

Н. А. НІКІФОРОВА, В. О. МОМОТ (ДПТ), О. О. ВЕРГУН (Придніпровська державна академія будівництва і архітектури, Дніпропетровськ)

## ВПЛИВ КОМПЛЕКСНИХ МОДИФІКОВАНИХ ДОБАВОК НА МОРОЗОСТІЙКІСТЬ ВАЖКИХ БЕТОНІВ

Наведені результати дослідження впливу комплексних модифікованих добавок на морозостійкість важкого бетону.

*Ключові слова:* хімічні добавки, дикарбонова кислота, суперпластифікатори, експлуатаційні властивості, морозостійкість, порова структура, міцність, водонасичення

Останніми роками на Україні виник великий інтерес до застосування в бетонах хімічних добавок, що дозволяють регулювати терміни схоплювання цементу, темпи тужавіння бетону, економити матеріальні і енергетичні ресурси (цемент, пару, електроенергію і ін.), додавати бетону необхідні властивості (морозостійкість, водонепроникність, стійкість в агресивних середовищах, можливість подачі в труднодоступні місця).

Наряду з пластифікуючими комплексними добавками, що є на ринку будівництва з'явилися нові високоефективні суперпластифікатори, що дозволяють забезпечувати необхідні властивості бетонів різного призначення. Разом з тим, випуск таких добавок обмежений, і важливим фактором є висока вартість, що стримує їх широке використання.

Рішення питань регулювання фізико-механічних властивостей, реології бетону, можливо за рахунок застосування сировинної бази комплексних модифікованих добавок, яка є на Україні.

До особливої групи таких добавок можна віднести нижчі дикарбонові кислоти, такі як янтарна, глутарова, адипінова, що є вторинним продуктом вітчизняних заводів (Рівненського і Північнодонецького) по випуску адипінової кислоти. Науковий і практичний інтерес спостерігається при застосуванні добавок в технології важкого бетону.

Перспективним напрямом слід вважати застосування в бетонах модифікованих нижчих дикарбонових кислот лужними реагентами. Це дозволяє підвищити ефективність застосування добавок в бетонах для широкої номенклатури виробів з рішенням задач підвищення якості, зниження витрати цементу в бетоні і пари при тепловолігній обробці бетонних і залізобетонних виробів і конструкцій.

Таким чином, отримання бетонів з регульованими реологічними і фізико-механічними

властивостями із застосуванням комплексних модифікаторів – лужних солей дикарбонових кислот, є актуальним завданням.

Відомо, що одним з головних факторів, які визначають структурно-механічні й експлуатаційні властивості конгломератних цементних систем є характер і властивості контактів між заповнювачем і цементним каменем.

Роль заповнювача є як в досягненні економії цементу, в усуненні усадкових явищ, так і в основній структуротвірній функції, де він взаємодіє з цементним тістом, потім з цементним каменем.

Введення в цементне тісто заповнювача зменшує рухливість суміші із-за відвернення частини води на змочування поверхонь заповнювачів; за рахунок дії поверхневих сил змінює властивості цементного тіста на межах розділу, збільшуючи в'язкість, підвищуючи тим самим пластичну міцність.

Структуротворна роль заповнювача залежить як від реологічних властивостей цементного тісту, об'єму новоутворення, так і від форми частинок заповнювача, активності його поверхні, об'ємного заповнення, впливу добавок, у тому числі і ПАР.

У практиці застосування бетонних сумішей, що містять пластифікуючі добавки, важливими характеристиками є як досягнення початкового пластифікуючого ефекту, так і можливість збереження його достатній час для технологічних переділів.

Однією з основних дій зовнішнього середовища в кліматичних умовах України є заморожування бетону у водонасиченому стані, який характеризується його морозостійкістю. Таким чином, умовна характеристика, що дозволяє оцінити здатність бетону зберігати фізико-механічні властивості при негативних температурах, і особливо при багатократному попереминому заморожуванні і відтаванні, є його морозостійкість. При цьому процеси, що протіка-

ють в бетоні, сприяють поступовому накопиченню в ньому пошкоджень.

Ступінь пошкодження бетону залежить від ступеня його водонасичення, який характеризується загальним об'ємом пор, їх розміром, формою і проникністю порової структури. При розгляді питань, пов'язаних з морозостійкістю, необхідно враховувати типові умови заморожування і відтавання: заморожування на повітрі і відтавання у воді бетону, що має різний початковий ступінь водонасичення; заморожування і відтавання при безперервному капілярному підсоє воді; заморожування при повному зануренні у воду (вмерзання в лід) і відтавання у воді. Оскільки структура цементного каменя і його порового простору залежить від мінералогічного складу клінкеру, вмісту в цементі гіпсу, тонкості помелу, вмісту лугів, вигляду і кількості добавок – ці фактори впливатимуть на морозостійкість бетону [1].

Говорячи про вплив добавок, в першу чергу, важливо зупинитися на характері порового простору цементного каменя, що визначає показники по морозостійкості. Головним структурним параметром морозостійкості бетону є ступінь насичення, що визначає співвідношення об'ємів закритих умовно-замкнених і відкритих, доступних для води пор:

$$C_H = \frac{U_{з.в.}}{U_{з.в.} + U_в.}, \quad (1)$$

де  $U_{з.в.}$  – об'єм замерзаючої води;  $U_в.$  – об'єм повітря в одиниці об'єму бетону.

Бетон високої морозостійкості має  $C_H < 0,88$  – випадок, коли об'єм резервних пор перевищує можливі прирости об'єму пор під час переходу води в лід. При  $C_H > 0,91$  настає швидке руйнування бетону при циклічному заморожуванні і відтаванні.

У порах, що поєднуються між собою, вода може переміщатися під дією температур – від теплого до холодного. Наслідком цього є підвищення водонасичення зовнішнього шару, внаслідок чого з кожним циклом заморожування і відтавання відбувається пошарове руйнування бетону. Якщо умови для міграції води відсутні то морозостійкість бетону забезпечується навіть якщо об'єм пор достатньо високий.

Важливе значення при розгляді морозостійкості бетону має і співвідношення контракційної і капілярної пористості, особливо при постійному повітроутягуванні.

Найдрібніші контракційні пори, будучи складовою частиною пор, гелів, не виконують

роль демпферів, як повітряні бульбашки, залучені ПАР. Вони відтягують воду з крупніших капілярних пор, які тим самим зневоднюються і надалі блокуються цементним гелем. Такі вторинні пори поповнюють загальний об'єм резервних пор.

Підвищення щільності бетону для поліпшення морозостійкості досягається наступними технологічними прийомами:

- зниженням В/Ц;
- ефективним ущільненням бетону;
- використанням хімічних добавок, що створюють замкнуту пористість.

В результаті загальна пористість і водопоглинання бетону зменшуються. Згідно другому закону Рауля, введення розчинів електролітів сприяє зниженню температури замерзання води.

Хімічні добавки, будучи основними регуляторами структури бетону і його порового простору, виходячи із загальної наукової класифікації добавок, вносять свій внесок у відношення впливу на морозостійкість. При цьому вплив добавок четвертого класу – ПАР на морозостійкість загальновідомий (пластифікація і зниження В/Ц, повітроутягування і ін.). Як показали дослідження, цементний камінь з додаванням доменного шлаку в порівнянні з бездобавочним цементним каменем показав значно вищу щільність, що забезпечувалося присутністю великого об'єму тонких пор розміром 4,5...15 нм. Об'єм пор, гелів, з максимумом пор за розміром 2 нм при додаванні доменного шлаку також підвищується, що пояснюється підвищенням кількості гідросилікатів кальцію. Особливе поліпшення порової структури характерно при термовологісній обробці бетонів на в'язучому з великим вмістом основних шлаків.

Хімічні добавки є основним регулятором структури бетону і його порового простору. Виходячи із загальної наукової класифікації добавок, можна відзначити, що кожен клас добавок вносить свій внесок відносно впливу на морозостійкість. Добавки першого і другого класу, окрім фазоутворюючих функцій, впливають на льодовиникнення в порах при заморожуванні і відтаванні. З них найбільш ефективні сильні електроліти, які значно знижують температуру замерзання льоду і змінюють коефіцієнт об'ємного розширення льоду. У присутності цих добавок формується стабільна морозостійка структура порового простору бетону з переважанням мікропор і пор гелю, зменшується кількість льоду при заморожуванні, підвищуються гранична розтяжність, динамічний

модуль пружності і міцність бетону. Вплив добавок четвертого класу – ПАР на морозостійкість загальновідома (пластифікація і зниження В/Ц, гідрофобізація, повітроутягування, газоутворення). Позитивний вплив на морозостійкість виконують пори розміром 50...500 мкм, утворені повітроутягуючими, мікропіноутворюючими добавками, на відміну від пор, утворе-

них повітрям в результаті ущільнення бетонної суміші або її недоущільнення [1, 2].

Дослідження морозостійкості бетону з комплексними модифікаторами проводилося по стандартній методиці. Як в'язуче застосовувався портландцемент Криворізького цементного заводу і комплексні модифікатори МПДКі і вапно + МПДКі + ЛСТ. Результати досліджень представлені в табл. 1.

Таблиця 1

**Морозостійкість важкого бетону, який містить комплексні модифікатори**

Найменування добавки	Кількість добавки, % від маси цементу	Межа міцності при стиску, $R_{ст}$ , МПа				Коефіцієнт морозостійкості, $K_{мрз}$		
		До випробування	Кількість циклів			$K_{мрз}$ 100	$K_{мрз}$ 200	$K_{мрз}$ 300
			100	200	300			
Без добавки	–	44,3	45,5	46,1	46,1	1,0	1,0	0,71
МПДКі	0,6	50,1	50,4	54,2	54,2	1,0	1,0	1,0
МПДКі	0,8	52,3	51,9	55,2	55,2	1,0	1,0	1,0
Вапно + МПДКі + ЛСТ	2,5 + 0,5 + 0,15	55,5	56,4	57,1	57,1	1,0	1,0	1,0

З приведених результатів досліджень витікає, що важкий бетон з комплексними модифікаторами має морозостійкість вище, ніж бетон без добавок. Зниження коефіцієнта морозостійкості бетонних зразків після 300 циклів заморожування і відтавання спостерігається тільки в бетоні без добавки. Таким чином, введення добавок МПДКі і вапно + МПДКі + ЛСТ підвищують морозостійкість бетону як мінімум на 100 циклів. Підвищення морозостійкості бетону можна пояснити підвищенням щільності цементного каменя при введенні комплексних модифікаторів. Результати дослідження морозостійкості добре узгоджуються з даними досліджень міцнісних характеристик бетонів з добавками ЛСТ і МПДКі (рис. 1-4).

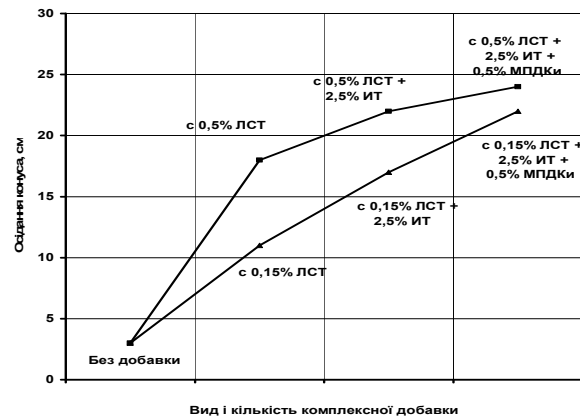


Рис. 2. Вплив комплексних хімічних добавок на зміну рухливості бетонної суміші

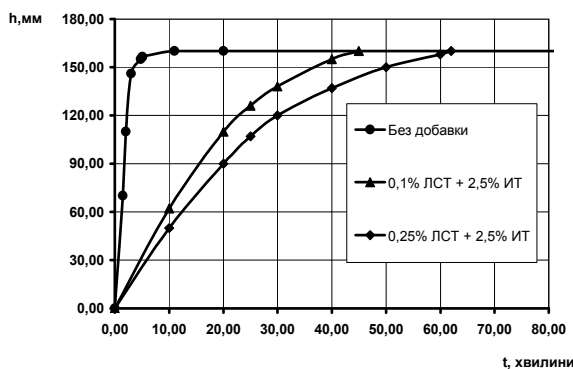


Рис. 1. Вплив комплексних хімічних добавок ЛСТ + ИТ на швидкість осадження портландцементної суспензії

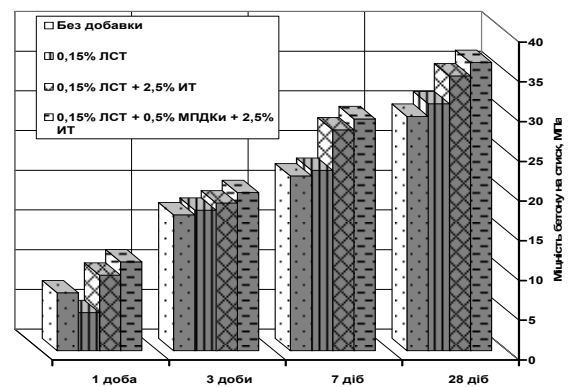


Рис. 3. Кінетика зміни міцності бетону з хімічними добавками, що твердіє в нормально-вологісних умовах

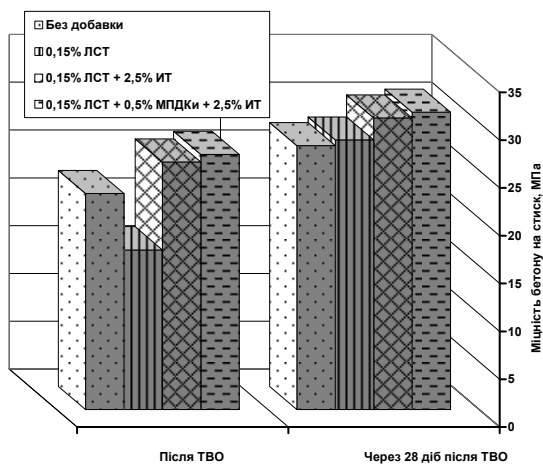


Рис. 4. Кінетика зміни міцності бетону з хімічними добавками, що твердіє при тепло-вологісній обробці

Як показали дослідження, введення добавок уповільнює швидкість осадження цементної суспензії, а також скорочує період структуроутворення цементного тіста. Добавки володіють поліфункціональною дією, що виявляється пептизуючим ефектом, скороченням періоду структуроутворення.

Встановлено, що комплексні поліфункціональні модифікатори підвищують рухомість бетонної суміші у 2...3 рази, сприяють зростанню міцності бетону, що твердіє як у нормально-вологісних умовах, так і з застосуванням тепловологої обробки. Приріст міцності важкого бетону з добавками складає 17...53 %.

Добавка МПДКі, знижуючи водопотребу бетонної суміші і зберігаючи задану рухливість

Н. А. НИКИФОРОВА, В. А. МОМОТ (ДИИТ), О. А. ВЕРГУН (Приднепровская государственная академия строительства и архитектуры, Днепропетровск)

## ВЛИЯНИЕ КОМПЛЕКСНЫХ МОДИФИЦИРОВАННЫХ ДОБАВОК НА МОРОЗОСТОЙКОСТЬ ТЯЖЕЛЫХ БЕТОНОВ

Приведены результаты исследования влияния комплексных модифицированных добавок на морозостойкость тяжелого бетона.

*Ключевые слова:* химические добавки, дикарбоновая кислота, суперпластификаторы, эксплуатационные свойства, морозостойкость, поровая структура, прочность, водонасыщение

N. A. NIKIFOROVA, V. O. MOMOT (Dnepropetrovsk National University of Railway Transport), O. O. VERGUN (Prydniprov's'ka State Academy of Civil Engineering and Architecture, Dnepropetrovsk)

## ESTABLISHMENT OF POSSIBILITY OF THE USE OF COVERING BREEDS OF QUARRIES OF BROWN COAL IN BUILDING INDUSTRY

The results of research of influencing of the modified additions are resulted on the frost-resistance of heavy concrete.

*Keywords:* chemical additions, dicarbonic acid, superplasticizers, operating properties, frost-resistance, structure of pores, durability, satiation by water

сприяє підвищенню щільності цементного каменя, внаслідок чого підвищується морозостійкість бетону.

Роботою теоретично доведена й експериментально підтверджена можливість модифікації важкого бетону за рахунок введення у його склад комплексних поліфункціональних модифікаторів на основі вапна з відходів гірничої промисловості, низькомолекулярних кальцієвих солей дикарбонових кислот та високомолекулярних лігносульфонатів, що приводить до збільшення пластичності цементу й підвищення його активності; виявлено, що забезпечення необхідних експлуатаційних властивостей важкого бетону (морозостійкості, сульфатостійкості, корозійної стійкості арматури в бетоні) досягається завдяки оптимізації складу і взаємодії комплексних модифікаторів поліфункціональної дії.

### БИБЛИОГРАФИЧНИЙ СПИСОК

1. Алексеев, С. Н. Долговечность железобетона в агрессивных средах [Текст] / С. Н. Алексеев, Ф. М. Иванов, С. Модры, П. Шисль. – М.: Стройиздат, 1990. – 320 с.
2. Ратинов, В. Б. Добавки в бетон [Текст] / В. Б. Ратинов, Т. И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1973. – 207 с.

Надійшла до редколегії 29.02.2012.

Прийнята до друку 29.03.2012.