

УДК 666.972.16

*О. Ю. Дорошенко, к.т.н., доцент  
(доцент кафедри «Будівельні конструкції і споруди», Державний економіко-технологічний університет транспорту, м. Київ)*

*Ю. М. Дорошенко, к.т.н., професор  
(професор кафедри «Будівельні матеріали і хімія», Національний транспортний університет, м. Київ)*

### **ВПЛИВ КОМПЛЕКСНОЇ ДОБАВКИ НА ВЛАСТИВОСТІ БЕТОНУ ТРАНСПОРТНИХ СПОРУД**

*У статті розглядаються властивості цементного бетону з використанням комплексної добавки на основі прискорювача твердіння та гідрофобізатора.*

*Ключові слова: бетон, транспортні конструкції, добавки, прискорювачі твердіння, гідрофобні добавки.*

*В статье рассматриваются свойства цементного бетона с использованием добавки на основе ускорителей твердения и гидрофобизатора.*

*Ключевые слова: бетон, транспортные конструкции, добавки, ускорители твердения, гидрофобные добавки.*

В період різкого збільшення транспортних потоків до якості бетону висуваються підвищені вимоги щодо міцності, морозостійкості, водонепроникності, стійкості проти агресивного впливу рідких середовищ, стирання, тріщиностійкості та довговічності. Ці вимоги до бетону транспортних споруд можуть бути задоволені шляхом застосування добавок у цементобетон. В Україні хімічні добавки застосовуються практично у всіх технологіях виробництва бетону, що сприяє появі нових технологій, реалізувати які без добавок було б просто неможливо. Завдяки ефективним хімічним добавкам, сучасний бетон перетворюється у все більш складний композиційний матеріал, властивості якого можуть набагато перевищувати традиційні склади.

Однак для отримання бетонів високої міцності найбільш ефективно застосування не окремих добавок, а спеціально підібраних комплексних добавок поліфункціональної дії залежно від призначення бетону і вимог, що висуваються до нього. Склад комплексної добавки повинен відповідати обраній технології і заданим властивостям бетону.

На сьогоднішній день ми перебуваємо на новому етапі розвитку технологій цементобетону – цілеспрямованого управління властивостями бетону за допомогою комплексних добавок нового покоління.

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

Бетонна суміш належить до складу бетонних сумішей, які вміщують модифікуючі добавки і можуть бути застосовані при виготовленні монолітних, збірних бетонних і залізобетонних конструкцій для шахтного і транспортного будівництва при бетонуванні покриття летовищ, місць для зупинок літаків.

© *Дорошенко О. Ю., Дорошенко Ю. М., 2016*

Задача досліджень – підвищення ранньої міцності литого бетону, його водонепроникливості, зчеплення арматури з бетоном, а також заощадження цементу.

При проведенні досліджень були використані такі матеріали:

- портландцемент – ПЦ І – 500-Н (ДСТУ Б В.2.7.-46-96) (15,16...17,16 %);
- пісок кварцовий, дніпровський наливний,  $M_{кр} = 1,41$ ; насипна маса в сухому стані – 1500 кг/м<sup>3</sup> (25,00...27,00 %);
- щебінь гранітний (ДСТУ Б В.2 ,7-75-98) фракції 5...10 мм, 10...20 мм, насипна маса в сухому стані 1350 кг/м<sup>3</sup> (45,40...51,44 %);
- комплексна добавка: прискорювач твердіння бетону  $CaCl_2$  і  $NH_4NO_3$  (ГОСТ 450-77, ГОСТ 2-85Е) (1% + 1%); гідрофобізатор АДЕ-3 (ТУ 6–02–573–87) (0,01...0,06%) зі складом діетіламінометилтріетоксисілан  $(C_2H_5)_2 NCH_2 Si (OC_2H_5)_3$ , використовується як активний отверджувач кремнійорганічних і органічних смол.

Комплексну хімічну добавку вводять в бетонну суміш у вигляді водних розчинів разом з водою зачिनення. Швидкий набір міцності бетонної суміші на запропонованому в'язучому з комплексною хімічною добавкою дозволить майже в три рази скоротити час витримування бетону в опалубці (5-8 годин замість 24 години на звичайному портландцементі).

Запропонована бетонна суміш характеризується більшою пластичністю, що пояснюється наявністю водноцементної суспензії іонів  $Cl^-$ ,  $NH_4^+$ , які, як відомо, є негативно гідратуючими і змінюють властивості води: підвищують рухомість молекул води навколо іонів і потенціальну енергію, зменшують в'язкість води та інше. Спільне введення у воду зачिनення іонів  $NH_4^+$  і  $Cl^-$ , які упорядковано розміщуються разом в структурній сітці води, діє на систему цемент-вода, створює умови для кращої диспергації частинок цементу внаслідок зменшення в'язкості води. Такий комплексний вплив добавки дозволяє максимально використовувати в'язучі властивості цементу, підвищувати ступінь його використання в бетоні, отримати бетон з меншою кількістю мікро- і макротріщин. Крім того при взаємодії з цементом утворюється невелика кількість аміаку, який частково підвищує пластичність бетонної суміші і утворює дрібнопористу структуру цементного каменю, яка дозволяє прогнозувати більш високу морозостійкість бетону, покращити його водонепроникність і зменшити водопоглинання.

З наведених у табл. 1 результатів бачимо, що міцність при стиску ( $R_{ст}$ ) та осьовому розтягу ( $R_{о.р}$ ) підвищується після 28 діб нормального твердіння на 11%...15%. Поряд з основними показниками визначались співвідношення цих характеристик, які дозволяють зробити висновки щодо якості структури бетону. Такими показниками є співвідношення  $R_{ст}/R_{о.р}$ . (чим більше значення даного співвідношення, тим нижча однорідність та якість бетону), коефіцієнт призменної міцності КПМ ( $КПМ = R_{пр}/R_{ст.куб}$ ), показники умовної розтяжності  $R_{р.зг}/E_{0,5R_{пр}} \cdot 10^5$  та  $R_{р.зг}/R_{ст.куб}$ . Зразки тверділи 28 діб в нормальних умовах (табл. 2).

Дані дослідження морозостійкості, водонепроникності, стирання та міцності на удар наведені в табл.3. Морозостійкість досліджувалась при заморожуванні при  $t = -20 \pm 5^\circ C$  і відтаюванні у 5% розчині  $NaCl$ . Водонепроникність визначалась за стандартною методикою до появи «мокрої плями» на зразках. Стирання визначалося в сантиметрах після 840 та 1120 обертів на крузі ЛКІ-3, міцність на удар – на копрі Пейджа. За даними, наведеними в табл. 3, видно, що добавка підвищує морозостійкість (на 7...10%), водонепроникність (в 2,5...3,0 раза), міцність на удар ( на 26...30%) та зменшують стирання (на 50...58%), що обумовлюється впливом домішок на процеси структуроутворення бетону.

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

**Таблиця 1. Вплив комплексної добавки на міцнісні і деформативні властивості цементного бетону**

Назва показника	Час твердіння, доби	Еталон	Комплексна добавка
Міцність при стиску $R_{ct}$ (МПа)	7	30,00	38,50
	14	36,90	39,60
	28	40,00	42,30
	90	46,70	51,90
	180	49,10	54,70
Міцність на розтяг при згині $R_{zt}$ (МПа)	7	3,10	3,49
	14	3,63	4,10
	28	4,55	4,98
	90	5,14	5,98
	180	5,68	6,25
Міцність на осьовий розтяг $R_{o.p.}$ (МПа)	7	2,00	2,92
	14	2,60	2,89
	28	2,81	3,14
	90	3,29	3,88
	180	3,45	3,98
Міцність при стиску призм $R_{пр}$ (МПа)	7	22,90	23,20
	14	26,40	29,10
	28	30,00	32,60
	90	33,80	36,80
	180	35,50	37,80

**Таблиця 2. Показники якості цементного бетону з комплексною добавкою**

Назва показників	Еталон	Комплексна добавка
$R_{ct}/R_{o.p.}$	14,23/100*	13,47/95
$R_{пр}/R_{ст.куб}$ (КПМ)	0,750/100	0,771/103
$R_{р.зг}/R_{ст.куб}$	0,114/100	0,118/104
$R_{р.зг}/E_{0,5}R_{пр}$	1,326/100	1,491/112

\* - відсотки

**Таблиця 3. Вплив комплексної добавки на морозостійкість, водонепроникливість, стирання та міцність на удар цементобетону**

Наяв-ність домішок КОС	Морозостійкість (200 циклів)			Водонепроникливість, МПа після діб		Міцність при ударі, Дж/см <sup>3</sup>	Стирання, см, після обертів
	$R_{ct}$ , МПа	Середовище відтаювання		28	90		
		H <sub>2</sub> O	5%NaCl				
Без домішок	59,5	$R_{ct}/K_m$ , МПа 56,5/0,95	$R_{ct}/K_m$ , МПа 50,0/0,84	0,4	0,8	2,50	0,26/0,32
Комплексна добавка	66,8	66,4/1,00	59,1/0,97	1,2	1,4	3,15	0,11/0,17

Таким чином, встановлено, що комплексна добавка дозволяє одержати цементобетон з підвищеними фізико-механічними властивостями і значною довговічністю.

З табл. 2 встановлено, що запропонована комплексна добавка на основі прискорювача і гідрофобізатора дає можливість підвищити міцність бетону при стиску і згині, водонепроникність, зчеплення з арматурою сульфатостійкість, зменшити витрати цементу на 20 – 30%

### ЛІТЕРАТУРА

1. *Баженов Ю. М.* Бетон с химическими добавками / Ю.М. Баженов, Ф.М. Иванов. – М.: ЦМИПКС, 1987. – 59 с.
2. *Батраков В. Г.* Применение суперпластификатора в бетоне / В.Г. Батраков, Ф.М. Иванов, В.Р.Фаликман // Строительство и архитектура: Обзорная информация. Серия: Строительные материалы и изделия. – М.: 1981. – 285 с.
3. *Бертов В. М.* Модифицированные бетоны высоких эксплуатационных свойств на строительстве Зейской ГЭС / В.М. Бертов, В.Г. Батраков // Бетон и железобетон – пути развития. Т. 3. Технология бетона. Сборник трудов II Всероссийской конференции. – М., 2005. – С. 636–642.
4. *Добролюбов Г.* Прогнозирование долговечности бетона с добавками / Г. Добролюбов, В.Б. Ратинов, Т.И. Розенберг. – М.: Стройиздат, 1983. – 212 с.
5. *Дорошенко Ю. М.* Добавки, повышающие прочность и водонепроницаемость цементных бетонов / Ю.М. Дорошенко, В.Б. Вишневикий, В.В. Чистяков // Повышение долговечности конструкций водозастывающего назначения. Тезисы докладов Всесоюзной конференции. – Ростов-на-Дону, 1981. – С.133 – 135.
6. *Демьянова В. С.* Высокоэффективные гидрофобизаторы для цементных композиций. / В.Ю. Нестеров, Г.Н. Казина, И.Е. Ильина // Экспресс-информация, 2004. – Вып. 1. – С. 42–47.
7. *Демьянова В. С.* Гидрофобизаторы для сухих строительных смесей / П.Г. Василик, К.Н. Махамбетова // Пластические массы, 2003. – № 7 С.43–44.
8. *Инчик В. В.* Использование отходов химического производства для гидрофобизации строительных материалов // Строительные материалы, 1998. – № 11. – С.40.
9. *Коваль С. В.* Модифицирование – магистральное направление совершенствования технологии и свойств бетона / С.В. Коваль // Будівельні матеріали та виробництво, 2004. – № 4. – С.20-24.
10. *Каддо М. Б.* Гидроизоляция – важный этап реставрации и реконструкции.// Строительные материалы, 1998. – № 11. – С.30–31.
11. *Смирнов С. В.* Отечественные гидроизолирующие материалы на основе вяжущих. / Л.Ю. Латышева // Строительные материалы. –1999. –№9. – С.16–17.
12. *Структура и морозостойкость гидротехнического бетона с добавкой ГКЖ-94* / В. М. Москвин, В. Г. Батраков, О. В. Кунцевич и др. // Бетон и железобетон. – 1980. – № 7 – С.20–22.
13. *Трамбовецкий В. П.* Рекомендация применения суперпластификаторов в США // Бетон и железобетон. – № 4. – 1995. – С. 31–32.
14. *Чистяков В. В.* Интенсификация твердения бетона / В.В. Чистяков, Ю.М. Дорошенко, И.Г. Гранковский. – К.: Будівельник, 1988. – 16–49 с.

*Oleksandra Doroshenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor  
(Associate Professor of Building Constructions and Structures Chair, State University  
for Transport Economy and Technologies)  
Yuriy Doroshenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor  
(Professor of Construction Materials and Chemistry Chair, National Transport  
University)*

### INFLUENCE OF COMPLEX ADDITION ON PROPERTIES OF CONCRETE OF TRANSPORTS OF BUILDING

*In the article properties of cement concrete are examined with the use of addition on the basis of accelerating of hardening and гидрофобизатора.*

*Keywords: concrete, transport constructions, additions, accelerating of hardening, water-repelling agents.*

### REFERENCES

1. Dem'janova V.S. Vysokoeffektivnye gidrofobizatory dlja cementnyh kompozicij. / B.Ju. Nesterov, G.N. Kazina, I.E. Il'ina, Jekspres-informacija, 2004, Vypusk 1, P. 42...47.
2. Inchik V.V. Ispol'zovanie othodov himicheskogo proizvodstva dlja gidrofobizacii stroitel'nyh materialov.//Stroitel'nye materialy, 1998, № 11, P.40.
3. Koval' S.V. Modificirovanie – magistral'noe napravlenie sovershenstvovanija tehnologii i svojstv betona / S.V. Koval' // Budivel'ni materialy ta virobi, 2004. – № 4. – P.20-24.
4. Bazhenov Ju.M. Beton s himicheskimi dobavkami / Ju.M. Bazhenov, F.M. Ivanov, M.: CMIPKS, 1987, 59 p.
5. Batrakov V.G. Primenenie superplastifikatora v betone / V.G. Batrakov, F.M. Ivanov, V.R.Falikman // Stroitel'stvo i arhitektura: Obzornaja informacija. Serija: stroitel'nye materialy i izdelija, M.: 1981, 285 p.
6. Dem'janova V.S. Gidrofobizatory dlja suhix stroitel'nyh smesej. / P.G. Vasilik, K.N. Mahambetova //Plasticheskie massy, 200Z. – №7 pp.43...44.
7. Kaddo M.B. Gidroizoljacija – vazhnyj jetap restavracii i rekonstrukcii.// Stroitel'nye materialy, 1998. – № 11, pp.30...31.
8. Smirnov S.V. Otechestvennye gidroizolirujushhie materialy na osnove vjazhushhih. / L.Ju. Latysheva // Stroitel'nye materialy, 1999, №9. – P.16...17 .
9. Tramboveckij V.P. Rekomendacija primeneniya superplastifikatorov v CIIIA.// Beton i zhelezobeton, № 4. – 1995. – p.31...32.
10. Doroshenko Ju.M. Dobavki, povyshajushhie prochnost' i vodonepronicaemost' cementnyh betonov / Ju.M. Doroshenko, V.B. Vishnevskij, V.V. Chistjakov // Povyshenie dolgovechnosti konstrukcij vodohozhajstvennogo naznachenija. Tezisy dokladov vsesojuznoj konferencii. – Rostov-na-Donu, 1981. – p. 133...135.
11. Chistjakov V.V. Intensifikacija tverdenija betona / V.V.Chistjakov, Ju.M.Doroshenko, I.G.Grankovskij – K.: Budivel'nik, 1988. – 16...49 p.
12. Struktura i morozostojkost' gidrotehnicheskogo betona s dobavkoj GKZh-94 / V.M. Moskvina, V.G. Batrakov, O.V. Kuncovich i dr./ – Beton i zhelezobeton, 1980, №7 – p.20...22.
13. Bertov V.M. Modificirovannye betony vysokih jekspluacionnyh svojstv na stroitel'stve Zejskoj GJeS / V.M. Bertov, V.G. Batrakov //Beton i zhelezobeton – puti razvitija. Tom 3. Tehnologija betona. Sbornik trudov 2 vserossijskoj konferencii – M. 2005. – pp. 636...642.
14. Dobroljubov G. Prognozirovanie dolgovechnosti betona s dobavkami / G. Dobroljubov, V.B. Ratinov, T.I. Rozenberg. – M.: Strojizdat, 1983, 212 p.