

УДК 666.972.16

**О. Ю. Дорошенко, к.т.н., доцент**  
(доцент кафедри «Будівельні конструкції і споруди», Державний університет інфраструктури та технологій)

### **ФОРМУВАННЯ СТРУКТУРИ ЦЕМЕНТНОГО КАМЕНЮ З МОДИФІКУЮЧИМИ ДОБАВКАМИ**

*У статті розглядаються властивості цементного бетону з використанням добавок пластифікаторів, суперпластифікаторів та гіперсуперпластифікаторів.*  
**Ключові слова:** бетон, транспортні конструкції, добавки, пластифікатори.

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.

З появою суперпластифікаторів в технології приготування цементних бетонів стався значний прогрес. Оптимальне поєднання вказаних добавок-модифікаторів, а при необхідності поєднання з ними в невеликій кількості інших органічних і мінеральних матеріалів дозволяє керувати властивостями бетонних сумішей і модифікувати структуру цементного каменю на мікрорівні з метою надання бетону властивостей, що забезпечує конструкції високу експлуатаційну надійність.

Тільки після створення пластифікуючих добавок, що дозволяють понизити водопотребу більш ніж на 25...30 %, з'явилися такі матеріали, як High Performance Concrete, під якими мають на увазі бетони високої і надвисокої міцності, низької проникності, підвищеної корозійної стійкості і довговічності. Прийнята міжнародним співтовариством концепція високоякісних бетонів (High Performance Concrete, НРС) визначила основні критерії якості бетону з прогнозованими термінами служби понад 100 років.

Впливаючи на процеси формування структури, особливо на початковій (коагуляційній) стадії, пластифікуючі добавки змінюють властивості реології цементної системи, сприяють зниженню водопотреби, що надалі впливає на властивості кристалізаційної структури бетону.

Загальні технічні вимоги регламентують розподіл водоредуруючих добавок по ефективності на чотири групи: слабо-, середньо-, сильнопластифікуючі і суперпластифікуючі, які спеціально приготовані на основі високомолекулярних поверхнево-активних речовин, що беруть активну участь у процесах гідратації, структуроутворення і тверднення цементних систем. При цьому останні повинні забезпечувати зниження водопотреби не менше ніж на 20 %.

© Дорошенко О. Ю., 2018

Введення модифікуючих добавок водоредукуючої дії у поєднанні з іншими органічно-мінеральними добавками є одним з ефективних технологічних, доступних і універсальних способів отримання високоякісного бетону. Високі експлуатаційні властивості бетону забезпечуються як багатокомпонентністю його складу, так і високими функціональними властивостями самих компонентів.

Особлива роль у забезпеченні експлуатаційних властивостей бетону належить поєднанню модифікуючих добавок з дисперсно-армуючими матеріалами.

Як водоредукуючі добавки при дослідженні використовувались різні види пластифікаторів, суперпластифікатори і гіперсуперпластифікатори, молекули яких відрізняються за будовою, складом і механізмом дії. Як суперпластифікатори використовувалися широко відома добавка С-3 на основі нафталінсульфокислоти і формальдегіду і Melment F – 10 на меламінформальдегідній основі. З групи СП на сульфонатмеламіновій основі застосовувалися високофункціональні суперпластифікатори Peramin FP(SMF – 10) і(SMF – 30).

Пластифікатори (С-3, Melment F – 10) є поліаніонні поверхневоактивні речовини, що складаються з СНФ – сульфонафталінформальдегіда (С-3) і СМФ – сульфомеламінформальдегіда (Melment F10). Механізм дії таких пластифікаторів обумовлений електростатичним диспергуванням і ґрунтований на сильному зміщенні потенціалу часток цементу в негативну область.

Диспергування часток цементу відбувається на початку гідратації, при цьому має місце хемосорбція молекул пластифікатора на поверхні часток цементу, особливо при підвищеному вмісті у складі цементу фаз С<sub>3</sub>А і СS. При зростанні продуктів гідратації спостерігається різке падіння рухливості системи.

З гіперсуперпластифікаторів нового покоління на полікарбоксилатній основі були досліджені Melflux 1641F, 2641F, 2651F, Melflux PP100F і PP200F виробництва фірми «SKW Polymers» (Німеччина), що дозволяють понизити водопотребу більш ніж на 30 %.

Melflux PP100F і Melflux PP200F роблять значний вплив на гідратацію і використовуються, як правило, в системах, що містять активний глиноземистий цемент. Melflux 1641F рекомендується для активних портландцементів, Melflux 2641F і Melflux 2651F мало впливають на гідратацію і рекомендуються для менш активних цементів. Проте, всі полікарбоксилати Melflux незалежно від довжини полієфірного ланцюжка, мають сильний водоредукуючий ефект.

Крім того, полікарбоксилат Melflux PP100F має ефект компенсації усадки, тоді як інші звичайні пластифікатори практично не впливають на кінетику процесів усадки при зміні вологості цементного каменю.

Для визначення пластифікуючого ефекту використали віскозиметр Сутгарда, який є сталевим циліндром з нержавіючої сталі з внутрішнім діаметром 10 мм і заввишки 40 мм. Зміна водопотреби і рухливості оцінювалася за величиною розпливу. Граничне напруження зсуву при цьому визначалося за формулою:

$$\tau_0 = \frac{hd^2\rho}{kD^2}, \quad (1)$$

де  $\tau_0$  – гранична напруга зсуву суспензії, Па;  
 $h, d$  – відповідно висота і діаметр віскозиметра, м;  
 $\rho$  – густина суспензії, кг/м<sup>3</sup>;

## ТЕХНІКА І ТЕХНОЛОГІЇ

$\kappa$  – коефіцієнт, що враховує перерозподіл напруги у в'язкопластичних тілах, рівний 2;

$D$  – діаметр розпливу суспензії, м.

Встановлено, що мономінеральні суспензії практично однакової плинності отримані при В/Т відношенні – 0,42 (табл. 1).

*Таблиця 1. Реологічні властивості цементних композицій*

№ п/п	Вид добавки	Хімічна основа водоредуруючих добавок	В/Т	Розплив, мм
1	-		0,410	23-25
2	С-3	Нафталінформальдегід	0,200	23-24
3	MelmentF-10	Меламінформальдегід	0,20	23-24
4	SMF-10	Сульфонатмеламін	0,192	23-24
5	SMF-30		0,189	23-24
6	SPA		0,190	23-24
7	Melflux 1641F	Полікарбоксилат	0,170	23-24
8	Melflux2641F		0,165	23-24
9	Melflux 265 IF		0,160	23-23
10	Melflux PP100F		0,185	23-24
11	Melflux PP200F		0,190	24-25

Виявлені ефективні пластифікатори на полікарбоксилатній основі Melflux 265IF, Melflux 264IF, Melflux 164IF, для яких водопотреба склала В/Ц=0,16...0,17, і високоочищені добавки на меламінфор-мальдегідній основі Melment F – 10. В той же час, полікарбоксилатні пластифікатори Melflux 164IF, Melflux 264IF, Melflux 265IF, Melflux PP100F, Melflux PP200F чинять значну блокуючу дію на кінетику набору ранньої міцності цементного каменю (табл. 2).

*Таблиця 2. Порівняльна оцінка вплив модифікуючих добавок на кінетику набору міцності цементних композицій*

№ п/п	Вид добавки	В/Т	Розплив, мм	Міцність у віці, МПа		
				1 діб	3 діб	28 діб
1	2	3	4	5	6	7
1	-	0,410	23-25	4,25	13,75	45,00
2	С-3	0,200	23-24	14,00	33,00	57,50
3	SMF-10	0,192	23-24	16,10	35,75	70,00
4	SMF-30	0,189	23-24	5,00	8,75	40,5
5	SPA	0,190	23-24	16,00	29,50	65,00

*Закінчення табл. 2*

1	2	3	4	5	6	7
5	SPA	0,190	23-24	16,00	29,50	65,00
6	Melment F-10	0,20	23-24	30,00	40,00	63,25
7	Melflux 1641F	0,170	23-24	0	0	60,50
8	Melflux 2641F	0,165	23-24	0	0	59,50
9	Melflux 265 IF	0,160	23-23	0	20,25	69,50
10	Melflux PP100F	0,185	23-24	0	0	61,00
11	Melflux PP200F	0,190	24-25	0	0	72,00

Вказані модифікатори не забезпечують міцності у віці 1 доби. Для цементного каменю, модифікованого добавкою Melflux 265IF, міцність забезпечується лише у віці 3 доби. Максимальна добова міцність 16,1...30 МПа досягається при використанні добавок на меламінформальдегідній основі Melment F – 10. Перевищення добової міцності цементного каменю з добавкою С-3 складає 229 %.

Встановлено, що введення водоредукуючих добавок на полікарбоксилатній основі забезпечує водоредукуючу дію не менше 35 %. По ефекту впливу на кінетику набору міцності досліджувані пластифікатори можна розташувати в такій зростаючій послідовності: С-3 < Melflux 2641F < Melflux 1641F < Melflux PP100F < Melment F – 10 < SMF – 10 < Melflux PP200F.

### СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Коваль С.В. Модифицирование – магистральное направление совершенствования технологии и свойств бетона / С.В. Коваль // Будівельні матеріали та виробн. – № 4. –2004. – С.20-24.
2. Баженов Ю.М. Бетон с химическими добавками / Ю.М. Баженов, Ф.М. Иванов. – М.: ЦМИПКС, 1987. – 59 с.
3. 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.
4. Трамбовецкий В.П. Рекомендация применения суперпластификаторов в США.// Бетон и железобетон. – № 4. – 1995. – С. 31-32.
5. Трамбовецкий В.П. Бетон в высотном строительстве. // Бетон и железобетон. –№ 11. – 1990. – С. 45-46.
6. Современные добавки для бетонов и краски с необычными свойствами.// Строительные материалы, оборудование, технологии XXI века. – 2003. –№4. – С. 11.
7. Шитков Е.С. Лигносульфонатные пластификаторы нового типа для бетонных смесей и бетонов различного назначения./ А.М. Кириллов и др.// Строительные материалы. – 2002. – № 6.– С. 36-38.
8. «Линамикс» новый пластификатор для строительства. // Строительные материалы. – 2003. – №6. – С. 30.
9. Глекель Ф.Л. Физико-химические основы применения добавок к минеральным вяжущим / Ф.Л. Глекель. – Ташкент: Фан, 1975. – 198 с.
10. Kardumian H. Shrinkage Controlling of Self Compacting High-Strength Concrete / H. Kardumian, S. Kaprielov // Ibausil: Proc.15<sup>th</sup> Int.Conf.-Weimar, 2003. –V.2.- p.513...523.
11. A high performance polymer cement mortar for repairing cracks in underwater concrete structure // Lu Z., Huang S., Zhou X., Qi Y. // Ibausil: Proc.16<sup>th</sup> Int.Conf.-Weimar, 2006. –V.2.- P. 335-340.
12. Powers T.C. A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete / T.C. Powers //Journal of American Concrete Institute. –vol.16. – № 4. – 1945 – pp. 245 – 272.

13. *Добавки в бетон*: Справ. пособие / В.С. Рамачандран, Р.Ф. Фельдман, М. Коллепарди и др. –М.: Стройиздат, 1988. – 575 с.

### REFERENCES

1. Koval' S.V. Modificirovanie – magistral'noe napravlenie sovershenstvovaniya tehnologii i svojstv betona / S.V. Koval' // *Budivel'ni materiali ta virobi*, 2004. – № 4. – S.20-24.
2. Bazhenov Ju.M. Beton s himicheskimi dobavkami / Ju.M. Bazhenov, F.M. Ivanov. – М.: СМПКС, 1987. – 59 с.
3. 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*. – М.: 1981. – 285 с.
4. Tramboveckij V.P. Rekomendacija primeneniya superplastifikatorov v СІІІА. // *Beton i zhelezobeton*, № 4. – 1995. – S.31...32.
5. Tramboveckij V.P. Beton v vysotnom stroitel'stve. // *Beton i zhelezobeton*, 1990. – № 11. – S.45...46.
6. Sovremennye dobavki dlja betonov i kraski s neobychnymi svojstvami.- *Stroitel'nye materialy, oborudovanie, tehnologii XXI veka*, 200Z. –№4. – S. 11.
7. Shitkov E.S. Lignosul'fonatnye plastifikatory novogo tipa dlja betonnyh smesej i betonov razlichnogo naznachenija./ A.M. Kirillov i dr.// *Stroitel'nye materialy*, 2002.- № 6.- С. 36-38.
8. «Linamiks» novyj plastifikator dlja stroitel'stva. – *Stroitel'nye materialy*, 200Z. – №6. – S.30.
9. Glekel' F.L. Fiziko-himicheskie osnovy primeneniya dobavok k mineral'nyh vjzhashhim / F.L. Glekel'. – Tashkent: Fan, – 1975. – 198 s.
10. Kardumian H. Shrinkage Controlling of Self Compacting High-Strength Concrete / H. Kardumian, S. Kaprielov // *Ibausil: Proc.15th Int.Conf.-Weimar*, 2003. –V.2.- p.513...523.
11. A high performance polymer cement mortar for repairing cracks in underwater concrete structure // Lu Z., Huang S., Zhou X., Qi Y. // *Ibausil: Proc.16th Int.Conf.-Weimar*, 2006. –V.2.- P. 335-340.
12. Powers T.C. A Working Hypothesis for Further Studies of Frost Resistance of Concrete / T.C. Powers // *Journal of American Concrete Institute*, vol.16 № 4, 1945 – pp. 245...272.
13. *Добавки в бетон*: Справ.пособие / V.S.Ramachandran, R.F.Fel'dman, M.Kolleparди i др. –М.: Strojizdat, 1988. – 575 с.

*А. Ю. Дорошенко, к.т.н., доцент*

*(доцент кафедри «Строительные конструкции и сооружения», ГУИТ)*

### ФОРМИРОВАНИЕ СТРУКТУРЫ ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ С МОДИФИЦИРУЮЩИМИ ДОБАВКИ

*В статье рассматриваются свойства цементного бетона с использованием добавок пластификаторов, суперпластификаторов и гиперпластификаторов.*

*Ключевые слова: бетон, транспортные конструкции, добавки, пластификаторы.*

*Oleksandra Doroshenko, PhD (Technical Sciences), Associate Professor  
(Associate Professor of Building Constructions and Structures Chair, State University of Infrastructure and Technologies)*

### FORMING OF STRUCTURE OF CEMENT STONE WITH MODIFYING ADDITIONS

*In the article is examined to property of cement concrete with the use of additions of plasticizers, superplasticizers.*

*Keywords: concrete, transport constructions, additions, plasticizers.*

**Стаття надійшла до редакції 02.11.2017 р.**