

buildings and structures]. (2008). SOU D. 1.2 – 02495431 from 1d July 2008. Kyiv: State scientific-research Institute of building structures [in Ukraine].

14. Metodichni rekomendatsii z proektuvannya ta pereglyadu norm chasu na budivel'no-montazhni roboti [Methodical recommendations for the design and revision of norms of time for construction work]. (2004). Kyiv: State Committee for construction of Ukraine [in Ukraine]

АННОТАЦИЯ

Рассмотрена возможность повышения достоверности результатов обследования стальных конструкций зданий и сооружений на основе анализа их динамических параметров. Приведены результаты технической диагностики стальных ферм с использованием динамических экспресс-тестов. Произведена оценка трудоемкости выполнения вибродинамических испытаний.

Ключевые слова: динамические испытания, техническое обследование, мониторинг технического состояния, динамический паспорт, трудоемкость работ.

ANNOTATION

The new methodic of certainty increasing for steel structures investigations results for buildings and structures on the basis of dynamic parameter analysis is considered. The results of technical diagnostics of steel trusses with the dynamical express-tests are proposed. The work labour input estimation for vibro-dynamic tests with composed photo-registered method have carried out. Established that proposed methodic allows not only rising the estimation's certainty of real technical trusses condition, but also decreasing the hours of labour comparing with visual investigation.

Keywords: dynamic test, technical investigation, technical conditions monitoring, dynamic passport, work labour input.

УДК 666.972.16

*Шевчук Г.Я., к.т.н., доц., Собко Ю.М., к.т.н., доц., Генсецький М.П., к.т.н., доц., НУ «Львівська політехніка», м. Львів
Гнип О. П., к.т.н., доц., Чуб О. А., асист.
ОДАБА, м. Одеса*

ЗАСТОСУВАННЯ ДОБАВОК ПОЛІКАРБОКСИЛАТНОГО ТИПУ У ВИРОБНИЦТВІ ДОРОЖНІХ БЕТОНІВ

Представлені дослідження з використання добавок полікарбоксилатного типу у виробництві дорожніх бетонів. Застосування добавок забезпечує високі параметри експлуатаційної надійності дорожніх бетонів в умовах підвищених навантажень. Встановлено, що використання модифікуючих добавок дозволяє заощадити цемент і отримати бетони для покриття доріг класу В30 і вище. Розроблені склади цементобетонів модифікованої структури характеризуються підвищеною довговічністю дорожніх покриттів.

Ключові слова: полікарбоксилат, дорожній бетон, підвищена міцність, надійність, деформативність, морозостійкість, ефективність використання.

Постановка проблеми. У зв'язку із дефіцитом органічних в'язучих все більшу питому вагу в мережі швидкісних та місцевих доріг займатимуть дороги з цементобетонним покриттям, які можна влаштовувати високопродуктивними сучасними комплексами і засобами малої механізації. Однією з найбільших галузей будівництва, де застосовують цементні та асфальтні бетони, є реконструкція та ремонт автодоріг і злітно-посадкових смуг. Цементобетон для дорожніх конструкцій - це альтернатива асфальтобетону через його високу довговічність. Дорожні бетони підвищеної міцності, деформативності і морозостійкості можуть бути розроблені за допомогою комплексу технологічних прийомів, до яких відносять проектування оптимальних складів бетону з використанням хімічних добавок, застосування ефективних

технологій приготування та вкладання бетонної суміші, догляд за бетоном [1].

В умовах обмеженого фінансування дорожньої галузі виконання дорожньо-будівельних ремонтних робіт на належному рівні є запорукою подовження строків служби доріг і мостів, покращення їх експлуатаційного стану в цілому. Більшість цементобетонних покриттів збудовано в 50-70-ті роки минулого століття, і всі вони потребують ремонту. Це не тільки важливе практичне завдання, а й складна наукова проблема, особливо коли йдеться про поєднання старого цементобетонного шару з новим – жорстким або нежорстким [2].

Проблема довговічності цементобетонних покриттів носить комплексний характер. При її розв'язанні виходять із взаємозв'язку властивостей компонентів, складу бетонної суміші і бетону, експлуатаційних та кліматичних умов. Технологія підвищення довговічності цементобетону також нерозривно пов'язана із зменшенням значень водоцементного відношення завдяки використанню суперпластифікаторів. Сучасні хімічні добавки є потужним регулятором властивостей бетонної суміші і бетону та забезпечують отримання цементобетонів з покращеними експлуатаційними властивостями.

Аналіз останніх досліджень.

Цементобетонне покриття автомобільних доріг та аеродромів відносять до одного із найбільш довговічних типів конструкції. Довговічність таких покриттів значною мірою визначається тим, наскільки властивості бетону відповідають умовам роботи конструкції. Підвищення ефективності капіталовкладень в дорожнє і аеродромне будівництво пов'язано зі строком служби покриттів, зниженням вартості їх будівництва, раціональним, економічним та науково-обґрунтованим використанням складових матеріалів [3].

Цементобетон – це довговічний матеріал, а його властивості можна змінювати при виготовленні та отримувати бетон із заданими характеристиками. При будівництві цементобетонних покриттів і основ широке

застосування знайшли хімічні добавки, які дозволяють модифікувати структуру бетонної суміші та бетону, впливати на процеси структуроутворення цементного каменю і покращувати його експлуатаційні властивості [4].

Сучасний підхід до виробництва дорожніх бетонів передбачає покращення їх реологічних властивостей за рахунок використання ефективних комплексних модифікаторів, які можуть забезпечити високу міцність та довговічність. Вивчення властивостей таких бетонів з хімічними добавками модифікаторами є важливим питанням в області сучасного бетонознавства. Відомо [5], що традиційні пластифікатори є дуже чутливими до передозувань в бетоні і приводять частково до розшарування бетонної суміші, а також можуть спричинити сповільнене початкове твердіння цементних систем. Використання в дорожніх бетонах комплексних добавок на основі полікарбоксилатів дає можливість зменшити водоцементне відношення бетонної суміші, отримати високі показники міцності і підвищити його довговічність.

Мета досліджень. Одержання дорожніх цементобетонів з комплексними добавками на основі полікарбоксилатів з покращеними фізико-механічними характеристиками дорожніх покриттів.

Експериментальні дослідження. В роботах багатьох вчених [6,7] показано, що цементні бетони і, зокрема, дорожні з покращеними експлуатаційними властивостями можна отримати шляхом застосування цементних в'язучих та добавок суперпластифікаторів модифікуючої дії. При цьому одним з основних напрямів випробування модифікаторів є встановлення сумісної дії системи «добавка-цемент», яка визначає необхідний алгоритм вибору добавки, що застосовується.

Для проведення досліджень використано портландцемент ПЦ II/A-Ш 400, який відповідає європейському стандарту СЕМII/A-S. Попередніми випробуваннями встановлено, що ефективними для дорожніх бетонів є добавки суперпластифікаторів на

основі полікарбоксилатів, а саме, пластифікатори та повітрязахоплюючі добавки – аеранти фірми «Sika» (SikaViscoCrete, SikaPlast, SikaBV 3M, SikaMixPlus).

Дорожні цементобетони отримували із бетонних сумішей різних складів з добавками, які вводили із водою замішування в кількості 0,5; 0,7 і 1,0 % маси цементу, що характеризуються модифікуючою дією на цементні системи. За еталонний зразок при проведенні досліджень прийнято бетон без добавки. Розроблені бетонні суміші по осадці конуса відносять до малорухомих ($OK=2-3\text{см}$), а кількість портландцементу в них складала 350-400 кг/м^3 бетону, що відповідає нормативним показникам при проектуванні дорожнього цементобетону. Для виготовлення бетонів застосовували пісок кварцовий з модулем зернистості 1,5 і щебінь гранітний фр. 5-10 мм та фр. 20-40 мм. Кількість води підбиралась експериментально в залежності від складу цементобетону та осадки конуса. Цементобетони різних складів формували у вигляді зразків-кубів $10\times 10\times 10\text{см}$ для випробування міцності на стиск та зразків-призм $10\times 10\times 40\text{ см}$ для випробування міцності на розтяг при згині. Результати досліджень бетону в різні терміни тверднення (2; 3; 7 і 28 діб) в залежності від кількості витрати цементу і комплексної добавки, представлено на графіку.

Як видно з рис. 1а, при витраті цементу 350 кг/м^3 міцність цементобетону без добавки у віці 2-3 доби складає 6,0-9,5 МПа, а у 28 діб – 20,6 МПа. Введення комплексної добавки від 0,5 до 1,0 % приводить до зростання ранньої міцності (2 доби) до 8,6-9,8 МПа. Через місяць тверднення міцність таких бетонів становить 24,0-30,3 МПа. З підвищенням кількості цементу до 400 кг/м^3 (рис. 1б) міцність бетону без добавок у ранні терміни тверднення 10,9-15,2 МПа, а з добавками – 12,5-19,8 МПа (0,5% добавки) і 15,0-21,2 МПа (1,0% добавки). Застосування добавок модифікуючої дії на основі полікарбоксилатів дозволяє збільшити міцність в 1,5-2 рази у всі терміни тверд-

нення. При такій витраті цементу (400 кг/м^3) можна досягнути клас бетону В30 уже при 0,5% добавки. Авторами [8] показано, що при введенні комплексних модифікаторів спостерігається прискорення процесів гідролізу алітової фази, а ущільнення мікроструктури цементного каменю досягається за рахунок стабілізації структурно-активних гексагональних пластинчастих кристалів гідроалюмінатів кальцію, яка забезпечує зростання міцності цементних систем. Слід відзначити, що введення комплексної добавки модифікуючої дії забезпечує зниження водоцементного відношення на 15-24 % у всіх складах дорожнього цементобетону.

У результаті проведених випробувань встановлено, що цементобетони з добавками полікарбоксилатного типу підвищують свою міцність і до 60 діб тверднення та досягають по міцності класу В30 і вище. При цьому механізм дії суперпластифікаторів нової генерації на основі полікарбоксилатів на відміну від звичайних суперпластифікаторів, як наведено в роботі [8], досягається за рахунок стеричного ефекту, коли довгі ланцюги полімерів перешкоджають зближенню цементних зерен.

Міцність бетону та його структурні особливості також суттєво впливають на експлуатаційні властивості досліджуваних бетонів, а одночасно і на його довговічність. Усі характеристики бетонів вивчалися на зразках бетону марочної міцності, тобто після тверднення у вологих умовах протягом 28 діб. Результати визначення експлуатаційних властивостей бетонів з різною кількістю комплексної добавки наведено в табл. 1.

Випробування міцності бетонів на розтяг при згині, що є важливою характеристикою для дорожніх та аеродромних покриттів, також підтвердили високу ефективність використання запропонованих добавок модифікаторів (табл. 1). Так, міцність бетону на розтяг при згині через 28 діб тверднення дорівнює 4,98-5,67 МПа (0,5-1,0% добавки) при витраті цементу 400 кг/м^3). Цей показник для цементобетону без добавок становить 3,80 МПа.

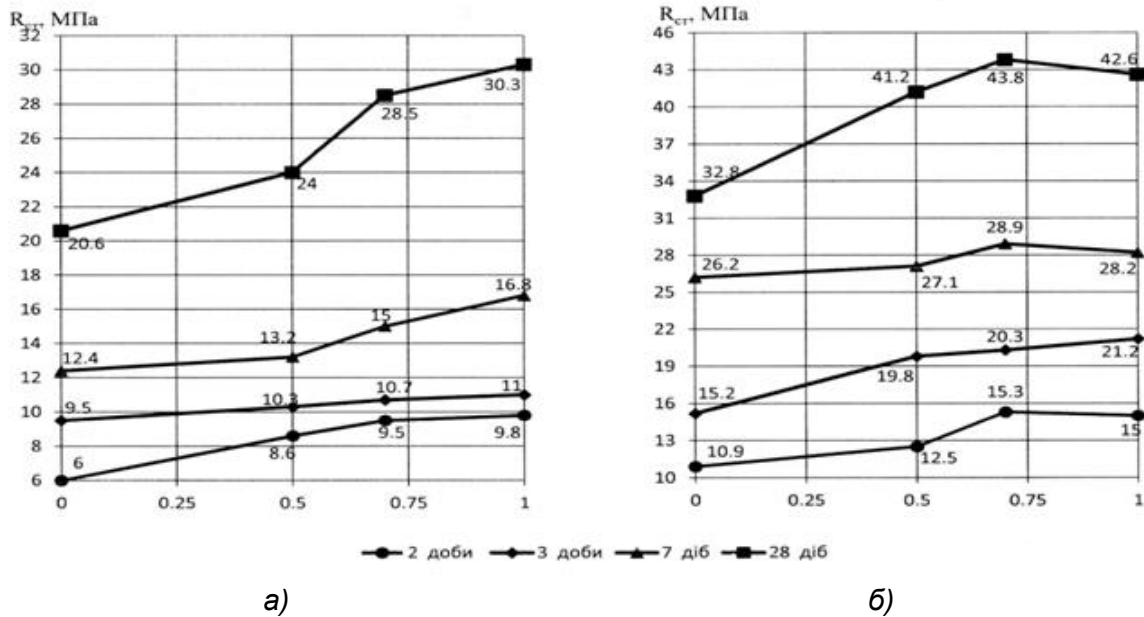


Рис. 1. Залежність міцності дорожнього цементобетону від витрати портландцементу (а-ПЦ=350 кг/м³, б – ПЦ=400 кг/м³) та кількості комплексної добавки

Таблиця 1

Експлуатаційні властивості цементобетону з комплексними добавками

| № п/п | Вид портланд-цементу | Кількість комплексної добавки, % маси цементу | Густина бетону ($\rho_{бет}$), кг/м ³ | Міцність бетону у віці 28 діб, МПа | | Стирання | |
|-------|----------------------|-----------------------------------------------|----------------------------------------------------|------------------------------------|------------------|--------------------------------|-------------|
| | | | | стиск | розтяг при згині | втрата маси, г/см ² | глибина, мм |
| 1. | ПЦ II/A-Ш 400 | - | 2210 | 30,0 | 3,50 | 1,38 | 8,2 |
| 2. | | 0,2 | 2205 | 34,1 | 4,35 | 1,20 | 6,8 |
| 3. | | 0,5 | 2192 | 38,9 | 4,98 | 1,12 | 6,0 |
| 4. | | 1,0 | 2180 | 40,6 | 5,67 | 1,04 | 5,5 |

При розробці нових складів дорожніх бетонів вивчалось питання зношування поверхневого шару. Експериментально підтверджено (табл.1), що втрата маси при стиранні цементобетонів з комплексною добавкою (0,2-1,0%) становить 1,04-1,20 г/см³, а глибина стирання при цьому дорівнює 5,5-6,8 мм, коли у бетоні без добавок ці показники вищі і складають 1,38 г/см³ та 8,2 мм відповідно.

Дослідженнями також встановлено, що використання в дорожніх цементобетонах вищевказаних добавок, до складу яких входить аерант, дозволяє забезпечити оптимальну кількість повітряних пор в бетонній суміші (4,36-5,90%), яка необхідна для отримання високих показників міцності за морозостійкістю.

Висновок. Застосування добавок полікарбоксилатного типу для дорожніх бетонів дає змогу направлено керувати структурою бетонних сумішей, що забезпечує високі

параметри експлуатаційної надійності в умовах підвищених навантажень. Аналізуючи результати випробувань, можна стверджувати, що модифікуючі добавки дозволяють заощадити цемент (30-85 кг/м³) і отримати цементобетон для покриття доріг класу В25-В30. Крім цього, розроблені дорожні цементобетони модифікованої структури характеризуються підвищеною зносостійкістю та морозостійкістю і, в цілому, довговічністю дорожніх покриттів.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ:

1. Гамеляк І.П., Корецький А.С., Корецький С.С. Про необхідність будівництва в Україні автомобільних доріг із цементобетонним покриттям //Автошляховик України. – 2013. – Вип. № 5. – С. 24-31.
2. Шейнин А.М. Цементобетон для дорожніх и аеродромных покритий / А.М. Шейнин /– М., 1991. – 150 с.
3. Гамеляк І.П., Смолянець В.В.

Застосування цементобетонного покриття в дорожньому будівництві / Гамеляк І.П., Смолянець В.В. //Дорожня галузь України. – 2013. – №6. – С. 46-51.

4. Навчальний посібник «Дорожні одяги». /С.Й. Солодкий // Львів, Видавництво Львівської політехніки, 2015. – 164 с.

5. Позняк О.Р. Эффективность использования комплексных модификаторов в дорожных бетонах/ О.Р. Позняк, М.А. Саницкий, У.Д. Марущак, Т.В. Олийнык и др. // Асфальт. – 2009. – № 2. – С. 22-34.

6. Марків Т.Є. Цеолітовмісні цементи для бетонів транспортного призначення/ Т.Є.Марків, Х.С.Соболь, О.М. Гуняк //Тези III Всеукраїнської науково-технічної конференції «Сучасні тенденції розвитку і виробництва силікатних матеріалів». – Львів, 2016. – С. 97-99.

7. Позняк О.Р. Особливості процесів гідратації технологічних систем з модифікаторами на основі полікарбоксилатів / О.Р. Позняк, О.Т. Мазурак, У.Д. Марущак //Вісник НУ «Львівська політехніка». Хімія, технологія речовин та їх застосування. – Львів, 2008. – Вип. № 609. – С. 310-314.

REFERENCES:

1. Hamelyak I.P., Koretsky A.S., & Koretsky S.S. (2013). Pro neobkhdnist budivnytstva v Ukrayini avtomobilnykh dorih iz tsementobetonnyim pokryttyam. Avtoshlyakhovyk Ukrayiny. Vyp. № 5 Kyiv, Ukraine, 24-31.

2. Sheynyn A.M. (1991). Tsementobeton dlya dorozhnykh y aërodromnykh pokrytyy. Moscow, 150.

3. Gamelyak I.P., & Smolyanets V.V. (2013). Zastosuvannya tsementobetonnoho pokryttya v dorozhnomu budivnytstvi. Dorozhnya haluz Ukrayiny. №6. Kyiv, Ukraine, 46-51.

4. Solodky S.Y. Navchal'nyy posibnyk «Dorozhni odyahy» (2015). Vydavnytstvo Lvivskoyi politekhniki. Lviv, Ukraine, 164.

5. Poznyak O.R., Sanytsky M.A., Marushchak U.D., Olyynyk T.V. & et. al. (2009). Éffektyvnost yspolzovanyya kompleksnykh modyfykatorov v dorozhnykh betonakh// Asphalt. № 2, Ukraine, 22-34.

6. Markiv T. E., Sobol K.S.,& Gunyak O.M (2016). Tseolitovmisni tsementy dlya betoniv transportnoho pryznachennya. Tezy III Vseukrayins'koyi naukovo-tekhnichnoyi

konferentsiyi «Suchasni tendentsiyi rozvytku i vyrobnytstva sylikatnykh materialiv». Lviv. Ukraine , 97-99.

7. Poznyak O.R., Mazurak O.T., & Marushchak U.D. (2008). Osoblyvosti protsesiv hidratatsiyi tekhnolohichnykh system z modyfykatoramy na osnovi polikarboksylativ. Visnyk NU. – Lviv: «Lvivska politekhnika». Khimiya, tekhnolohiya rehovyn ta yikh zastosuvannya, Vyp. № 609, 310-314 [in Ukraine].

АННОТАЦІЯ

Представлены исследования по использованию добавок поликарбоксилатного типа при производстве дорожных бетонов. Использование добавок обеспечивает высокие параметры эксплуатационной надежности дорожных бетонов в условиях повышенных нагрузок. Установлено, что применение модифицирующих добавок позволяет экономить цемент и получить бетоны для покрытия дорог класса В30 и выше. Разработанные составы цементобетонов модифицированной структуры характеризуются повышенной долговечностью дорожных покрытий.

Ключевые слова: поликарбоксилаты, дорожный бетон, повышенная прочность, надежность, деформативность, морозостойкость, эффективность использования.

ANNOTATION

The presented research on the use of additives in the production polikarboksylatnoho type of road concrete. The use of additives provides high reliability parameters of concrete road in conditions of high stress.

Research strength of concrete and its structural features The influence of different amounts of additives polikarboksylatnoho type of modification to the structure, improve operational properties and durability of concrete road.

It is shown that the use of modifiers also allows you to save and get cement concrete roads to cover the class B30 or higher. The composition of the modified cement-concrete structure characterized by high durability coatings road.

Keywords: polycarboxylates, road concrete, high strength, deformation, frost, efficiency.