

Чистяков В.В., д-р техн. наук, **Шургая А.Г.**,
Дорошенко Ю.М., канд. техн. наук, **Чиженко Н.П.**

ЦЕМЕНТОБЕТОНИ ДЛЯ ПОКРИТТЯ ДОРІГ

Анотація. В статті показано один із шляхів покращення властивостей цементобетону для покриття доріг – модифікація цементобетонної суміші комплексною добавкою поліфункціональної дії. Досліджувався її вплив на показники міцності, морозостійкості, водонепроникливості цементобетону, а також на особливості процесів твердіння модифікованої цементно-водної дисперсії.

Ключові слова: цементний бетон, покриття доріг, хімічна добавка поліфункціональної дії, цементно-водна дисперсія, міцність, твердіння.

Аннотация. В статье показан один из путей улучшения свойств цементобетона для покрытия дорог – модификация цементобетонной смеси комплексной добавкой полифункционального действия. Исследовался ее влияние на показатели прочности, морозостойкости, водонепроникливости цементобетона, а также особенности процессов затвердевания модифицированной цементно-водной дисперсии.

Ключевые слова: цементный бетон, покрытия дорог, химическая добавка полифункционального действия, цементно-водная дисперсия, прочность, твердение.

Annotation. The article shows a way to improve the properties of cement-concrete for roads-modified cement-concrete complex addition of polyfunctional action. Explored its effects on parameters of durability, resistance, vodonepronyklyvosti cement-concrete, and also features Cure modified cement-water dispersion.

Key words: cement concrete pavements, the chemical additive polyfunctional action, cement and water dispersion, strength, hardening.

Вітчизняний і зарубіжний досвід будівництва доріг з одягом жорсткого типу підтверджує перспективність широкого впровадження цементних бетонів для забезпечення надійної та безвідмовної їх експлуатації протягом тривалого періоду при незначних витратах на утримання. Закордоном розрахунковий період експлуатації покриттів жорсткого типу становить 35-50, в Україні - 25-40 років. Протяжність доріг з цементобетонним покриттям в Україні становить близько 3 тис. км, що відповідає частці в 6 % для доріг з удосконаленим покриттям. Це значно нижче європейських показників, і є підставою для розвитку дорожньої інфраструктури в цьому напрямку. До переваг жорстких дорожніх одягів можна віднести: значно довший термін нормативної експлуатації до капітального ремонту (реконструкції) в порівнянні з нежорсткими дорожніми одягами; кращі можливості для проїзду транспортних засобів з наднормативними навантаженнями на вісь; стабільність фізико-механічних властивостей від природно-кліматичних факторів і, в першу чергу, від температурно-вологісних умов експлуатації; зростання міцності цементобетону з часом; високі показники довговічності - морозо- і водостійкості, корозійної стійкості і т.д.; мінімальні експлуатаційні витрати[1].

Основними факторами, що викликають руйнування дорожніх цементних бетонів є: вилуговування вимивання поверхневого шару цементобетону, вплив розчинів солей, важкі температурні умови в зимовий час і постійні механічні дії на поверхню бетону. Як правило, ці фактори впливають на бетон в комплексі.

Одним із існуючих способів покращення властивостей цементних бетонів для покриття доріг є їх модифікація хімічними добавками. В Україні хімічні добавки застосовують майже у всіх сферах виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які без добавок було б просто не можливо. Сучасний цементобетону перетворюється завдяки новим хімічним добавкам у більш складний композиційний матеріал, властивості якого перевершують традиційні склади [2]. Проте для отримання цементних бетонів з підвищеною міцністю, морозостійкістю, водонепроникливістю, корозійною стійкістю найбільш ефективно застосовувати не окрему хімічну добавку, а спеціально підібраний комплекс добавок поліфункціональної дії в залежності від призначення цементобетону і вимог до нього.

До складу комплексної хімічної добавки повинен входити ефективний суперпластифікатор, а також можуть входити добавки, які впливають на кінетику твердіння, повітрявтягуючі добавки (аеранти) і тонкодисперсні

мінеральні наповнювачі [3]. У Мостозагоні - 112 м. Бровари, авторами даної статті проводились дослідження з підбору складів бетонів модифікованих комплексними добавками поліфункціональної дії. Метою роботи було отримання цементного бетону з легкоукладальністю П1-П2, «життєздатністю» суміші не менше 2 годин, з вимогами по морозостійкості не менше F 200 та класом бетону B25-B50.

При проведенні досліджень використовували такі матеріали:

Портландцемент - ПЦ І - 500-Н (ДСТУ Б В.2.7.-46-96)

Заповнювачі:

пісок кварцевий, дніпровський, $M_{кр} = 1,72$; насипна щільність – 1570 г/м^3 ;
щебінь гранітний (ДСТУ Б В.2,7-75-98)

фракції 5-10 мм, насипна щільність 1280 кг/м^3 ;

фракції 10-20 мм, насипна щільність 1335 кг/м^3 .

У результаті виконаної роботи була розроблена комплексна добавка поліфункціональної дії на основі компонентів вітчизняного виробництва - ШАГ-2 – модифікована комплексна добавка (патент України № 37100). До складу комплексної добавки ШАГ-2 входить: суперпластифікатор, пластифікатор, гідрофобізатор, піногасник і аерант. Застосування аеранта обумовлено тим, що обсяг залученого повітря в бетонній суміші для одношарових та верхнього шару двошарових покриттів повинен забезпечуватися на рівні 5-7%, для нижнього шару двошарових покриттів 3-5% [4]. Завдяки направленому підбору компонентів і їх співвідношенню комплексна добавка забезпечує підвищення життєздатності цементобетонної суміші (240 хвилин), а також суттєве зростання показників міцності, водонепроникливості та морозостійкості (табл. 1).

З отриманих результатів видно, що при використанні цементу в кількості $325, 350 \text{ кг/м}^3$ і оптимальної кількості комплексної добавки 1% від маси цементу можна отримати цементні бетони класу B45-B50. Застосування комплексної добавки ШАГ-2 дозволяє зменшити кількість води замішування (на 40-50 л), при збереженні легкоукладальності і вмісту залученого повітря в бетонних сумішах. Доцільно зазначити, що при коригуванні складу добавки (збільшенні кількості аеранта) і зменшенні кількості дрібного заповнювача можна збільшити міцнісні показники ще на 3-5 %. Крім цього застосування фракції щебеню 20-40 дозволяє підвищити міцність на 8-12 %.

Таблиця 1 - Склади і характеристики цементних бетонів

№ складу ц/б	Ц, кг/м ³	П, кг/м ³	Щ ₅₋₁₀ , кг/м ³	Щ ₁₀₋₂₀ , кг/м ³	В, л/м ³	Добавка %від маси цементу, %	Осадка конуса, см через хв.		В/Ц	Об'єм залученого повітря, % (через 30 мин.)	Границя міцності при стиску, МПа, при нормальних умовах твердіння у віці, діб			
							5	30			3	7	28	56
1	350	737	342	796	161	-	3	2,5	0,441	4,33	19,41	21,98	35,27	44,07
2	325	696	397	940	120	0,8	2,0	1,0	0,366	4,59	21,75	46,50	59,43	61,83
2 а	350	584	417	965	121		1,5	1,0	0,343	4,98	24,29	56,21	66,24	70,95
3	325	618	417	965	115	1,0	3,5	1,5	0,354	5,85	35,15	48,51	60,03	63,15
3 а	350	598	417	965	114		1,5	1,0	0,328	5,04	22,44	50,80	68,83	71,00
4	325	627	417	965	110	1,1	1,0	1,0	0,341	5,32	30,11	51,52	60,66	61,17
4 а	350	598	417	965	110		2,0	1,5	0,331	5,18	22,84	54,55	63,80	67,95

Границя міцності на стиск у віці 28 діб у порівнянні з контрольним складом підвищується на 68 – 95%.

Бетонні зразки-куби (10 × 10 × 10см) були випробувані на морозостійкість в ДерждорНДІ ім. Шульгіна. Випробування проводилися згідно прискореного методу [5]. В результаті було встановлено, що марка по морозостійкості випробовуваних складів з комплексною добавкою поліфункціонального дії ШАГ-2 склала не менше F300, що в 3 рази більше в порівнянні з контрольним складом - ≤ F100. Марка бетону по водонепроникності визначалася відповідно до [6], і становить W 8.

Механізм дії запропонованої комплексної добавки досліджувався з використанням спеціальних методів: АРДС (акустичний резонанс дисперсних структур) [7], калориметричних методів [11] та диференційно – термічного аналізу – ДТА.

Для дослідження особливостей процесів твердіння цементу і бетону застосовувався метод акустичного резонансу дисперсних структур (АРДС), розроблений І.Г. Гранковським [7]. Даний метод дозволяє отримати кількісні характеристики зміни пружних властивостей цементно-водної дисперсії (зміна пластичної міцності). Ця характеристика визначається за результатами вимірювань частоти резонансу $\omega_{рез}$ (рис.1). [7]. Амплітуда резонансу $A_{рез}$ (рис.1) дає можливість фіксувати диспергаційні або агрегаційні процеси твердіючої системи [7-10].

У модифікованого складу одразу після замішування цементу на протязі 20 хв. фіксується суттєве підвищення амплітуди резонансу $A_{рез}$, що свідчить про більшу інтенсивність диспергаційних процесів похідних частинок цементу в порівнянні з контрольним складом.

Надалі в цементній системі фіксуються агрегаційні (конденсаційні) процеси – зменшення $A_{рез}$. При досягненні мінімального значення $A_{рез}$ на кривій $\omega_{рез}$ фіксується незначний спад пружних властивостей. Це обумовлено вивільненням частини (5- 15 %) раніше звільненої гідратними новоутвореннями води [7-9]. Цей період відповідає першій стадії структуроутворення.

Наведені вище процеси відбуваються до початку тужавлення цементно – водної дисперсії. На цьому етапі формується матриця майбутньої конденсаційно- кристалізаційної структури – носія міцності цементного каменю і бетону.

Проте у контрольного складу інтенсивність диспергаційних процесів на початкових стадіях тверднення поступається модифікованому складу. В той час як $\omega_{рез}$ (пружні властивості) контрольного складу спочатку незначно перевищує модифікований склад, але через 4 години ця різниця досить значна, що вказує на втрату легкоукладальності бетонної суміші.

В ХНУБА, в лабораторії професора Ушєрова-Маршака Олександра Володимировича були проведені дослідження впливу добавки на тепловиділення портландцементу. Експеримент проводився на напівдіабатичному (термосному) калориметрі УСК.

Екзо- або ендофакти, що виникають на ранніх стадіях взаємодії компонентів цементної системи, прямо пов'язані із кінетикою гідратації, яка, в свою чергу, обумовлює швидкість твердіння та набір міцності цементу і бетону. Дослідження термокінетичних закономірностей гідратації — один зі способів

одержання об'єктивної кількісної інформації для оцінки фізико-хімічного впливу добавок, а також прогнозування їх ефективності [11].

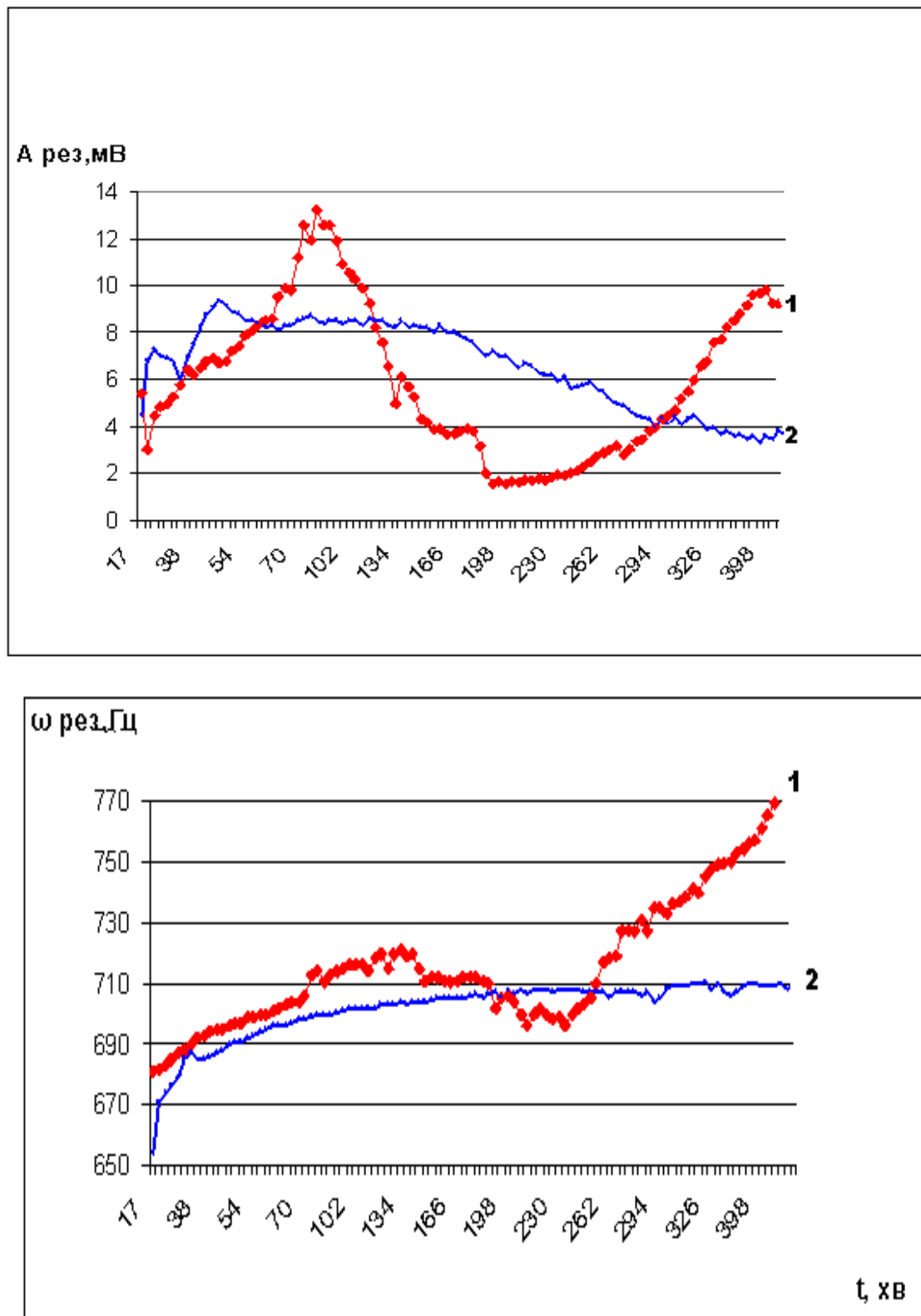


Рисунок 1 – Кінетичні криві структуроутворення цементно-водної дисперсії
1 – без добавки, В/Ц=0,3; 2 – з комплексною добавкою ШАГ-2, В/Ц=0,216

Встановлення взаємозв'язків термодинамічних показників з характеристиками твердіння цементів та бетонів, властивостями цементобетонної суміші представляється складовою частиною проблеми підвищення ефективності добавок в бетони.

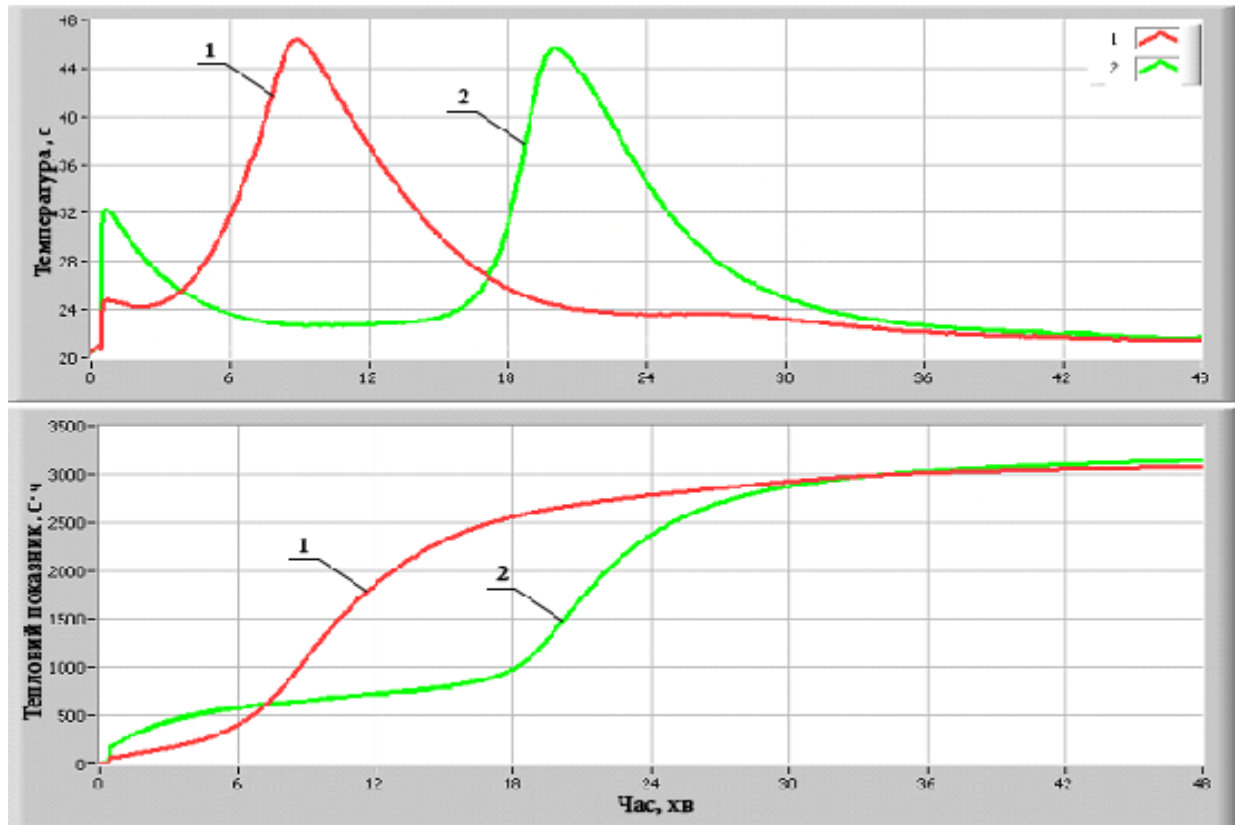


Рисунок 2 – Вплив добавки ШАГ-2 на тепловиділення портландцементу
1 – контрольний склад; 2– з добавкою ШАГ-2

Термодинамічні залежності (рис. 2) свідчать про більшу інтенсивність процесів гідратації цементно-водної дисперсії одразу після замішування (перші 10 хв.). Цей ефект обумовлений збільшеною реакційно-спроможною поверхнею цементу в модифікованому складі, за рахунок більш інтенсивних процесів диспергації похідних частинок цементу (крива $A_{рез}$, рис.1). Але надалі тепловиділення цементно-водної дисперсії бетону поступається контрольному складу. Теплота гідратації з добавкою ШАГ-2 через 24 години знижена на 15 %, але надалі поступово підвищується і через 48 годин ці показники вирівнюються.

Зменшене тепловиділення на протязі 24 годин позитивно відображується на початкових процесах тріщиноутворення бетону, тобто зменшення екзотермії зменшує температурні напруження в цементобетоні, що в результаті суттєво зменшує процеси тріщиноутворення на початкових стадіях твердіння.

Таблиця 2 - Основні термокінетичні параметри

№	Закінчення індукційного періоду, год	Час досягнення T_{max} ,	ΔT_{max} , $^{\circ}C$	Тепловий показник 24 год, $^{\circ}C \cdot год$	Тепловий показник 48 год, $^{\circ}C \cdot год$
1	2,2	8,9	25,6	2780 (1)	3075 (1)
2	11	20	24,7	2365 (0,85)	3140 (1,02)

У зразка з добавкою ШАГ – 2 спостерігається значне збільшення індукційного періоду і як наслідок сповільнення процесів тужавлення.

Таким чином у результаті проведеної роботи була розроблена і досліджена комплексна добавка поліфункціональної дії ШАГ – 2, її застосування дозволяє не лише впливати на технологічні та міцнісні характеристики цементобетону для покриття доріг, а й на його структуру, підвищуючи при цьому його морозостійкість, водонепроникність і довговічність.

Література

1. Солодкий С.Й., Русин Р.М. Модифіковані бетони на композиційних цементах для влаштування жорстких дорожніх одягів.//Автомобільні дороги і дорожнє будівництво.Наук.-техн.зб.- К.,2004.- Вип.72.- С.89-94.
2. Ушеров-Маршак А.В., Циак М. Химические и минеральные добавки в технологии цемента и бетона. Труды международной научно-практической конференции: Современные бетоны, компоненты, технология и качество, Хортица,2003.
3. Петрова Т.М., Джаши Н.А., Смирнова О.М., Чистяков Э.Ю. Современные подходы к проектированию составов высокопрочных бетонов. Журнал «Строительный Тендер №42», 2009.
4. ВБН В.2.3-218-008–97. Проектування і будівництво жорстких та с жорсткими прошарками дорожніх одягів. – К.: - Укравтодор. – 1998.–218 с.
5. ГОСТ 10060-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости.
6. ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
7. Гранковский И.Г. Структурообразование в минеральных вяжущих системах.- Киев: Наукова думка, 1984, 299 с.
8. Чистяков В.В., Дорошенко Ю.М., Гранковский И.Г. Интенсификация твердения бетона.- Киев: Будівельник, 1988. – 118 с.
9. Гранковский И.Г., Чистяков В.В. Особенности гидратации и структурообразования портландцемента на ранних стадиях. // Журн. прикл. химии, - 1991. – Т. 54 № 1, с.15-20.
- 10.Чистяков В.В., Гранковский И.Г., Гоц В.Н.Формирование структуры твердения шлакощелочного вяжущего. // Журн. прикл. химии. – 1986. - Т. 59 № 3, с.590-595.
- 11.Ушеров-Маршак А.В. Калориметрия цемента и бетона.–Х.:Факт,2002.– 184с.
- 12.Патент України № 37100.