

УДК 666.972.16

*Валерій Чистяков
Анзор Шургея
Катерина Гудіменко
Олександра Дорошенко*

КОМПЛЕКСНА ДОМІШКА ДЛЯ МОДИФІКАЦІЇ БЕТОНІВ ТРАНСПОРТНОГО БУДІВНИЦТВА

В статті розглядаються дані досліджень з використання комплексної добавки для модифікації бетонів транспортного будівництва.

В статье рассматриваются данные исследований по использованию комплексной добавки для модификации бетонов транспортного строительства.

In the article the research data on the use of complex additives to modify the concrete road construction.

Ключові слова: комплексна домішка, морозостійкість, водонепроникність, довговічність бетонів.

Будівництво мостів та шляхопроводів на сьогоднішній день є одним з найбільш важливих і складних елементів комплексу «транспортне будівництво».

В Україні більшість мостів були побудовані в 50-60 роках минулого століття. За час довголітньої експлуатації бетонні та залізобетонні мостові споруди піддаються як суворим природним впливам навколишнього середовища, так і інтенсивному, зростаючому з плином часу, навантаженню, що призводить до необхідності проведення термінового капітального ремонту. [1] В період різкого збільшення транспортних потоків, практично повна відсутність будівництва нових мостів і транспортних розв'язок викликає великі труднощі в пересуванні автомобільного і залізничного транспорту.

До якості бетону, що визначається його складом, способами укладання і подальшим доглядом, висуваються підвищені вимоги по міцності, морозостійкості, водонепроникності, стійкості проти агресивного впливу рідких середовищ, стирання, тріщиностійкості та довговічності. [1] Так само актуальними є питання високої технологічності цементних систем при низькому В/Ц, збереження рухливості бетонних сумішей протягом 1,5-2 години, розширення можливостей цілорічного бетонування, економії цементу та енергоносіїв.

© Чистяков В. В., Шургея А. Г., Гудіменко К. В., Дорошенко О. Ю., 2011

Ці вимоги до бетону мостових споруд можуть бути задоволені шляхом застосування домішок у цементобетон. У світовій практиці частка бетонів з вмістом домішок невпинно зростає, в промислово розвинених країнах не менше 90% цементного бетону випускають з хімічними домішками. В Україні хімічні домішки застосовуються практично у всіх технологіях виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які без домішок було б просто неможливо. Завдяки ефективним хімічним домішкам, сучасний бетон перетворюється у все більш складний композиційний матеріал, властивості якого можуть набагато перевищувати традиційні склади. [2]

Однак для отримання бетонів високої міцності найефективніше застосування не окремих домішок, а спеціально підібраних комплексних домішок поліфункціональної дії залежно від призначення бетону і вимог, що висуваються до нього. В комплексну домішку має входити ефективний суперпластифікатор, а також домішки, керуючі кінетикою схоплювання і твердіння, повітровтягувальні домішки та піногасники, дисперсні і тонкодисперсні мінеральні наповнювачі. [3] Склад комплексної домішки має відповідати обраній технології і заданим властивостям бетону.

На сьогоднішній день ми знаходимося на новому етапі у розвитку технологій цементобетону – цілеспрямоване управління властивостями бетону за допомогою комплексних домішок нового покоління.

На вирішення цих завдань спрямовані дослідження авторів даної статті. Результати цих досліджень підтверджують, зокрема, особливу перспективність широкого застосування комплексних домішок поліфункціональної дії на основі суперпластифікаторів.

Починаючи з 2007 року в Мостогазоні – 112 м. Бровари, авторами цієї статті проводилися дослідження по підборі складів бетону і комплексних домішок поліфункціональної дії з ОК = ПЗ - Р5, «живучістю» суміші не менше 2 годин, з вимогами по морозостійкості не менше F 200 і класом бетону не менше В25-В50.

У результаті була розроблена ефективна комплексна домішка для бетону [16]. Використання даної домішки дозволило збільшити міцність бетону, у порівнянні з еталонними зразками на більш, ніж 30%, а так само підвищити морозостійкість в 3 рази і зменшити водопоглинання в 2,5 рази. Однак, «недоліком» домішки стали імпорتنі компоненти, які входять до її складу, і це висунуло нове завдання – створення конкурентоспроможної домішки з компонентів вітчизняного виробництва, для більшого економічного ефекту.

При проведенні досліджень були використані такі матеріали:

портландцемент – ПЦ І - 500-Н (ДСТУ Б В.2.7.-46-96);

пісок кварцовий, дніпровський намивний, Мкр = 1,41; насипна маса в сухому стані – 1500 кг/м³;

щебінь гранітний (ДСТУ Б В.2 ,7-75-98) фракції 5-10 мм, 10-20 мм, насипна маса в сухому стані 1350 кг/м³;

комплексна домішка, в яку входять: суперпластифікатор, пластифікатор, аерант, гідрофобізатор та піногасник.

Для дослідження особливостей процесів гідратації портландцементу застосовувався метод акустичного резонансу дисперсних структур – АРС, розроблений І. Г. Гранковським [4]. У фундаментальних працях І. Г. Гранковського

доведено, що частота резонансу твердіючої системи Ω^{pez} свідчить про зміну пружних властивостей цементно-водної дисперсії і певною мірою характеризує пластичну міцність цементної пасти. Подальший розвиток методу АРС [5-7] довів можливість однозначно ідентифікувати протікання диспергаційних або конденсаційних процесів в твердіючій системі по амплітуді резонансу A_{pez} . Підвищення значень A_{pez} свідчить про зростання ступеня дисперсності гідратованої системи, а зменшення A_{pez} вказує на протікання агрегаційних і конденсаційних процесів.

За допомогою установки П-1Р [4] отримані кількісні характеристики структуроутворення твердіючої системи, модифікованої комплексною домішкою ШАГ (рис. 1). Відразу після замішування в перші 30 хвилин фіксуються істотні процеси диспергування вихідних частинок цементу (збільшення значень A^{pez}) і незначне збільшення пружних властивостей твердіючої системи (крива Ω^{pez}).

Надалі наголошується переважання агрегаційних процесів в гідратуючій системі (зменшення A^{pez}) і спад пружних властивостей цементної пасти (крива Ω^{pez} , 70 хвилин). Спад пружних властивостей обумовлений розрідженням цементної пасти в результаті вивільнення раніше зв'язаної гідратної води [5-7]. Цей період відповідає першій стадії структуроутворення [4].

На наступних етапах фіксуються процеси, що циклічно повторюються, диспергування і конденсації первинних гідратних новоутворень (A_{pez}) і пружних властивостей Ω^{pez} (пластичної міцності) твердіючої системи.

У цей період зазначені вище процеси обумовлюють періодичну перебудову гідратованої системи, що призводить до збільшення міжфазової поверхні і ступеня гідроксилування гідратів [5-7]. На цьому етапі тверднення, коли формується і розвивається колоїдна структура, ці процеси закладають основу матриці, яка формується у подальшому в конденсаційно-кристалізаційній структурі.

Склади з комплексною домішкою ШАГ характеризуються збільшеними у 2-3 рази термінами схоплювання і істотно зменшеною екзотермією. Ці особливості позитивно позначаються на технології бетонування і характеристиках монолітного бетону.

На рис .2 подані результати диференційно-термічного аналізу цементного каменю бездомішкового складу і з комплексною домішкою ШАГ. Модифіковані склади характеризуються уповільненням процесів гідратації. У добовому віці втрата маси Δm (кількість зв'язаної води) становить, відповідно 14,8% (контрольний склад) і 13,4% (з домішкою ШАГ). У 28-добовому періоді відповідно 22,7% і 19,4%. Відносне зменшення ступеня гідратації після 28-ми діб тверднення склало 15%.

Модифікований комплексною домішкою бетон, незважаючи на зменшену на 15% ступінь гідратації цементу, характеризується підвищеною на 20-50% марочною міцністю (табл. 1). Це дозволяє прогнозувати збільшення різниці в міцності при подальшому твердненні, зважаючи на великий резерв негідратованого цементу в модифікованому комплексною домішкою складі.

Другий ендотермічний ефект на кривій ДТА в районі 500⁰С свідчить, що втрати маси препаратів цементного каменю в цьому діапазоні модифікованого складу порівняно з контрольним в два рази менша. Це дозволяє зробити висновки про те, що частка гідроксиду кальцію в модифікованому цементному камені і бетоні зменшується на 50%. Як відомо, Са(ОН)² знижує корозійну стійкість і довговічність бетону. Таким чином, модифіковані комплексною добавкою бетони і мостові конструкції на їх основі будуть характеризуватися підвищеною довговічністю.

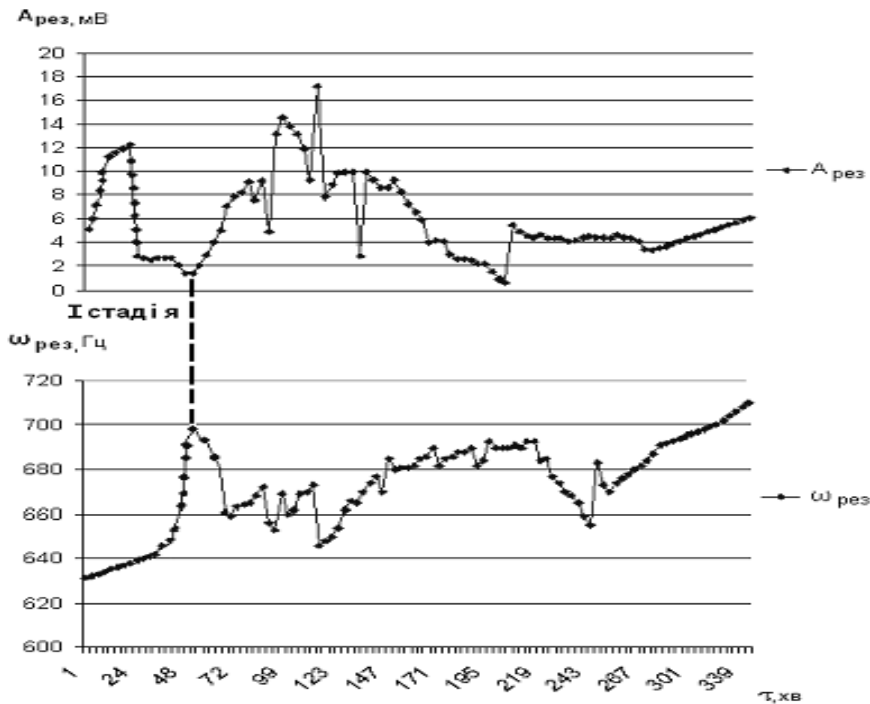


Рис. 1. Криві кінетики структуроутворення цементно-водної дисперсії з домішкою ШАГ (В/Ц = 0,216)

Дослідження, бетонних сумішей і бетону проводилися при витратах цементу: 400, 425, 450, відповідно змінювалося і В/Ц (від 0,314-0,397) і кількість домішки (0,9% – 1,1% від маси цементу).

Застосовані домішки були вітчизняного виробництва або ближнього зарубіжжя (Росія).

Бетонні суміші готувалися у лабораторному змішувачі гравітаційного типу об'ємом 40 л. З отриманих сумішей шляхом вібрування в металевих формах (частота коливань 2800 кол/хв, амплітуда 0,35 мм) виготовлялися зразки-куби з ребром 10 см, які тверднули у нормальних умовах і не піддавалися тепловологісній обробці. Робота проводилася із сумішами і бетонами як для виготовлення мостових конструкцій, транспортного будівництва, так і загально будівельного призначення.

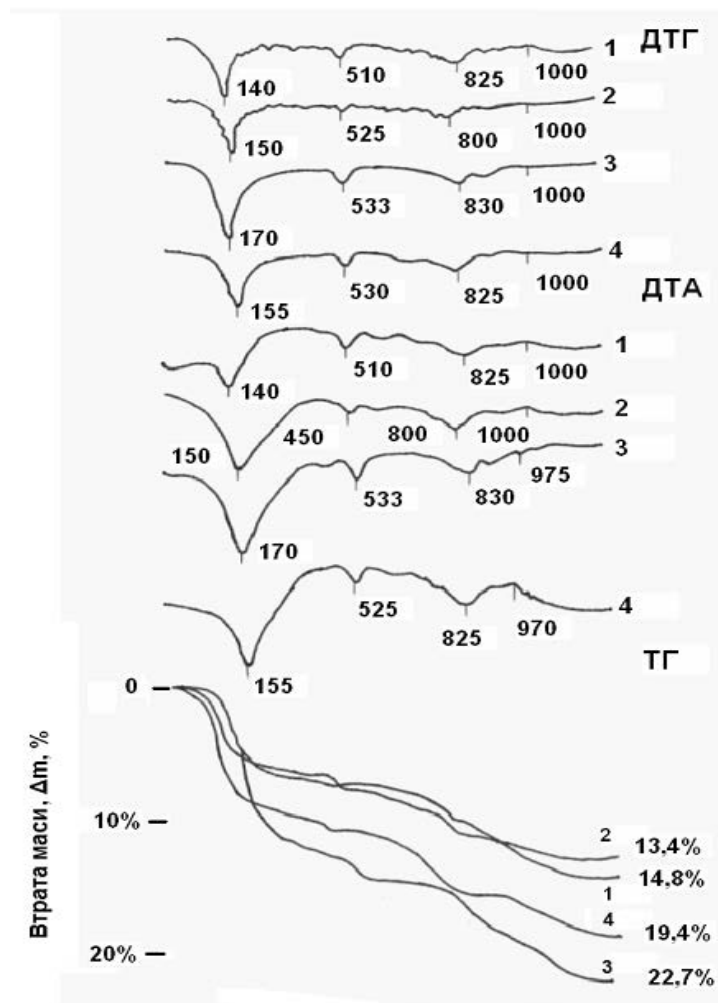


Рис. 2. Криві ДТГ, ДТА, ТГ цементного каменю. Контрольний склад (1,3), склад з домішкою (2,4), 1 доба (1,2), 28 діб (3,4)

Вимоги до бетонів регламентувалися нормативно-технічними документами. [10-15 та ін.].

Одним із основних вимог для бетонів мостових конструкцій крім міцності є забезпечення морозостійкості і водонепроникності бетонів (марка за морозостійкістю не нижче F 200, марка по водонепроникності W8 і більше). Це досягається за рахунок зниження витрати води замішування і створення в бетонних сумішах диспергованої повітряної фази (розмір повітряних бульбашок – до 300 мкм, фактор відстані 100-250 мкм) при обов'язковому застосуванні бездомішкових портландцементів із вмістом мінералу C^3A не більше 8% за масою клінкеру. На практиці зазначені показники отримуються шляхом введення в бетонні суміші комплексних хімічних пластифікуючих і повітровтягувальних домішок.

Таблиця 1

Випробування підборів складу цементобетонною суміші із застосуванням комплексної домішки ШАГ

№ складу, область застосування*	Склад бетонної суміші в кг в розрахунку на 1м ³				Добавки, %	Осадка конуса, см, через хв.		Об'єм залученого повітря, %, через хв.		Межа міцності при стиску, МПа, при нормальному твердненні за період, діб	
	Ц	П	Щ5-10 Щ10-20	В В/Ц		5	45	5	45	7	28
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1.Без добавки	350	741	$\frac{343}{801}$	$\frac{165}{0,471}$	-	2	1,5	-	-	34,3	45,1
2.«МК»	400	707	$\frac{332}{772}$	$\frac{150}{0,360}$	0,9	24	16	4,74	4,25	45,6	54,1
3.«МК»	425	689	$\frac{332}{772}$	$\frac{148}{0,344}$	0,9	24	20	5,20	4,55	49,1	58,5
4.«МК»	400	713	$\frac{332}{772}$	$\frac{147}{0,362}$	1,0	22	23	5,32	5,57	46,5	54,7
5.«МК»	425	700	$\frac{332}{772}$	$\frac{144}{0,335}$	1,0	23	23	5,39	5,65	49,4	58,1
6.«МК»	400	722	$\frac{332}{772}$	$\frac{144}{0,356}$	1,1	24	24	6,45	6,64	45,4	51,8
7.«МК»	425	713	$\frac{332}{772}$	$\frac{140}{0,326}$	1,1	23	23	6,40	6,51	48,2	55,4
8.«ПЦБ»	400	679	$\frac{347}{806}$	$\frac{155}{0,38}$	0,9	25	22	3,75	3,6	48,8	58,1
9.«ПЦБ»	425	665	$\frac{347}{806}$	$\frac{153}{0,355}$	0,9	23	21	3,5	3,5	51,2	60,8
10.«ПЦБ»	450	655	$\frac{347}{806}$	$\frac{150}{0,330}$	0,9	25	23	3,4	3,35	53,8	64,7
11.«ПЦБ»	425	657	$\frac{347}{806}$	$\frac{150}{0,348}$	1,0	23	23	3,65	3,75	53,3	63,7
12.«ПЦБ»	450	646	$\frac{347}{806}$	$\frac{147}{0,324}$	1,0	24	25	3,8	3,8	57,8	68,2

* «МК» – бетон для мостових конструкцій; «ПЦБ» – бетон для промислово-цивільного будівництва.

Важливе значення має також збереження легкоукладальності та повітряності бетонних сумішей. Розглянутим комплексом домішок і правильним підбором складу бетону, зокрема, регулюванням кількістю піску і домішки, можна регулювати повітровтягування, що є важливим параметром для бетонів, особливо тих, що подаються бетононасосами.

Бетонні зразки-куби ($10 \times 10 \times 10$ см) складів були так само випробувані на морозостійкість у ДерждорНІІ. Випробування проводилися за прискореним методом [10]. У результаті було встановлено, що марка за морозостійкістю випробовуваних складів з комплексною домішкою поліфункціональної дії ШАГ склала F 300, що в 3 рази більше порівняно з еталонним складом, що є не більше F 100. Марка бетону по водонепроникності визначалася відповідно до [11], і становить $W \geq 10$.

Встановлено, що комплексна домішка поліфункціональної дії ШАГ є ефективною при застосуванні її як в бетонах при будівництві транспортних споруд, так і бетонах для мостових конструкцій, а також бетонів для промислово-цивільного будівництва. При цьому домішка дає можливість, з поліпшенням технологічних властивостей бетонних сумішей (бетони класу В35-45), сприяти підвищенню морозостійкості, водонепроникності і довговічності бетонів. Це пояснюється поліпшенням параметрів диспергованої в бетонній суміші повітряної фази. Важливо відзначити, що комплекс ШАГ дає можливість значно знизити вартість бетону і підвищити економічну ефективність капітальних вкладень в транспортне будівництво.

Наведені дослідження бетонів із комплексною домішкою дозволили застосовувати в дорожньому будівництві золу-винесення в кількості 5-10%, що дозволить зменшити витрату в'язучого без зниження морозостійкості і водонепроникності цементобетонних покриттів доріг. Досвід європейських країн, Японії та Китаю дозволяє використовувати золу, що регламентується у них відповідними нормативними документами. [8]

Результати випробування комплексної домішки ШАГ дали можливість впровадження розробленого комплексу. Домішка була застосована при бетонуванні плити автопроїзда шляхопроводу розв'язки на Московській площі м. Києва.

ЛІТЕРАТУРА

1. Джаши Н. А., Петрова Т. М. Современные материалы для строительства и реконструкции автодорожных мостов. – С-Пб.: Дорожная Техника, 2005.
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. Гранковский И. Г. Структурообразование в цементных вяжущих системах. – К.: Наукова думка, 1984. – 299 с.
5. Чистяков В. В., Дорошенко Ю. М., Гранковский И. Г. Интенсификация твердения бетона. – Киев: Будивельник, 1988. – 118 с.
6. Гранковский В. Г., Чистяков В. В. Особенности гидротации и структурообразования портландцемента на ранних стадиях // Журнал прикладной химии, 1991.–Т. 54. – № 1. – С. 15-20.
7. Чистяков В. В., Гранковский И. Г., Гоц В. И. Формирование структуры твердения шлакощелочного вяжущего // Журнал прикладной химии, 1986. – Т. 59. – № 3. – С. 590-595.
8. Путилин Е. И., Цветков В. С. Применение зол уноса и золошлаковых смесей при строительстве автомобильных дорог. – Москва, 2003.

9. Коваль П. М., Харченко С. З., Шургея А. Г. Особенности технологии бетонирования плиты автопроезда моста в гавань в городе Киеве. Труды Научно-практической конференции «Эффективность применения в бетонах современных добавок». – Киев, 2009.
10. ГОСТ 10060-95 Бетоны. Методы определения морозостойкости.
11. ГОСТ 12730.5-84 Бетоны. Методы определения водонепроницаемости.
12. СНиП 2.05.02-85 Автомобильные дороги. Строительные нормы и правила.
13. СНиП 2.05.03-84 Мосты и трубы. Строительные нормы и правила.
14. СНиП 3.06.04-91 Мосты и трубы. Строительные нормы и правила.
15. ГОСТ 26633-91 Бетоны тяжелые и мелкозернистые. Технические условия.
16. Патент Украины № 37100 «Добавка в бетон»