

УДК 666.97

**ЯКІСНІ ПОКАЗНИКИ МОДИФІКОВАНИХ ЖАРОСТІЙКИХ
ЗОЛОШЛАКОБЕТОНІВ**

**КАЧЕСТВЕННЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ МОДИФИЦИРОВАННЫХ
ЖАРОСТОЙКИХ ЗОЛОШЛАКОБЕТОНІВ**

**QUALITY INDICATORS MODIFIED RESISTANT
ZOLOSHLAKOBETONIV**

Лашівський В. В. к.т.н., доц. (Національний університет водного господарства та природокористування, м. Рівне)

Лашивський В. В. к.т.н., доц. (Национальный университет водного хозяйства и природопользования, г. Ровно)

Laschivskyy V. V. Candidate of Technical Sciences (National University of Water Management and Nature, Rivne)

В статті розглянуто вплив технологічних параметрів твердіння та комплексних добавок, що включають суперпластифікатор і фтористий активізатор на міцність золошлакобетонів при сушінні. Розглянуто також зміну водопоглинання золошлакобетонів залежно від цементно-водного відношення і швидкості підняття температури, а також параметри пористості золошлакобетонів, вплив на них комплексних добавок.

В статье рассмотрено влияние технологических параметров твердения и комплексных добавок, включающих суперпластификатор и фтористый активаторы на прочность золошлакобетонив при сушке. Рассмотрены также изменение водопоглощения золошлакобетонив зависимости от цементно-водного отношения и скорости поднятия температуры, а также параметры пористости золошлакобетонив, влияние на них комплексных добавок.

In the article the influence of technological parameters of hardening and complex additives which include a superplasticizer and fluorine activator on strength of ash-slag concrete at drying is considered. Also the change of water absorption of ash-slag concrete is considered depending on cement-water ratio and speeds of temperature raising, and also parameters of porosity of ash-slag concrete and influence on them of complex additives are researched.

Ключові слова:

Бетон, добавки-модифікатори, жаростійкість, зола-винесення, шлак.

Бетон, добавки-модифікатори, жаростойкость, зола-унос, шлак.

Concrete additives, modifiers, heat resistance, fly ash, slag.

Якість і довговічність жаростійкого бетону в значній мірі залежить від його поведінки при сушінні і першому нагріванні. Технологічна задача сушіння полягає у видаленні з бетону вологи в найбільш короткий строк при забезпеченні його цілостності. При сушінні бетону напруження обумовлені температурними градієнтами і тиском парів води. Швидкість підняття температури при нагріванні бетону обмежена умовою:

$$(\sigma_p + P) < R_p^t, \quad (1)$$

де P – тиск парів; σ_p – розтягувальні температурні напруження; R_p^t – границя міцності нагрітого бетону при розтягу.

Залежно від міцності бетону при розтягу, режиму нагрівання бетону, його густини та пружно-пластичних властивостей температурно-вологісній напруження можуть викликати або не викликати тріщиноутворення [1]. Сітка дрібних тріщин, які направлені перпендикулярно траєкторії головних розтягуючих напружень, виникає коли останні перевищують міцність бетону при розтягу. При великій швидкості тріщиноутворення виникає динамічний ефект і руйнування бетону відбувається майже миттєво [2].

В роботах [2,3,4] запропонована і обґрунтована формула для розрахунку критичних напружень в бетоні при його нагріванні:

$$\sigma_{кр} = \frac{\pi^2 E_{бт} h_{кр}^2 k}{12l^2(1-\mu^2)}, \quad (2)$$

де $E_{бт}$ – модуль пружності нагрітого бетону, μ – коефіцієнт Пуассона, k – коефіцієнт, який залежить від розмірів елементу, товщини шару, що нагрівається $h_{кр}$; l – найбільша довжина поверхні, яка нагрівається.

У випадку якщо переважають розтягуючі напруження, то у бетоні можуть з'явитися тріщини, якщо тиск – бетон може вибухнути.

На основі виконаних в НДІЗБ та НДПТ теплопроекти комплексних досліджень [2,3,4,5] запропоновані режими сушіння і першого нагрівання теплових агрегатів з жаростійкого бетону. При використанні бетону нормального твердіння на портландцементі з товщиною конструкцій до 40 см найбільша швидкість підняття температури рекомендується 20⁰/год, тривалість ізотермічної витримки 12...24 год.

Очевидно, для зменшення загрози руйнування бетону з ефектом “вибуху” необхідно шукати шляхи збільшення міцності матеріалу або зниження його модуля пружності, а також коефіцієнта температурного лінійного розширення.

Визначали зміну міцності та відкритої пористості, що характеризується водопоглинанням, зразків золошлакобетону, які були попередньо витримані

у нормальних умовах 7 та 28 діб при сушінні до видалення механічно зв'язаної води при 110⁰С. Швидкість підняття температури (V_t) змінювали в межах 10...30⁰С за годину. Швидкість охолодження зразків була постійною. Зразки у вигляді призм розміром 40×40×160 мм виготовляли на портландцементі М400 із суміші з ОК=1...4 см без і з введенням добавок С-3 + Na₂SiF₆. Результати дослідів наведені в табл.1, 2, 3 і на рис.1, 2.

Аналіз отриманих даних показує, що при м'якій сушці і швидкості підняття температури $V_t = 20^0$ /год до 110⁰ міцність золошлакобетонів як без добавок так і з комплексною добавкою С-3 + Na₂SiF₆ збільшується. Приріст міцності на стиск для бетонів, які попередньо тверділи в нормальних температурно-вологісних умовах на протязі 7 діб досягає при $V_t = 20^0$ /год 75%, 28 діб – до 30%. Зі збільшенням Ц/В приріст міцності при сушінні знижується. Приріст міцності на згин при незмінних умовах сушіння суттєво нижчий ніж при стиску. Для бетонів з комплексною добавкою різниця в прирості міцності при стиску і згині нівелірується, що може свідчити про менший вплив деструктивних процесів при нагріванні. Цей висновок ще в більшій ступені є очевидним при підвищенні швидкості підняття температури до 50⁰/год. Для бетонів без добавок деструктивний вплив прискореного режиму сушіння відчувається в більшій мірі в 28-добовому віці зразків по мірі збільшення Ц/В. В останньому випадку очевидно збільшується модуль пружності і вплив гідравлічного тиску утвореного водяного пару стає більш значним. Після сушки бетону без добавок при $V_t = 50^0$ /год видимі тріщини зафіксовані для зразків 7 –добовому віці при Ц/В=1,8 і Ц/В= 2,2, 28-добовому при Ц/В=1,6; Ц/В=1,8 і Ц/В=2,2.

Таблиця 1

Зміна міцності зразків золошлакобетонів 7- добового віку при сушінні (T=110⁰С)

№ з/п	Ц/В	Міцність, МПа при стиску			Міцність, МПа при згині		
		Нормальне твердіння, 7 діб	Нагрів до 150 ⁰ С з $V_t=20^0$ /год	Нагрів до 150 ⁰ С з $V_t=50^0$ /год	Нормальне твердіння, 7 діб	Нагрів до 150 ⁰ С з $V_t=20^0$ /год	Нагрів до 150 ⁰ С з $V_t=50^0$ /г од
1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Бетони без добавок</i>							
1	1,35	<u>10.3</u> 100	<u>18.0</u> 175	<u>16.5</u> 160	<u>3.1</u> 100	<u>5.0</u> 160	<u>4.3</u> 140
2	1,6	<u>21.5</u> 100	<u>34.4</u> 160	<u>28.0</u> 130	<u>3.5</u> 100	<u>4.9</u> 140	<u>3.9</u> 110
3	1,85	<u>24.5</u> 100	<u>36.8</u> 150	<u>29.4</u> 120	<u>3.9</u> 100	<u>5.5</u> 140	<u>3.9*</u> 100
4	2,22	<u>26.4</u> 100	<u>37.0</u> 140	<u>28.5</u> 108	<u>4.2</u> 100	<u>4.4</u> 105	<u>3.6*</u> 85

Продовження табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
<i>Бетони з добавкою С-3 + Na₂SiF₆</i>							
5	1,52	<u>22,3</u> 100	<u>37,9</u> 170	<u>37,9</u> 170	<u>3,4</u> 100	<u>6,0</u> 175	<u>5,8</u> 170
6	1,8	<u>25,1</u> 100	<u>41,4</u> 165	<u>40,2</u> 160	<u>4,2</u> 100	<u>6,1</u> 145	<u>5,9</u> 140
7	2,10	<u>28,1</u> 100	<u>40,7</u> 145	<u>39,3</u> 140	<u>4,5</u> 100	<u>6,1</u> 135	<u>6,3</u> 140
8	2,56	<u>32,5</u> 100	<u>43,9</u> 135	<u>44,5</u> 137	<u>5,1</u> 100	<u>6,4</u> 125	<u>6,1</u> 120

Примітки: 1. Під рискою значення міцності у відсотках.

2. * - після нагрівання зразків виявлені тріщини.

Таблиця 2

Зміна міцності зразків золошлакобетонів 28- добовому віці при сушінні (T=110⁰C)

№ з/п	Ц/В	Міцність, МПа при стиску			Міцність, МПа при згині		
		Нормальне твердіння, 28 діб	Нагрів до 150 ⁰ C з V _i =20 ⁰ / год	Нагрів до 150 ⁰ C з V _i =50 ⁰ / год	Нормальне твердіння, 28 діб	Нагрів до 150 ⁰ C з V _i =15 ⁰ / год	Нагрів до 150 ⁰ C з V _i =30 ⁰ / год
<i>Бетони без добавок</i>							
1	1,35	<u>18,5</u> 100	<u>26,8</u> 145	<u>24,1</u> 130	<u>3,7</u> 100	<u>4,8</u> 130	<u>4,1</u> 110
2	1,6	<u>26,5</u> 100	<u>36,6</u> 138	<u>27,8</u> 105	<u>4,3</u> 100	<u>4,7</u> 110	<u>4,1*</u> 95
3	1,85	<u>30,3</u> 100	<u>37,9</u> 125	<u>29,7</u> 98	<u>4,5</u> 100	<u>4,7</u> 105	<u>4,1*</u> 90
4	2,22	<u>36,5</u> 100	<u>42,0</u> 115	<u>31,0</u> 85	<u>5,4</u> 100	<u>5,1</u> 95	<u>4,2*</u> 78
<i>Бетони з добавкою С-3 + Na₂SiF₆</i>							
5	1,52	<u>25,8</u> 100	<u>40,0</u> 155	<u>38,7</u> 150	<u>4,9</u> 100	<u>8,6</u> 175	<u>8,3</u> 170
6	1,8	<u>31,5</u> 100	<u>44,1</u> 140	<u>44,7</u> 142	<u>5,3</u> 100	<u>6,6</u> 125	<u>6,9</u> 130
7	2,10	<u>36,8</u> 100	<u>44,2</u> 120	<u>43,4</u> 118	<u>5,7</u> 100	<u>6,3</u> 110	<u>6,6</u> 115
8	2,56	<u>42,5</u> 100	<u>48,9</u> 115	<u>46,8</u> 110	<u>5,1</u> 100	<u>5,6</u> 110	<u>5,6</u> 110

Примітки: 1. Під рискою значення міцності у відсотках.

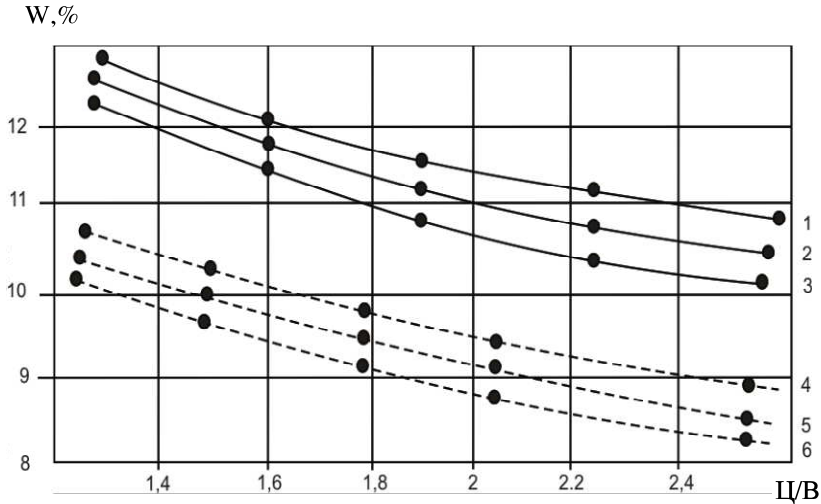


Рис.1. Водопоглинання золошлакобетонів в залежності від Ц/В та швидкості підняття температури ($\tau = 7$ діб)

1...3 - бетон без добавок : 1 - $V_t = 50^0/\text{год}$;

2 - $V_t = 20^0/\text{год}$;

3 - нормальне твердіння;

4...6 - бетон з добавкою C-3 + Na_2SiF_6 : 4 - $V_t = 50^0/\text{год}$;

5 - $V_t = 20^0/\text{год}$; 6 - нормальне твердіння

2. * - після нагрівання зразків виявлені тріщини.

Для бетонів з комплексною добавкою C-3 + Na_2SiF_6 прискорене сушіння при $V_t = 50^0/\text{год}$ практично не викликає помітного зниження приросту міцності. Видимі тріщини на зразках не зафіксовані.

Таблиця 3

Зміна параметру середнього розміру пор λ золошлакобетонів залежно від Ц/В та швидкості підняття температури до 150^0C

Бетон без добавок			Бетон з добавкою C-3 + Na_2SiF_6		
Ц/В	$V_t = 20^0/\text{год}$	$V_t = 50^0/\text{год}$	Ц/В	$V_t = 20^0/\text{год}$	$V_t = 50^0/\text{год}$
1,35	1,61	1,73	1,52	1,35	1,54
1,6	1,35	1,55	1,8	1,31	1,42
1,85	1,28	1,45	2,10	1,28	1,36
2,22	1,27	1,39	2,56	1,25	1,32

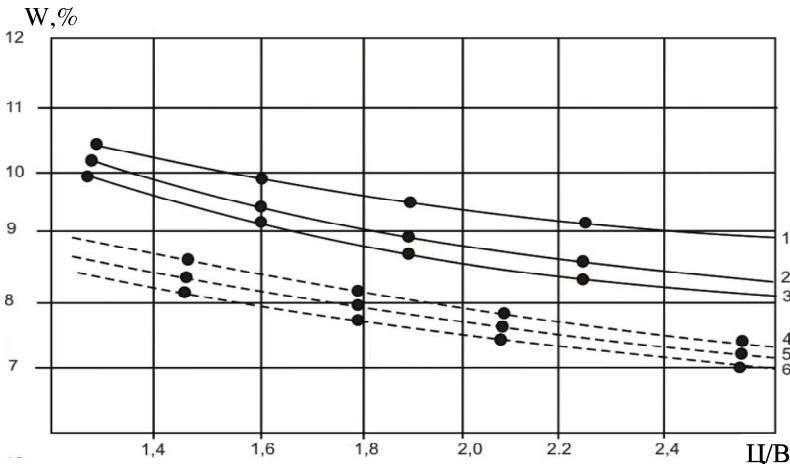


Рис.2. Водопоглинання золошлакобетонів в залежності від Ц/В та швидкості підняття температури ($\tau = 28$ діб)

1...3 - бетон без добавок : 1 - $V_t = 50^0/\text{год}$; 2 - $V_t = 20^0/\text{год}$;
 3 - нормальне твердіння; 4...6 - бетон з добавкою С-3 + Na_2SiF_6 :
 4 - $V_t = 50^0/\text{год}$; 5 - $V_t = 20^0/\text{год}$; 6 - нормальне твердіння

Про ступінь деструктивного впливу сушіння на золошлакобетони без добавок і з комплексною добавкою свідчать результати визначення параметрів водопоглинання (табл.3). Для бетонів без добавок нагрівання викликає більш помітне збільшення середнього розміру пор, яке характеризується параметром λ при апроксимації кривих об'ємного водопоглинання, що особливо відчувається при прискореному сушінні. Зміна середнього розміру пор для бетонів з комплексною добавкою у досліджуваному діапазоні швидкості підняття температури є значно менш суттєвою.

1. Дворкин Л.И., Дворкин О.Л. Основы бетоноведения. С-Петербург: ООО «Стройбетон», 2006 – 692 с. 2. Жуков В.В. Основные вопросы сушки жаростойких бетонов. Материалы совещания «Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения в строительстве», вып. 4. Стройиздат, 1969. 3. Жуков В.В., Перегудов В.В. Технология первого разогрева тепловых агрегатов из жаростойкого бетона до раб очей температуры при одностороннім нагрєбе. В сб. «Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения в строительстве», М.: Стройиздат, 1966. 4. Петров-Денисов В.Г., Масленников Л.А., Пичков А.М. Исследование процесса сушки жаростойкого бетона. В сб. «Жаростойкий бетон и железобетон и области их эффективного применения в строительстве», М.: Стройиздат, 1966. 5. Шейкин А.Е., Чеховский Ю.В., Бруссер М.И. Структура и свойства цементных бетонов. - М.: Стройиздат, 1979.