

**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

DOI: <https://doi.org/10.18664/1994-7852.155.2015.91697>

**СКЛАДИ БЕТОНУ З ХІМІЧНИМИ ТА МІНЕРАЛЬНИМИ ДОБАВКАМИ ЗІ ЗНИЖЕНИМИ ВИТРАТАМИ ЦЕМЕНТУ ДЛЯ ВИРОБНИЦТВА ЗАЛІЗОБЕТОННИХ ШПАЛ**

Д-р техн. наук Р.Ф. Рунова, канд.техн. наук В.В. Троян, асп. Н.О. Сова

**СОСТАВЫ БЕТОНА С ХИМИЧЕСКИМИ И МИНЕРАЛЬНЫМИ ДОБАВКАМИ С ПОНИЖЕННЫМ РАСХОДОМ ЦЕМЕНТА ДЛЯ ПРОИЗВОДСТВА ЖЕЛЕЗОБЕТОННЫХ ШПАЛ**

Д-р техн. наук Р.Ф. Рунова, канд.техн. наук В.В. Троян, асп. Н.А. Сова

**THE CONCRETE WITH CHEMICAL AND MINERAL ADMIXTURES WITH REDUCED COSTS OF CEMENT FOR THE PRODUCTION OF CONCRETE SLEEPERS**

**DSc R.F. Runova, PhD V.V. Troyan, Postgraduate N.O. Sova**

*Досліджено вплив комплексних органо-мінеральних добавок, які містять суперпластифікатор полікарбоксилатного типу, метакаолін і прискорювачі твердіння, на ранню міцність бетону залізобетонних шпал. Встановлено залежності ранньої і проектної міцності бетону від вмісту цементу і добавок за різних температур тверднення. За результатами досліджень запропоновано склади, які за умови досягнення за 8–10 год тверднення за температури 35–60°C передаточної міцності 32 МПа, нормованих міцності й морозостійкості у проектному віці, забезпечили зниження витрати цементу від 435–450 до 350–400 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону.*

**Ключові слова:** залізобетонна шпала, склад бетону, добавки суперпластифікатори, метакаолін, прискорювачі твердіння, рання міцність

*Исследовано влияние комплексных органо-минеральных добавок, содержащих суперпластификатор поликарбоксилатного типа, метакаолин и ускорители твердения, на раннюю прочность бетона железобетонных шпал. Установлены зависимости ранней и проектной прочности бетона от содержания цемента и добавок при различных температурах твердения. По результатам исследований предложены составы, которые при достижении за 8–10 час твердения при температуре 35–60°C передаточной прочности 32 МПа, нормированных прочности и морозостойкости в проектном возрасте, обеспечили снижение расхода цемента от 435–450 до 350–400 кг на 1 м<sup>3</sup> бетона*

**Ключевые слова:** железобетонная шпала, состав бетона, добавки суперпластификаторы, метакаолин, ускорители твердения, ранняя прочность

*Influence of complex organic-mineral supplements containing polycarboxylate type superplasticizer, metakaolin and accelerators of hardening to early strength of sleepers concrete, was investigated. Depending early and design strength of the concrete from the cement content and additives at different curing temperatures were determined. According to the research have been proposed compositions that when the 8–10 hour curing at 35–60°C transfer strength 32 МПа and normalized strength and frost resistance in the project ages, provided the reduction of cement consumption from 435–450 to 350–400 kg per 1 m<sup>3</sup> concrete.*

**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**

*Keywords: concrete sleepers, concrete composition, superplasticizers additives, metakaolin, accelerators of hardening, early strength*

### Вступ

Складовими ресурсо- та енергозбереження при виробництві залізобетонних шпал є економія портландцементу та теплової енергії, що використовується для процесу тепловологісної обробки (ТВО) бетону [1, 2]. Фактично при виробництві на нагрів самих залізобетонних шпал витрачається близько 22% енергії палива, 14% витрачається на нагрів металу форм, а решта 64% витрачаються непродуктивно [2]. При цьому, значна частина непродуктивних витрат відбувається за рахунок охолодження корпусу камер під час їх простою, при завантаженні і вивантаженні продукції та у

вихідні дні. Відомими способами мінімізації витрати цементу та енергії при ТВО є використання добавок модифікаторів [1]. Отже, метою роботи було дослідження ефективності використання хімічних і мінеральних добавок різних типів для мінімізації витрат при виробництві залізобетонних шпал

### Експериментальні результати та їх аналіз

При зниженні витрати цементу на 50-100 кг/м<sup>3</sup> (до 350-400 кг/м<sup>3</sup>), жорсткості бетонної суміші Ж2 і В/Ц=0,30-0,32 витрата добавок пластифікаторів в досліджуваних складах бетонів становила від 0,1 до 0,7% (табл.1).

Таблиця 1

Використовувані добавки

| Добавка,<br>(виробник)            | Основа добавки                    | Витрата від маси<br>цементу, % |
|-----------------------------------|-----------------------------------|--------------------------------|
| PowerFlow 3100,<br>(MC-Bauchemie) | полікарбоксилат                   | 0,4                            |
| ЖК-04ПП,<br>(ТОВ "Реатекс")       | поліакрилат<br>(в сухому вигляді) | 0,1                            |
| К-8, (ТОВ НВП «Містім»)           | нафталін-формальдегід             | 1                              |

За вимогами стандарту, міцність бетону для передачі напруження арматури на бетон залізобетонних шпал має становити не менше 32 МПа. Як видно з рис.1, при витраті цементу 400 кг/м<sup>3</sup> та режимі ТВО (2+2+4) Т=40°C, всі склади характеризувалися інтенсивним набором міцності, проте дещо нижчим ніж у контрольного складу без добавок (витрата цементу 450 кг/м<sup>3</sup>). При цьому, міцність понад 32 МПа досягалася через 8 годин ТВО. Проектна міцність (В40) бетонів досліджуваних складів на 28 добу після ТВО забезпечується (рис.3).

Зниження витрати цементу до 350 кг/м<sup>3</sup> (рис.3.), при режимі ТВО (2+2+4) Т=40°C, призводить до зниження інтенсивності набору міцності модифікованих бетонів.

Міцність понад 32 МПа досягається лише після 9 годин ТВО. Для складу бетону з 0,4% MC PowerFlow 3100, міцність понад 32 МПа (на рівні контрольного складу, що тверднув при 40°C) досягається на 7-8 годину ТВО за режимом (2+3+3) при Т=60°C.

Міцність бетонів всіх складів на 28 добу після ТВО перевищує вимоги стандарту (рис.4).

Введення 5% метакаоліну, при витраті цементу 350 кг/м<sup>3</sup> призводить до підвищення витрати добавок пластифікаторів (табл.2), що у випадку 0,25% ЖК-04 ПП істотно сповільнює інтенсивність набору міцності бетонів (рис. 5). Склад бетону з добавкою 0,7% MC PowerFlow 3100 після 8 годин ТВО при Т=60° за режимом (2+3+3) має міцність

**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**

достатню для передачі напруження арматури (рис. 5). Проектна міцність бетонів В40 всіх складів на 28 добу після ТВО забезпечується. Отже використання добавки метаксаоліну має сенс лише з метою

вирішення спеціальних задач як-то зниження ризику тріщиноутворення внаслідок електрокорозії від струмів витоку [3], або при використанні реакційноздатного заповнювача [4].

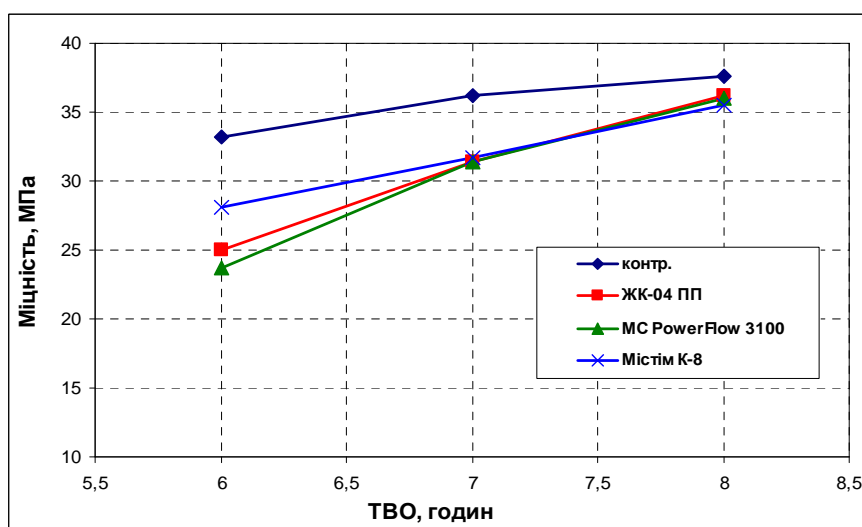


Рис.1. Кінетика набору міцності досліджуваних складів бетону з пластифікаторами при  $T=40^{\circ}\text{C}$

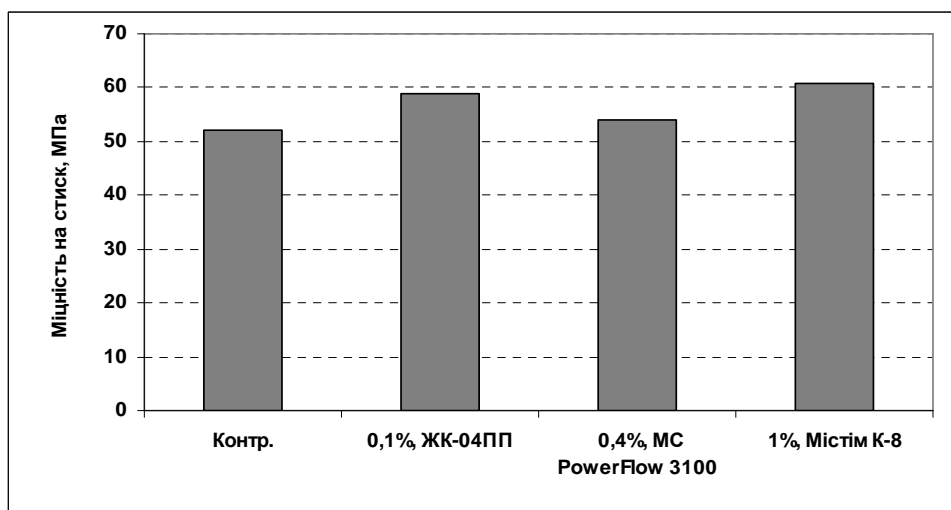


Рис.2. Міцність на 28 добу складів модифікованого бетону після пропарювання

За результатами випробувань модифікованого бетону з витратою цементу  $350 \text{ кг/м}^3$  та  $V/C=0,3$ , морозостійкість перевищує 200 циклів (за третім прискореним методом ДСТУ Б В.2.7-49-96 для бетонів дорожніх і аеродромних

покриттів), водонепроникність перевищує W12.

#### Висновки

Таким чином, досліджено вплив різних типів суперпластифікаторів та метаксаоліну на міцність бетону залізобетонних шпал після ТВО при  $T=40-60^{\circ}\text{C}$ . За результатами

**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**

досліджень одержано склади бетонів, які за 8–10 годин ТВО при температурах 40–60°C досягають міцності передачі напруження арматури на бетон (32 МПа), при класі міцності у проектному віці понад В40, марці

морозостійкості F200 і водонепроникності W12, та характеризуються зниженими витратами цементу 350–400 кг на 1 м<sup>3</sup> бетону.

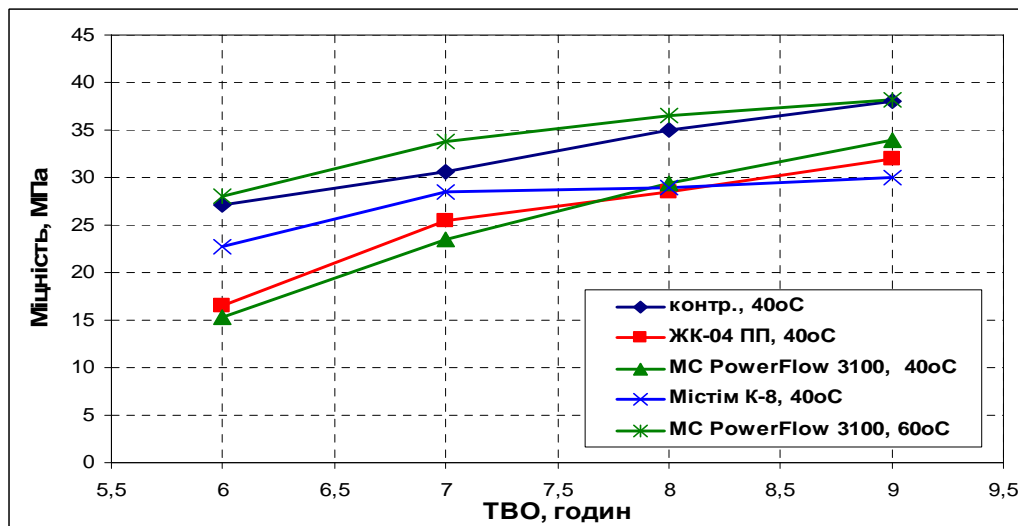


Рис.3. Кінетика набору міцності досліджуваних складів бетону з пластифікаторами при  $T = 40-60^{\circ}\text{C}$

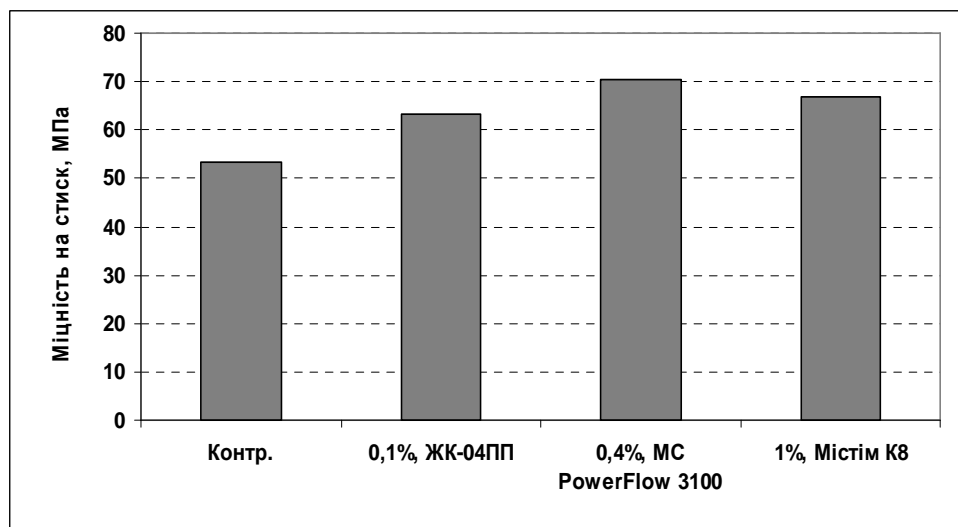


Рис.4. Міцність на 28 добу складів модифікованого бетону після пропарювання

**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**

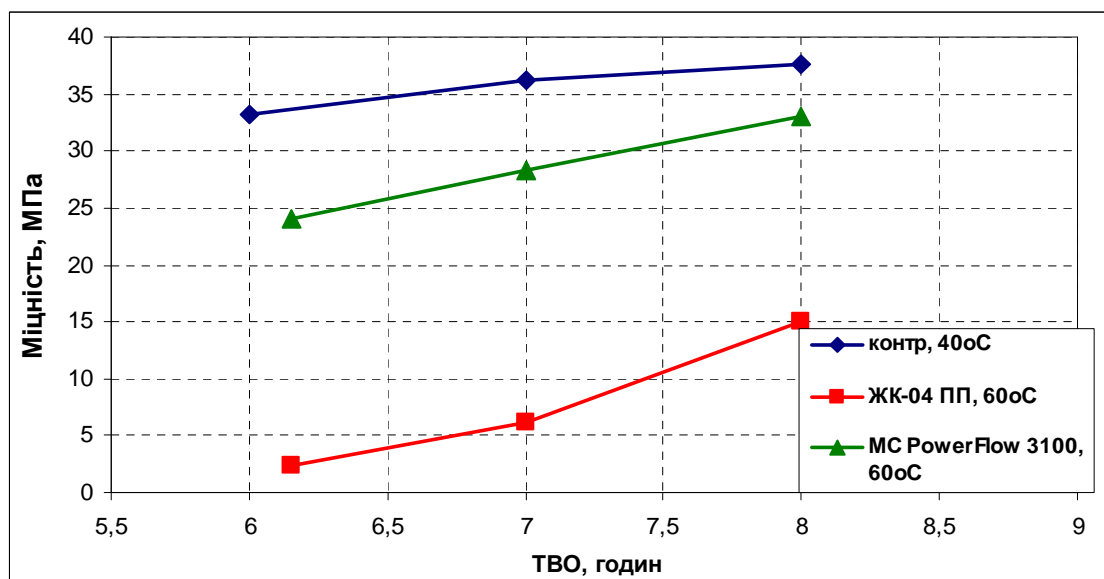


Рис.5. Кінетика набору міцності досліджуваних складів бетону з пластифікаторами та метакроліном при  $T = 60^{\circ}\text{C}$

**Список використаних джерел**

1. Краснова Т.А. Эффективность применения добавок модификаторов для бетона при низкотемпературных режимах ТВО / Краснова Т.А., Бороуля Н.И., Кудряшова Е.А., Демина А.В. // ЖБИ и конструкции №4, 2011.
2. Ленский С.Е. Снижение расхода тепловой энергии при производстве железобетонных шпал и труб / Ленский С.Е., Кожуринчев А.М., Шумилин В.И. // Бетон и железобетон, - 1978 г.
3. Плугин А.Н. Влияние постоянных токов утечки на трещинообразование бетонных и железобетонных конструкций / Плугин А.Н., Плугин Ал. А., Конев А.А., Козеняшев И.А., Нестеренко С.В. // Збірник наукових праць УкрДАЗТ, 2012, вип. 130. С. 64-70.
4. Петрова Т.М. Внутренняя коррозия бетона как фактор снижения долговечности объектов транспортного строительства / Петрова Т.М., Сорвачева Ю. А.// Наука и транспорт. Транспортное строительство №4 2012.  
URL: [http://www.rostransport.com/science\\_transport/pdf/4/56-60.pdf](http://www.rostransport.com/science_transport/pdf/4/56-60.pdf)

*Рунова Раїса Федорівна, д.т.н., проф., кафедра технології будівельних конструкцій і виробів, Київський національний університет будівництва і архітектури (КНУБА); Тел.(044) 245 48 43, E-mail: [runova@i.ua](mailto:runova@i.ua)*

*Троян В'ячеслав Васильович, к.т.н., доц., кафедра технології будівельних конструкцій і виробів, КНУБА; Тел.(044) 245 48 43, E-mail: [s\\_troy@ukr.net](mailto:s_troy@ukr.net)*

*Сова Надія Олександрівна, пров. інженер, кафедра технології будівельних конструкцій і виробів, КНУБА; Тел.(044) 245 48 43, E-mail: [sovyonok--@mail.r](mailto:sovyonok--@mail.r)*

*Runova Raisa F., DSc, Prof, Technology of Building Constructions and Products Dept, Kiiv National University of Constructions and Architecture (KNUCA); Tel.(+38 044) 245 48 43, E-mail: [runova@i.ua](mailto:runova@i.ua)*

*Troian Viacheslav V., PhD, Docent, Technology of Building Constructions and Products Dept, KNUCA; Tel.(+38 044) 245 48 43, E-mail: [s\\_troy@ukr.net](mailto:s_troy@ukr.net)*

*Sova Nadia O., leading engineer, Technology of Building Constructions and Products Dept, KNUCA; Tel.(+38 044) 245 48 43, E-mail: [sovyonok--@mail.r](mailto:sovyonok--@mail.r)*

Стаття прийнята 25.05.2015 р