранню міцність бетону, тобто прискорити тверднення, крім ТВО, можливо такими способами: 1) застосуванням швидкотверднучого цементу або домелом звичайного цементу; 2) засобами підвищення кінцевої міцності; 3) введенням добавок – прискорювачів тверднення.

Перший спосіб на ЗЗБШ вже частково реалізований шляхом застосування портландцементу без добавок з нормованим мінеральним складом і високою активністю після пропарювання і на 2 добу природного тверднення. Домел цементу на ЗЗБШ технологічно забезпечити складно й витратно, а його вплив на властивості бетону і шпал, зокрема, тріщиностійкість, вимагає окремого дослідження.

Другий спосіб може бути забезпечений:

1) зниженням водоцементного відношення

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

В/Ц за рахунок зниження витрати води та застосування інтенсивних способів ущільнення, що і так реалізовано у виробництві шпал (застосовуються жорсткі бетонні суміші з жорсткістю 14–25 с); 2) зниженням В/Ц за рахунок збільшення витрати цементу, що ще більше підвищить собівартість шпал і може обумовити зниження їх тріщиностійкості; 3) зниженням В/Ц за рахунок зниження витрати води і введення добавок-суперпластифікаторів [7–11]; 4) застосуванням мінеральних мікродобавок [10–12], наприклад мікрокремнезему, у т.ч. фракції 50–100 нм (нанокремнезему), метакаоліну, кальциту; 5) застосуванням оптимального складу бетону, який крім призначення оптимального низького В/Ц передбачає забезпечення оптимальних коефіцієнтів розсунення зерен крупного заповнювача $\alpha_{\text{опт}}$ і дрібного заповнювача $\mu_{\text{опт}}$, що обумовлюють при помірному підвищенні міцності бетону на стиск істотне підвищення його міцності на розтяг, тріщиностійкості, водонепроникності [13; 14].

Третій спосіб може бути забезпечений використанням високоефективних хімічних добавок, що прискорюють тверднення [1; 11; 15; 16].

Гіпотези дослідження: Ранню міцність цементного каменю дозволить підвищити застосування комплексної добавки суперпластифікатора і прискорювачів твердіння. Прискорювачі твердіння – електроліти забезпечать високу ранню міцність цементного каменю за одним із механізмів, розкритих В.Б. Ратіновим [9]. Добавка суперпластифікатор компенсує втрату рухливості цементного тіста й бетону від впливу електролітів і навіть дозволить додатково підвищити міцність, у т.ч. ранню, за рахунок зниження В/Ц. Ранню міцність бетону забезпечить оптимальний склад бетону з комплексною добавкою суперпластифікатора і прискорювачів твердіння.

Матеріали для досліджень і виробництва залізобетонних шпал

Для виробництва залізобетонних шпал ЗЗБШ застосовують бездобавковий портландцемент з нормованим мінеральним складом і високою активністю після пропарювання – 36–39 МПа та у віці 2 діб – 38–43 МПа [1]. Цей цемент відрізняється від цементу, що застосовували до 2010-х рр., більш високою тонкістю помелу (рис.1).

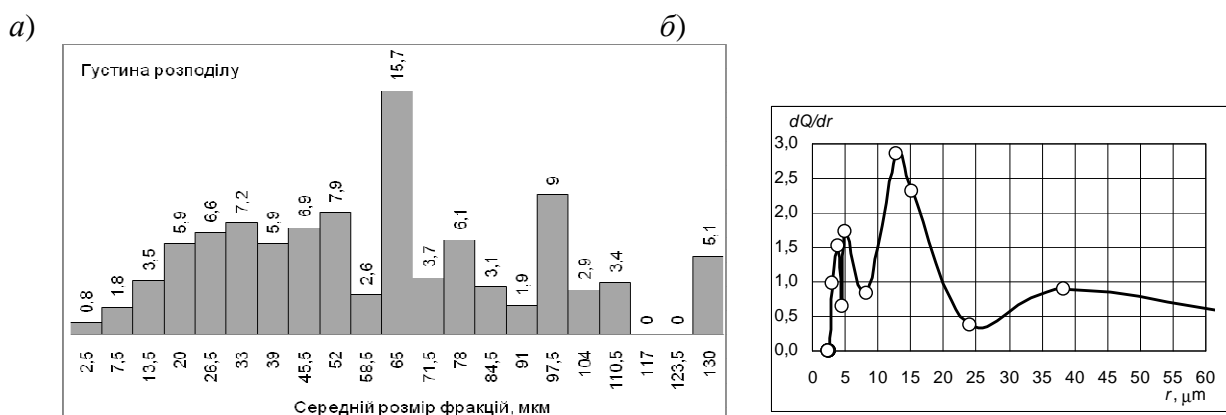


Рис.1: Розподіл часток цементу за розмірами: а – гістограма розподілу балаклійського цементу 1990-х рр.; б – диференційна крива розподілу сучасного здолбунівського цементу, r – радіус часток

Як заповнювачі застосовують щебінь гранітний суміші фракцій 5–20 мм (рис.2, а), пісок кварцовий середньозернистий з

модулем крупності 2–2,4 (рис.2, б). Для застосовуваних заповнювачів оптимальні величини коефіцієнтів розсунення зерен

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

щебеню та піску складають $\alpha_{\text{опт}} - 1,17-1,2$,

$\mu_{\text{опт}} - 1,09$ [13; 14].

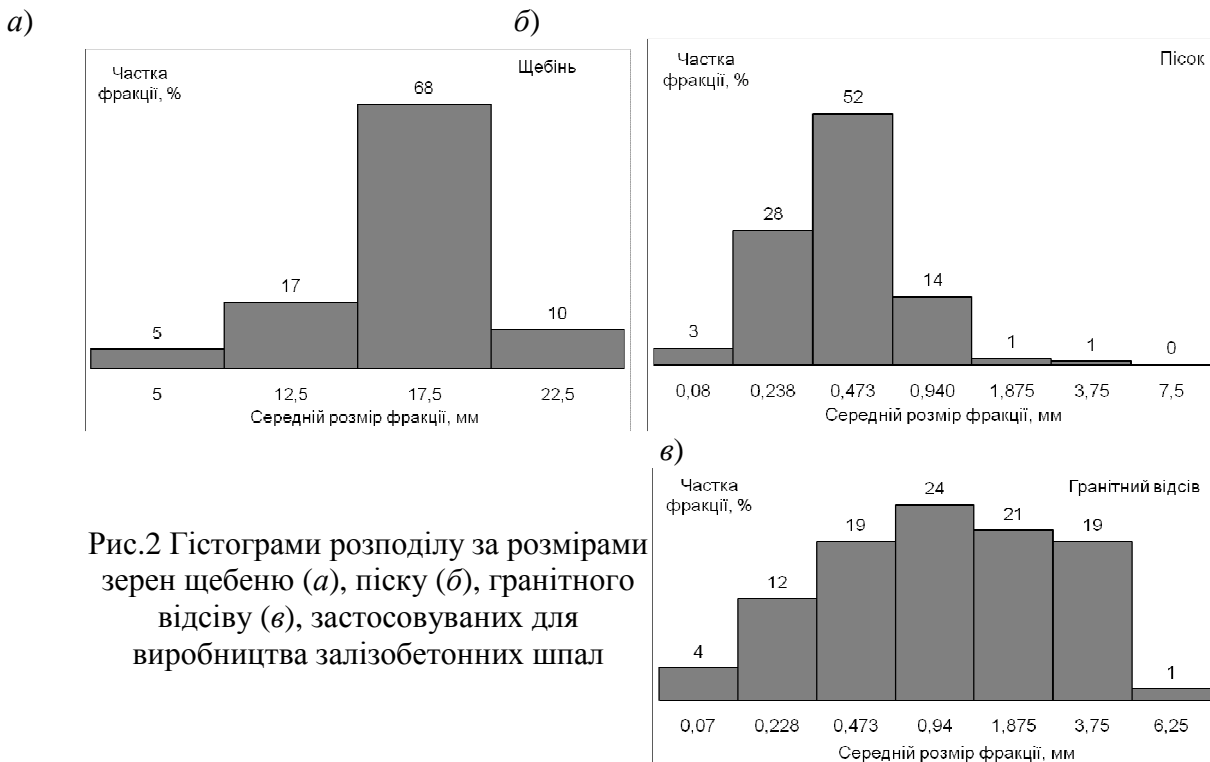


Рис.2 Гістограми розподілу за розмірами зерен щебеню (а), піску (б), гранітного відсіву (в), застосовуваних для виробництва залізобетонних шпал

У питаннях призначення складу бетону багато десятиліть триває дискусія щодо доцільності застосування заповнювачів роздільних фракцій або безперервної фракції. На Гніванському заводі спецзалізобетону, де оснащення бетонних вузлів дозволяє одночасно застосовувати заповнювачі чотирьох фракцій, проведено дослідження із роздільного дозування щебеню фракцій 5–10 і 10–20 мм, піску з модулем крупності 2–2,4 і подрібненого піску (гранітного відсіву) з модулем крупності близько 3 (рис.2, в). У виробничих дослідженнях $\text{Щ}_{5-10}/\text{Щ}_{5-20}$ варіювали у межах 5–45 %, отримавши максимальні величини ранньої міцності бетону за середнім значенням $\text{Щ}_{5-10}/\text{Щ}_{5-20} = 9,4$ %.

Експериментально уточнене оптимальне співвідношення вказаних фракцій. Для цього здійснювали ретельне змішування фракцій в різних співвідношеннях і вимірювали насипну густину отриманих сумішей. За оптимальне приймали таке співвідношення, за якого

відзначалась максимальна величина насипної густини (рис.3): $\text{Щ}_{5-10}/\text{Щ}_{5-20} = 0,1$ (10 %); $\text{ГВ}/\text{П} = 0,03$ (3 %).

Таке дозування компонентів наближає заповнювачі до безперервної фракції без визначальних окремих фракцій. У такому разі залежності властивостей бетону від коефіцієнтів розсунення зерен заповнювачів набувають менш екстремального характеру, проте стають менш чутливими до неоднорідності заповнювачів і неточності дозування.

В УкрДУЗТ відповідним чином скориговано методику підбору складу бетону [13; 14]. Розроблені склади бетону, які разом з іншими заходами дозволили без застосування добавок знизити витрату цементу з 480–490 до 435–450 $\text{кг}/\text{м}^3$, а температуру тепловологісної обробки з 80 до 50–55°C.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

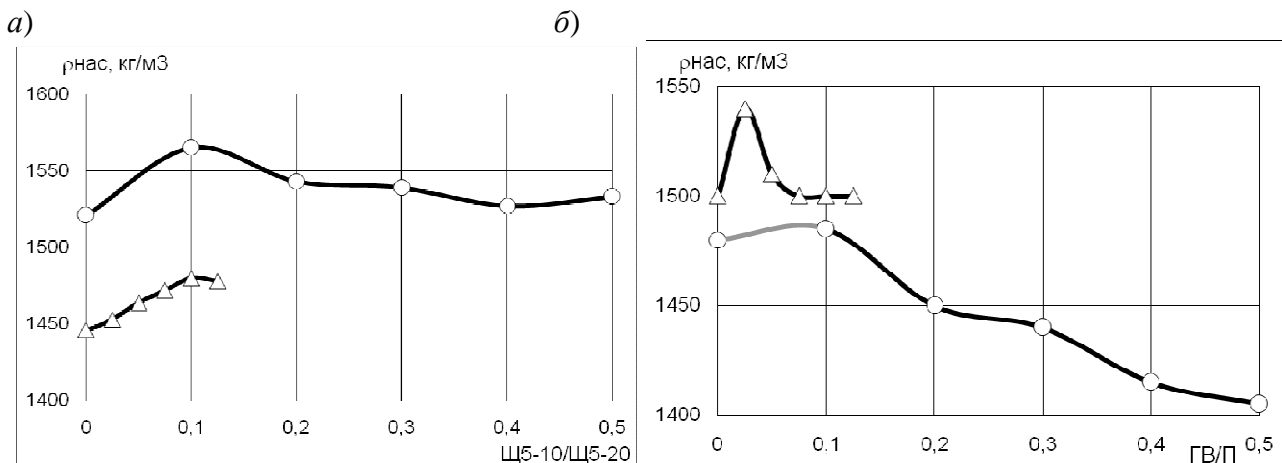


Рис.3 Залежність насипної густини $\rho_{нас}$ суміші щебеню різних фракцій (а) і піску з гранітним відсівом (б) від співвідношення кількостей фракцій щебеню 5–10 і 5–20 мм Щ5–10/Щ5–20 (а) і гранвідсіву та піску ГВ/П (б)

Витрата цементу у бетоні шпал складає 435–464 кг/м³, В/Ц – 0,31–0,35. Фактичні величини коефіцієнтів розсунення зерен щебеню та піску в основному коливаються у межах: α – 1,09–1,27, μ – 1,1–1,17, а їх відхилення від оптимальних величин не перевищує декількох відсотків (1–10 %).

У дослідженнях застосовували добавки суперпластифікатори нафталінформальдегідного типу (НФ) – Поліпласт СП-1 (С-3) у вигляді порошку (дозування 0,35 % від маси цементу), Muraplast FK48 у вигляді 41% водного розчину (дозування 1,2 %) і полікарбоксилатного типу (ПК) – MC-Powerflow 3100, добавки прискорювачі твердіння – нітрат кальцію (НК), нітрит кальцію (НК*), нітрит натрію (НН), сульфат натрію (СН), хлорид кальцію (ХК), хлорид натрію (ХН), сечовину (М), активну мінеральну добавку – метакаолін МК Centrilit NC.

Результати досліджень та їх аналіз

Результати дослідження впливу добавок різних видів і дозувань на ранню міцність цементного каменю з В/Ц=0,23 (у контрольних зразків без добавок В/Ц=0,28), який твердів за температур 14–30°C,

наведені у табл.1. Аналіз наведених у табл.1 величин ефекту прискорення (зміни міцності у % відносно контролю – каменю без добавок або тільки з суперпластифікатором) показав, що цього ефекту в ранні терміни твердіння – 6–8 годин не виявили такі добавки:

- окремо застосовані без прискорювачів твердіння добавки суперпластифікатори нафталінформальдегідного і полікарбоксилатного типів;
- застосовані разом із суперпластифікаторами прискорювачі твердіння: нітрат кальцію НК, сульфат натрію СН, у т.ч. у сполученні з НК, хлоридом кальцію ХК, хлорид натрію, сечовина М.

Максимальний ефект прискорення в ранні терміни твердіння – 6–8 годин (до 10 разів) виявили добавки, що містять суперпластифікатор нафталінформальдегідного або полікарбоксилатного типу і хлорид кальцію, особливо спільно з нітратом кальцію та нітритом натрію (кальцію).

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Таблиця 1

Ефект прискорення твердіння цементного каменю (зміна міцності відносно контролю – каменю без добавок з В/Ц=0,28 або тільки з суперпластифікатором), %, від уведення комплексних добавок

Водоцементне відношення В/Ц	Температура твердіння, °С	Склад комплексної добавки, % за масою від витрати цементу	Ефект прискорення, %, після твердіння:				
			6 год	8 год	12 год	24 год	28 діб
1	2	3	4	5	6	7	8
0,23	14	НФ1,2+НН0,5	0	0	-39	-57	
		НФ1,2+НН0,5+НК0,5	0	0	122	-41	
		НФ1,2+НН0,5+НК1	0	0	409	-23	
		НФ1,2+НН1	0	0	233	-1	
		НФ1,2+НН1+НК0,5	0	0	293	1	
		НФ1,2+НН1+СН1	0	0	206	-24	
	17	НФ0,35				0	
		НФ0,35+СН1				13	
		НФ0,35+НН1				19	
		НФ0,35+ХН1				-4	
		НФ0,35+ХК1				21	
		ПК1	0	0	0	-53	15
		ПК1+СН1	0	0	0	-23	-2
		ПК1+НК1	0	-25	-5	33	-13
		ПК1+ХК1	0	398	662	88	-28
		ПК1+СН1+НК1	0	-25	-67	3	30
		ПК1+СН1+ХК1	0	0	0	45	-3
	ПК1+НК1+ХК1	1029	1050	676	66	-11	
	21	НФ0,35	18	-3	151	213	
		НФ0,35+НК1+НН1	71	73	160	70	
		НФ0,35+М1	-50	-51	53	167	
		ПК0,4	-25	-64	44	43	
		ПК0,4+НК1+НН1	100	65	193	84	
		ПК0,4+М1	-50	-75	-53	90	
	23	НФ0,35	16	25	49	-14	
		НФ0,35+НК1+НН1	58	81	30	-23	
		НФ0,35+ХК1	283	377	153	-15	
		НФ0,35+НК1+ХК1	956	527	217	-7	
		НФ0,35+НК1+НН1+ХК1	793	453	244	-1	
		ПК1+СН1+СН1+СН1	798	410	251	18	
		ПК0,4	-53	91	106	-8	
		ПК0,4+НК1+НН1	207	220	168	45	
		ПК0,4+НК1+НН1+ХК1	779	656	376	4	
	24	НФ0,35+М1	67	50	40	45	-21
		НФ0,35+НН1+НК1+М1	67	20	20	7	-28
		ПК0,4	0	0	0	0	0
		ПК0,4+М1	0	0	40	64	35
		ПК0,4+НН1+НК1+М1	67	0	0	-27	-27

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

1	2	3	4	5	6	7	8
0,2	30	ПК0,4	42	76	123	62	
		ПК0,4+НН0,5	-46	52	51	-27	
		ПК0,4+НН1	-24	94	113	-4	
		ПК0,4+НК*0,5	100	112	120	32	
		ПК0,4+НК*0,5+НН0,5	155	172	240	16	
		ПК0,4+НК*0,5+НН1	-9	70	100	59	
		ПК0,4+НК*1	35	85	185	3	
		ПК0,4+НК*1+НН0,5	67	64	113	32	
		ПК0,4+НК*1+НН1	-59	-5	13	36	
		ПК0,4	-59		106	17	
		ПК0,4+НК0,5	-41		232	23	
		ПК0,4+НК1	82		234	58	
		ПК0,4+НК*0,5	-14		138	73	
		ПК0,4+НК*0,5+НК0,5	191		253	71	
		ПК0,4+НК*0,5+НК1	273		133	77	
		ПК0,4+НК*1	255		166	59	
		ПК0,4+НК*1+НК0,5	264		109	65	
		ПК0,4+НК*1+НК1	418		67	35	

Менший, але помітний ефект прискорення в ранні терміни твердіння – 6–8 годин (понад 2 рази) виявили комплексні добавки, що містять суперпластифікатор нафталінформальдегідного або полікарбоксилатного типу і нітрат кальцію та нітрит натрію (кальцію). Ефект прискорення у ранні терміни твердіння – 6–8 годин зі зниженням температури, особливо нижче 20°C, зменшується. За температури 14°C ефект прискорення практично не відзначається для всіх досліджених добавок. За температури 17°C ефект прискорення відзначається лише для комплексних добавок, що містять хлорид кальцію. За температури 21–23°C ефект прискорення відзначається для комплексних добавок, що містять хлорид кальцію, а також нітрат кальцію та/або нітрит натрію без хлориду кальцію. Ефект прискорення у термін твердіння 12 год відзначається для всіх добавок, що містять хлорид кальцію, нітрат кальцію і нітрит натрію. Ефект прискорення у 24 год може відзначатись або не відзначатись, що свідчить про вирівнювання міцності цементного каменю без добавок і з добавками в терміни твердіння 1 доба та/або

більше. Отже, застосування добавок є доцільним для отримання передаточної міцності через 6–12 годин твердіння.

В результаті фізико-хімічних та електронно-мікроскопічних досліджень встановлено, що підвищення ранньої міцності цементного каменю за рахунок застосування досліджених комплексних добавок пов'язана з утворенням додаткової кількості кристалогідратів з позитивним поверхневим зарядом – гідрохлоралюмінатів, гидронітроалюмінатів, гидросульфалюмінатів кальцію [1; 16].

Найбільший ефект прискорення має хлорид кальцію, проте через можливий корозійний вплив на арматуру чинні норми забороняють застосовувати його для таких конструкцій, як залізобетонні шпали. У [16] доведено, що хлористий кальцій у помірній кількості (не більше 1 % від маси цементу) повністю зв'язується у продуктах гідратації (гідрохлоралюмінаті кальцію) і у щільних бетонах високих класів за міцністю не спричиняє корозійного впливу на арматуру і зниження питомого електричного опору бетону. Запропоновано винести на дискусію питання розширення галузі застосування хлоридів як найбільш ефективних

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

прискорювачів твердіння бетону. У разі заміни для особливо щільних бетонів повної заборони обмеженням кількості хлориду кальцію з контролем його впливу на питомий електричний опір бетону цю добавку доцільно застосувати для отримання безпропарювальних режимів твердіння шпал. Нітрит кальцію є більш прийнятним, ніж нітрит натрію через корозійний вплив солей натрію на бетони з реакційно здатними заповнювачами.

Досліджено вплив комплексних добавок на кінетику набору міцності бетонами оптимального складу (із забезпеченими оптимальними величинами коефіцієнтів розсунення зерен щебеню $\alpha_{\text{опт}}$ та піску $\mu_{\text{опт}}$) з витратами цементу 380–496 кг/м³ при твердінні за різними режимами. Комплексні добавки містять суперпластифікатори нафталінформальдегідного і полікарбоксилатного типу, прискорювачі твердіння нітрат кальцію і нітрит натрію, мінеральну добавку – метакаолін. Результати дослідження наведені на рис.4. В результаті дослідження встановлено, що за 8 годин потрібну передаточну міцність набувають бетони оптимального складу:

- за температури твердіння 42°C – без добавок з витратою цементу не менше 450 кг/м³ або з комплексною добавкою і витратою цементу не менше 380 кг/м³;
- за температури твердіння 37°C – з комплексною добавкою і витратою цементу не менше 400 кг/м³;
- за температури твердіння 33°C – з комплексною добавкою і витратою цементу не менше 450 кг/м³.

Впливу метакаоліну на підвищення ранньої міцності бетону не виявлено, отже його застосування доцільно лише для запобігання корозійного впливу луг цементу та солей натрію комплексних добавок на

бетони з реакційно здатними заповнювачами.

Виявлено вплив добавок на збільшення питомого електричного опору бетону, який у бетони без добавок не перевищував 100 Ом×м, а у більшості бетонів оптимального складу з комплексною добавкою перевищив 1000 Ом×м. Бетони оптимального складу з добавками відповідають вимогам до марки з морозостійкості F200.

За результатами досліджень, у т.ч. економічної ефективності використання хімічних добавок для зниження енергоємності виробництва залізобетонних шпал, для ЗЗБШ рекомендовані оптимальні склади бетону, які забезпечують його потрібну передаточну міцність 32 МПа та інші проектні характеристики:

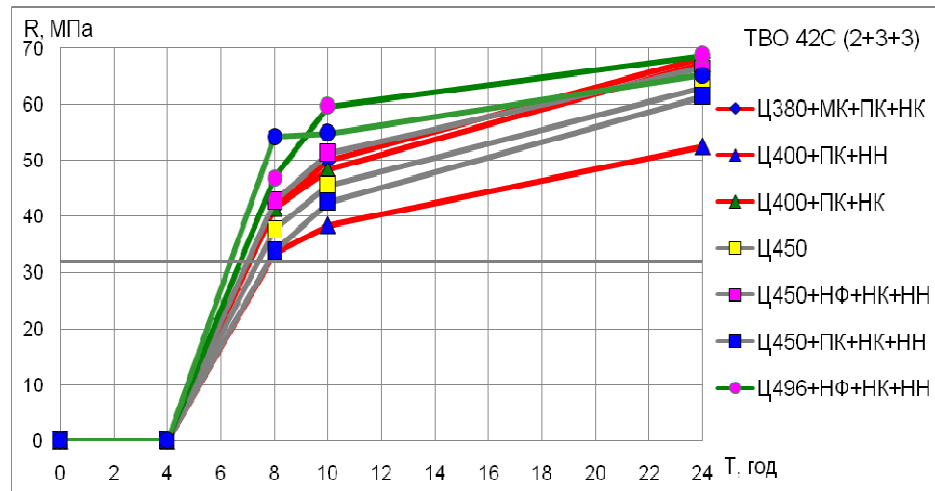
- для роботи у 2 зміни (через 8 годин):
 - за температури твердіння 40–42°C: з витратою цементу 440–450 кг/м³ без добавок; з витратою цементу 400 кг/м³ і добавкою ПК 0,4 % від маси цементу; з витратою цементу 380 кг/м³ і добавкою ПК 0,4 % і НК 1 % від маси цементу;
 - за температури твердіння 32–33°C – з витратою цементу 440–450 кг/м³ з добавкою ПК 0,4 % і НК 1 % від маси цементу;
- для роботи в 1 зміну (через 24 години) за температури твердіння 24°C: з витратою цементу 435–440 кг/м³ без добавок; з витратою цементу 380–400 кг/м³ і добавкою ПК 0,4 % і НК 1 % від маси цементу.

Висновки та рекомендації

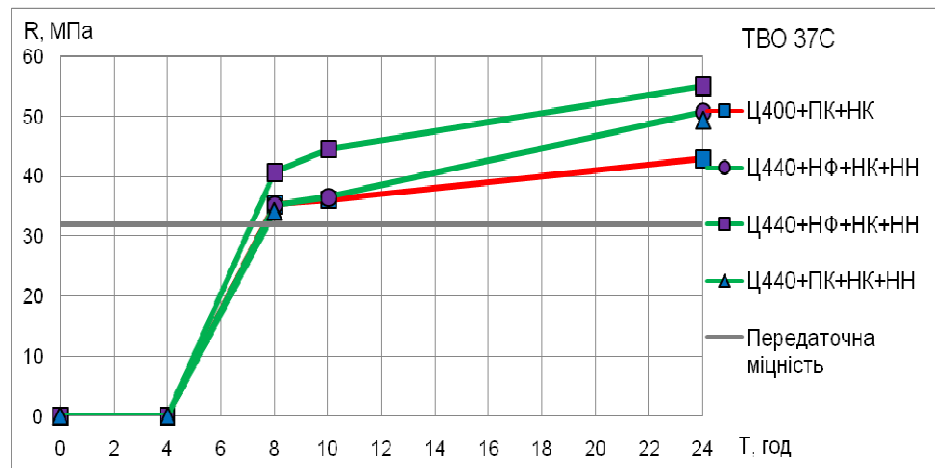
В результаті експериментальних досліджень встановлено кінетику набору міцності цементного каменю і бетону з добавками суперпластифікаторів і прискорювачів твердіння за різних температур.

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

a)



б)



в)

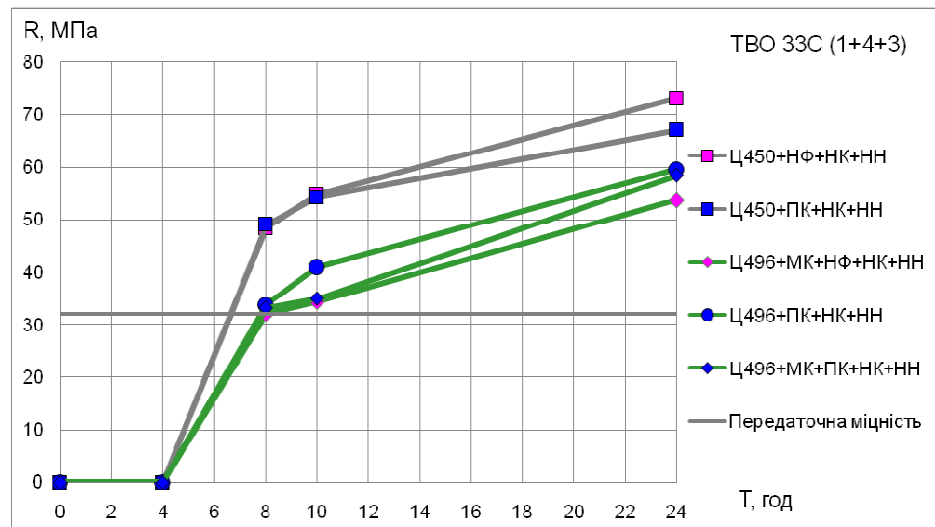


Рис.4 Кінетика набору міцності R бетоном оптимального складу з витратами цементу 380–496 кг/м³ (на рис. Ц380–Ц496) і добавками за режимами тепловологісної обробки ТВО з температурою ізотермічної витримки: а – 42°C; б – 37°C; в – 33°C

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

Встановлено, що добавки прискорювачі, у т.ч. хлориди, при уведенні в обмеженій кількості в особливо щільні бетони повністю зв'язуються в кристалогідрати – гідрохлоралюмінати, гідронітроалюмінати, гідросульфоалюмінати кальцію і не спричиняють корозійного впливу на арматуру й бетон. Запропоновано оцінювати допустиму кількість добавок електролітів за їх впливом на величину питомого електричного опору бетону, а також винести на дискусію питання про розширення галузі застосування хлоридів як найбільш ефективних прискорювачів твердіння бетону.

Для складів бетону для безпропарювальних і малопрогрівних

режимів твердіння шпал обрано комплексні добавки у складі суперпластифікаторів нафталінформальдегідного та полікарбоксилатного типу і прискорювачів твердіння нітрату кальцію і нітриту кальцію (натрію). Розроблено оптимальні склади бетону без добавок і з добавками, які забезпечують досягнення передаточної міцності бетону за 8–48 годин в залежності від режиму роботи підприємства в інтервалі температур тверднення 24–42°C, тобто з мінімальною тепловологісною обробкою або за природного твердіння.

Список використаних джерел

1. Проведення досліджень з використання хімічних добавок для зниження енергоємності виробництва залізобетонних шпал і розробка ДСТУ на шпали залізобетонні попередньо напружені для залізниць колії 1520 і 1435 мм: Звіт з НДР / УкрДАЗТ; А.А.Плугін, А.М.Плугін, О.А.Калінін та ін. – Харків, 2014. – г/т №6/5-2013. – ДР№0114U006551. – Етап 1. – 34 с.; Етап 2. – 259 с.
2. ДБН А.3.1-7-96 Управління, організація і технологія. Виробництво бетонних і залізобетонних виробів. – Увед. 24.12.1996. – Київ, Укрархбудінформ, 1997. – 40 с.
3. Посібник до ДБН А.3.1-7-96 Виробництво бетонних та залізобетонних виробів / НДІБВ. – Київ: Укрархбудінформ, 1998. – 94 с.
4. Миронов, С.А. Ускорение твердения бетона / С.А.Миронов, Л.А.Малинина. – Москва: Стройиздат, 1964. – 347 с.
5. Баженов, Ю.М. Технология бетона. – Москва: Высшая школа, 1987. – 415 с.
6. Волянський, О.А. Технологія бетонних і залізобетонних конструкцій. Т.1. Технологія бетону. – Київ: Вища школа, 1994. – 271 с.
7. Баженов, Ю.М. Пути развития технологии бетона // Сб. научн. тр. института строительства и архитектуры. – Москва: МГСУ, 2009. – С.13–17.
8. Рамачандран, В.С. Добавки в бетон / В.С.Рамачандран, Р.Ф.Фельдман, М.Коллепарди и др. – М.: Стройиздат, 1988. – 576 с.
9. Ратинов, В.Б. Добавки в бетон / Ратинов В.Б., Розенберг Т.И. – Москва: Стройиздат, 1989. – 188 с.
10. Батраков, В.Г. Модифицированные бетоны. Теория и практика. – Москва: Стройиздат, 1998. – 768 с.
11. Химические и минеральные добавки в бетоны / Под ред. А.В.Ушерова-Маршака. – Харьков: Колорит, 2005. – 280 с.
12. Дворкін, Л.Й. Метакаолін в будівельних розчинах і бетонах / Л.Й. Дворкін, Н.В.Лушнікова, Р.Ф.Рунова, В.В.Троян. – Київ: КНУБА, 2007. – 216 с.
13. Плугін, А.Н. Основы теории твердения, прочности, разрушения и долговечности портландцемента, бетона и конструкций из них: Монография в 3-х тт. / А.Н.Плугін,

Обрані праці 5-ї міжнародної науково-технічної конференції з будівельних матеріалів, конструкцій та споруд «Проблеми надійності та довговічності інженерних споруд і будівель на залізничному транспорті», Харків, 23–24 квітня 2015 року

А.А.Плугин и др.; под ред. А.Н.Плугина. – Київ: Наук. думка. – Т.1. – 2011. – 331 с.; Т.2. – 2012. – 224 с.; Т.3. – 2012. – 288 с.

14. Методика визначення оптимального складу високоміцного, тріщиностійкого та водонепроникного бетону для конструкцій і споруд залізничного транспорту // ЦП-0224 Рекомендації із забезпечення тріщиностійкості плит безбаластного мостового полотна / УкрДАЗТ; ЦП УЗ. – Київ, 2010. – С.16–23.

15. Шумик, Д.В. Суперпластифицированная цементно-водная композиция для ремонта горных тоннелей: Дисс... к.т.н. – 05.23.05. – Защ. 31.05.2001. – Харьков: ХарГАЖТ, 2001. – 231 с.

16. Романенко, А.В. Особобыстротвердеющий беспропарочный бетон для изготовления железобетонных шпал без тепловлажностной обработки: Дисс... к.т.н. – 05.23.05. – Защ. 13.12.2012. – Харьков: УкрГАЖТ, 2012. – 241 с.

Плугін Андрій Аркадійович, д-р техн. наук, професор, зав. кафедри будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-63. E-mail: plugin_aa@kart.edu.ua

Романенко Олександр Валерійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-65. E-mail: roma_kharkov83@mail.ru

Бабій Анатолій Іванович, інженер, головний технолог ПрАТ «Гніванський завод спеціалізованого бетону». Тел. (0435) 53-45-83. E-mail: babiy72anatoliy@gmail.com

Калінін Олег Анатолійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-68. E-mail: oleg.kalinin.63@mail.ru

Плугін Олексій Андрійович, канд. техн. наук, доцент, кафедра будівельних матеріалів, конструкцій та споруд, Український державний університет залізничного транспорту. Тел.: (057) 730-10-68, E-mail: plugin07@rambler.ru

Plugin Andrii A., DSc, Professor, Head of Building Materials, Constructions and Structures Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (+38 057) 730-10-63. E-mail: plugin_aa@kart.edu.ua

Romanenko Oleksander V., Cand. Techn. Sci. (PhD), Docent, Building Materials, Constructions and Structures Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (+38 057) 730-10-65. E-mail: roma_kharkov83@mail.ru

Babiy Anatoliy I., DiplEng, Chief technologist, Gnivan Spezial Reinforced Concrete Plant. Tel. (+38 0435) 53-45-83. E-mail: babiy72anatoliy@gmail.com

Kalinin Oleg A., Cand. Techn. Sci. (PhD), Docent, Building Materials, Constructions and Structures Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (+38 057) 730-10-68. E-mail: oleg.kalinin.63@mail.ru

Pluhin Oleksii A., Cand. Techn. Sci. (PhD), Docent, Building Materials, Constructions and Structures Department, Ukrainian State University of Railway Transport. Tel.: (+38 057) 730-10-68, E-mail: plugin07@rambler.ru

Стаття прийнята 25.05.2015 р