

13. «Global'ni mista za versijeju GaWC» (2016), sajt naukovo-doslidnyc'koi' merezhi GaWC, available at: <http://www.lboro.ac.uk/gawc/world2016t.html>
14. Glushkova, V.G. (ed.), Smagin, Ju.A. (2005), Territorial'naja organizacija naselenija, 2nd ed., ispr. i dop., Izd.-torg. korporacija «Dashkov i K°», Moskva, 244 p.
15. Harvey, D. (1985), The Urbanization of Capital: Studies in the History and Theory of Capitalist Urbanization, Basil Blackwell, Oxford, 239 p.
16. «UN report: World's biggest cities merging into «mega-regions» (2010), Guardian News, available at: <http://www.guardian.co.uk/world/2010/mar/22/un-cities-mega-regions/>
17. «United Nations, Department of Economic and Social Affairs, Population Division» (2014), World Urbanization Prospects, The 2014 Revision, Highlights (ST/ESA/SER.A/352), available at: <http://esa.un.org/unpd/wup/Highlights/WUP2014-Highlights.pdf>
18. Van den Berg, L., Drewett, R., Klaassen, L.H., Rossi, A. and Vijverberg, C.H.T. (1982), Urban Europe: a study of growth and decline, Pergamon Press, New York, Oxford, 162 p.
19. Козак Ю.А. Принципы формирования интерактивных свойств городских общественных пространств / Ю.А.Козак, В.П. Мироненко / Научный вестник строительства, Т. 87. - №1. - 2017.
20. Божинський Н.І. Містобудування США 1900-1930 рр. / Н.І. Божинський, І.В. Ніколаєва / Научный вестник строительства, Т. 87. - №1. - 2017.

Вяткин К.И., Вяткин Р.С. ВЛИЯНИЕ УРБАНИЗАЦИИ НА РАЗВИТИЕ СОЦИУМА. Работа посвящена рассмотрению теоретических подходов к определению понятия урбанизации. Проанализирована ретроспектива развития городов и определены основные параметры урбанизации. Проведен анализ современных тенденций урбанизации в мире. Определены перспективы дальнейшего развития урбанизации.
Ключевые слова: урбанизация, процессы урбанизации, города.

Vyatkin K.I., Vyatkin R.S. INFLUENCE OF URBANIZATION FOR THE DEVELOPMENT OF THE SOCIETY. The work is devoted to the consideration of theoretical approaches to the definition of the concept of urbanization. The retrospective analysis of urban development and the main characteristics of urbanization have been analyzed. It is given the tidings of modern trends of urbanization in the world. The prospects of further development of urbanization are determined.
Keywords: urbanization, urbanization processes, cities.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-180-187
УДК 699.8

Кабусь О.В., Коломієць Ю.В., Буцька Л.М., Ліхограй В.В.

Харківський національний університет будівництва та архітектури

(вул. Сумська, 40, Харків, 61002, Україна; e-mail: nutter142@gmail.com, calorimetry_centra@ukr.net)

ДОСЛІДЖЕННЯ КОРОЗІЙНОЇ СТІЙКІСТІ БЕТОНІВ З ХІМІЧНИМИ ДОБАВКАМИ У РОЗЧИНІ СІРЧАНОЇ КИСЛОТИ

В цьому дослідженні представлено результати витримки 8 серій бетонів в 5% розчині сірчаної кислоти протягом 28, 56 та 180 діб. Кожна серія складалась з двох сумішей, виготовлених на цементах ПЦ ІІ/Б-Ш-400 та ШПЦ ІІІ/А-400. Модифікацію властивостей бетонів досягали введенням суперпластифікатора, мікрокремнезему, добавки модифікатора структури та гідрофобізатору. Водов'язуче відношення варіювалось від 0,27 до 0,63, міцність на стиск була від 26 до 83 МПа, водопоглинання від 3,4 до 8,4%. Це дало змогу оцінити корозійну стійкість модифікованих бетонів в широкому діапазоні властивостей. Для витримки в розчині кислоти були виготовлені зразки куби 10x10x10 та балочки 4x4x16 см. Оцінку корозійної стійкості проводили по втраті маси та міцності бетону по відношенню до початкового значення в 28 діб. Отримані результати показали, що в усіх зразків через 28 діб витримання руйнувався верхній розчинний шар бетону. Спостерігалось погіршення корозійної стійкості модифікованих бетонів по відношенню до звичайного бетону без добавок не залежно від типу цементу. Винятком стала серія бетону, яка мала водов'язуче відношення 0,27-0,28 та міцність на стиск 77-83

НАУКОВИЙ ВІСНИК БУДІВНИЦТВА, Т. 93, №3, 2018

МПа. В ній бетон мав меншу втрату маси після 56 діб витримки в розчині кислоти. Окремо, концентрується увага на рівномірному поверхневому характері руйнування бетону без ознак глибокого вибіркового проникнення кислоти в тіло бетону.

Ключові слова: корозійна стійкість, суперпластифікатор, мікрокремнезем, модифікатор структури, гідрофобізатор, втрата маси, водопоглинення.

Вступ. Каналізаційні тунелі України, більшість з яких було побудовано 40-50 років тому із звичайного бетону класів В15-В25, внаслідок інтенсивної дії руйнівних факторів, насамперед впливу сірчаної кислоти біогенного походження, нині перебувають в аварійному чи передаварійному стані [1, 2]. Відновлення їх експлуатаційних характеристик для подовження безаварійного терміну служби – витратна і складна задача. Сучасні цементні бетони, які застосовують для ремонтних робіт, дозволяють вирішити її з різною технічною та економічною ефективністю. Однак, треба розуміти, що кислотна корозія неминуче, оскільки бетон на основі цементу є лужним за природою і руйнується під дією кислотного середовища. Проте вдосконалення складів бетонної суміші все ще є життєздатним методом, оскільки він змінює швидкість процесу корозії [3].

Модифікація властивостей бетону за застосуванням хімічних і мінеральних добавок являється поширеним напрямком багатьох досліджень [3-9, 18]. Введення хімічних добавок направлено на зменшення проникності бетону, що за вимогами ДСТУ Б В.2.6-145:2010 [10] є одним із основних способів зменшення агресивності дії середовища по відношенню до бетону. Застосування активних і пуцоланових мінеральних добавок згідно [3, 8, 9] дозволяє отримати більш стійкі по відношенню до сірчаної кислоти гідратні новоутворення. У огляді [3] автори звертають увагу на той факт, що зменшена пористість не гарантує кращої кислотостійкості бетону. В деяких дослідженнях спостерігаються протилежні результати ефективності додавання пуцоланових добавок на опір дії кислоті, що може бути пов'язано з варіацією експериментальних умов та хімічного складу добавок з різних джерел. Ефективність мінеральних добавок слід індивідуально досліджувати, а умови експерименту повинні бути макси-

мально наближені до реальних умов каналізації. В результаті багаторічних лабораторних та натурних випробувань автор [7] також дійшов до висновку, що в сильно агресивних середовищах добавки не дозволяють в необхідній мірі забезпечити потрібну довговічність бетону без застосування вторинного захисту. Дослідження цього питання з випробуванням бетонів в широкому діапазоні їх фізико-механічних властивостей є актуальним.

Одним із спрощених методів оцінки корозійної стійкості бетонів для колекторів є їх випробування в лабораторних умовах в розчинах сірчаної кислоти, який дозволяє при певних умовах досить точно [11] на першій стадії досліджень оцінити ефективність рецептурних рішень при розробці нових складів бетонів.

Метою даного дослідження було оцінити можливість підвищення корозійної стійкості бетонів до дії розчинів сірчаної кислоти за рахунок застосування комплексних добавок різного принципу та механізму дії. Повна тривалість витримання зразків в агресивних до бетону умовах склала 180 діб. Отримані результати необхідні для формування подальшого напряму досліджень з отримання ефективних композиційних матеріалів для відновлення каналізаційних споруд.

Матеріали і методи досліджень. Для проведення досліджень було виготовлено 8 серій з 16 бетонних сумішей (табл.1). Склади готували з двох типів цементів – ПЦ П/Б-Ш-400 (ПЦ П) та ШПЦ Ш/А-400 (ШПЦ Ш), гранітного щебеню розміром 5-10 мм, дрібного кварцового піску, водопровідної води та високоефективних модифікуючих добавок, які зазвичай застосовуються для зменшення пористості та підвищення корозійної стійкості бетонів. Використовувались:

- суперпластифікатор на полікарбоксилатній основі для виробництва товарного бетону ViscoGrete 1020 UA (Д1);

- мінеральна пуцоланова добавка – високодисперсний мікрокремнезем з відходів заводу феросплавів (Д2);

- кольматуючий модифікатор мікроструктури бетону «Admix» (Д3);

- гідрофобизатор бетону – ГКЖ-11К (Д4).

Оптимальні концентрації добавок обирались з урахуванням їх впливу на твердіння бетону та сумісності з цементами

Таблиця 1 - Склади бетонних сумішей

Серія	Суміш	Цемент		Крупний заповнювач, кг	Пісок, кг	Вода, кг	В/Ц (В/Т)	ОК, см (Ж, с)	Добавки	
		тип	кг						Позначення	кг
I	1	ПЦ II	397	1041	744	247	0,62	20	-	-
	2	ШПЦ III	391	1026	733	245	0,63	20	-	-
II	3	ПЦ II	397	1043	745	205	0,52	19	Д1	6
	4	ШПЦ III	397	1043	745	199	0,5	26	Д1	6
III	5	ПЦ II	403	1057	755	192	0,48	25	Д1	8,1
	6	ШПЦ III	404	1061	758	184	0,46	26	Д1	8,1
IV	7	ПЦ II	366	1044	746	175	0,48 (0,44)	21	Д1	8
	8	ШПЦ III	364	1037	741	168	0,46 (0,42)	22	Д1	7,9
V	9	ПЦ II	368	1050	750	178	0,48 (0,44)	23	Д 1	8
									Д 2	32
									Д 3	4
	10	ШПЦ III	363	1037	741	171	0,47 (0,43)	22	Д 1	7,9
									Д 2	31,6
									Д 3	4
VI	11	ПЦ II	360	1028	734	174	0,48 (0,44)	24	Д 1	7,8
									Д 2	31,3
									Д 3	3,9
	12	ШПЦ III	359	1024	731	168	0,47 (0,43)	23	Д 1	7,8
									Д 2	31,2
									Д 3	3,9
VII	13	ПЦ II	558	1062	587	167	0,3 (0,28)	26	Д 1	12,1
									Д 2	48,5
									Д 3	6,1
	14	ШПЦ III	557	1059	585	163	0,29 (0,27)	27	Д 1	12,1
									Д 2	48,4
									Д 3	6,1
VIII	15	ПЦ II	370	1407	553	117	0,32 (0,29)	0 (30)	Д 1	8
									Д 2	32,2
									Д 3	4
	16	ШПЦ III	370	1407	553	117	0,32 (0,29)	0 (30)	Д 1	8
									Д 2	32,2
									Д 3	4

[12]. Витрата компонентів наведено з урахуванням реальної щільності бетонних сумішей. Серії I – VII виготовлялись з високорухливих сумішей, а серія VIII – з жорсткої суміші. Всі серії крім VII мали приблизну витрату в'язучого 400 кг/м³, а VII серія – 600 кг/м³ бетону.

Згідно вимог ДСТУ Б В.2.7-213:2009 [13] та ДСТУ Б В.2.6-181:2011 [14] концен-

трація кислоти при якій проводиться випробування не регламентується і повинна

обиратися в залежності від умов експлуатації конструкції. При дослідженні впливу сірчаної кислоти на швидкість корозії цементного каменю та бетону її приймають в діапазоні від 0,01 н до 10% [3-5, 15, 16]. Виходячи з того, що на бетонних поверхнях колекторів концентрація сірчаної кислоти може досягати декількох відсотків, для проведення досліджень її значення було обрано згідно ASTM C267-01 [16] та дорівнювало 5%.

Зразки кубу 10x10x10 та балочки 16x4x4 см виготовлялись за стандартною методикою та витримувались 28 днів в нормальних умовах, після чого частину зразків відбирали для знаходження міцності на стиск, розтяг при вигині та водопоглинання бетону за масою. Інші зразки занурювали в ємність з 5% розчином сірчаною кислоти (рис.1, а) та витримували їх 28, 56 та 180 днів. Концентрацію розчину кислоти контролювали за його щільністю. При її зменшенні доливалась необхідна кількість кислоти до досягнення початкового значення щільності розчину. В кожний із зазначених періодів з розчину доставались по два зразки і з них щіткою видалявся зруйнований шар бетону (рис.1, б). Далі їх зважували, робили фотофіксацію, випробували на міцність та знаходили рН. Для визначення рН після руйнування зразків з поверхні та їх середини (не менше 1 см від краю зразка) відбирали проби бетону та за допомогою індикатору знаходили рН водної витяжки.

Результати дослідження. Водопоглинання зразків бетону за масою (W_m) в 28 днів наведено на рис. 2. Добавки модифікатори дозволили зменшити водопоглинання в 2-2,5 рази. Найбільший ефект зменшення водопоглинання досягався за рахунок введення добавок суперпластифікаторів, які дозволяли зменшити витрату води та водов'язучого відношення (В/Т). Всі інші добавки не оказували суттєвого ефекту на водопоглинання бетону. Більш значне зменшення водопоглинання спостерігалось у бетону, виготовленого на ШПЦ Ш/А-400.

В усіх зразках, не залежно від типу цементу, складу, міцності та водопоглинання спостерігалось повне руйнування

верхнього розчинового шару бетону у 28 днів.



а)



б)

Рис. 1. Зразки після витримки в розчині сірчаної кислоти

а – витримка в розчині кислоти; б – після очищення зруйнованого шару

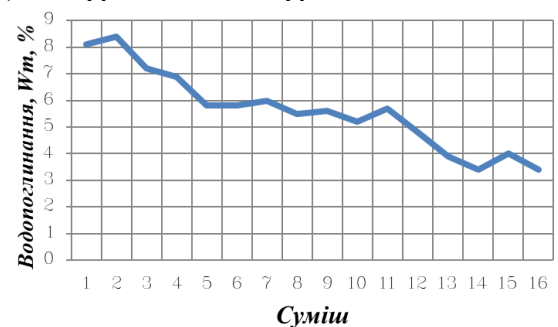


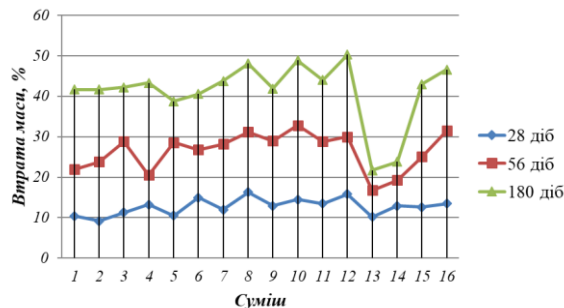
Рис. 2. Водопоглинення зразків бетону за масою

Втрата маси зразків кубів склала від 3,6 до 6,6%, а балочок – 9,2...16,3%. В 56 днів – 7,2...12,6% та 16,8...32,8%, а в 180 днів – 11,8...22,5% та 21,7...50,3% відповідно (рис. 3 а, б). Габаритні розміри зразків зменшились на 5-10 мм за 180 днів, що відповідає швидкості корозії 5-10 мм/рік. У балочок втрата маси була в 2-2,5 рази більше ніж у кубів, що пояснюється більшим в 1,9 разів коефіцієнтом відкритої поверхні,

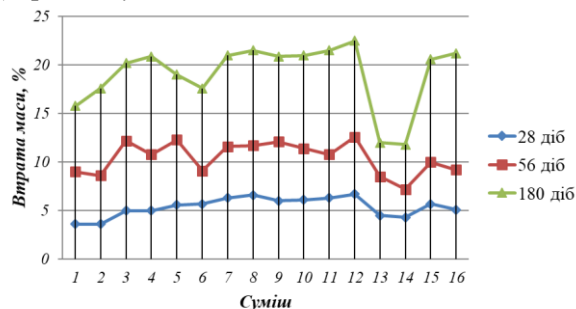
тому для прискореного визначення корозійної стійкості бетону балочки є більш доцільними. Слід розуміти, що крім розмірів зразків на отримані результати значно можуть впливати умови витримки. Так, при постійній циркуляції розчину кислоти, спостерігається підвищення швидкості корозії [17].

Тип цементу суттєво не вплинув на показники втрати маси зразків, тобто збільшення добавки шлаку не підвищує стійкість бетону в даних умовах. Підвищення міцності зразків в 1,5-3 рази (табл. 2) та зменшення водопоглинання також не дозволило покращити стійкість бетонів. Навпаки, можна було спостерігати дещо більшу втрату маси у серій зразків з добавками. Винятком була серія VII з підвищеним вмістом цементу, міцністю на стиск – 76,7 – 82,5 МПа та В/Т рівним 0,27 – 0,28. Втрата маси серії VII після 56 діб витримання стала меншою ніж у серії I, особливо після 180 діб. Однак, однозначно не можна стверджувати, що зменшення проникливості бетону та зменшення В/Т до 0,27 дозволяє підвищити стійкість бетону, тому що у серії VIII такого ефекту не спостерігалось. Згідно досліджень [9, 17] зменшення В/Т призводить до погіршення корозійної стійкості. В роботі [9] спостерігалось збільшення втрати маси зразків при зменшенні В/Т з 0,45 до 0,25, а в [17] зміна В/Т з 0,65 до 0,35 призводила до збільшення товщини руйнування бетону. Це пояснюється тим, що бетон з високим співвідношенням В/Ц має більше об'єму для розширення новоутворень гіпсу, ніж той, що має низьке значення [17]. Порівняння серій III – VI, які мали приблизно рівне В/Т (0,43-0,48), дає змогу констатувати, що введення добавок мікрокремнезему, кольматуючих та гідрофобізуючих добавок в обраних концентраціях є абсолютно неефективним. Таким чином, підтверджується ствердження авторів [3], що ефективність мінеральних добавок потребує перевірки в кожному конкретному випадку. В цілому можна зробити висновок про дуже значну швидкість корозії бетону для всіх серій зразків, тому що згідно вимоги ДСТУ Б В.2.7-213:2009 [13] втрата маси хімічностійкого бетону через

один рік витримання не повинна перевищувати всього 1%.



а) зразки кубу



б) зразки балочки

Рис. 3. Втрата маси зразків бетону після витримання в 5% розчині сірчаної кислоти

Втрата міцності зразків бетону в результаті корозії була більш значною ніж втрата маси. Показники міцності на стиск зразків кубів зменшились на 19-46% після 28 діб і 39-63% після 56 діб витримання (Табл.2). Міцність на вигін змінювалась інакше – в зразках 1, 6, 13 спостерігалось підвищення міцності до 39%, а в інших зразках було зменшення міцності до 62% в 28 діб. В 56 діб спостерігалось зменшення міцності на стиск на 39-63% та міцності на вигін на 9-61%. Кореляція між зміною міцності на стиск та вигін не спостерігалась, результати мали випадковий характер. Наприклад, зразок 13 мав зниження міцності на стиск на 38% та підвищення міцності на вигін на 39%. Виходячи з цього, в 180 діб міцність бетону не визначали. Такий характер зміни міцності бетону, на наш погляд, пов'язаний з нерівномірною передачею навантаження на поверхню зразків з оголеним крупним заповнювачем. Саме тіло бетону не зазнало візуальних змін (Рис. 4), тому увесь бетон зразків не міг так сильно змінити міцність. Відсутність корозії внутрішнього бетону зразка підтверджує значенням рН водної витяжки, яке на поверхні

було рівним 3-5, а в середині – 12 для усих зразків.

Таблиця 2 - Зміна міцності зразків бетону після витримання в 5% розчині сірчаної кислоти

Серії	Су-міші	Початкова міцність, МПа		Втрата міцності, %			
		міцність на стиск	міцність на розтяг при вигині	28 днів		56 днів	
				міцність на стиск	міцність на розтяг при вигині	міцність на стиск	міцність на розтяг при вигині
I	1	26,4	4,6	19,2	-18,8	38,6	14,9
	2	26,1	5,0	22,6	26,4	43,3	34,5
II	3	38,2	7,0	35,2	19,3	52,3	31,5
	4	39,5	5,7	36,9	6,8	58,3	26,4
III	5	44,1	7,5	36,5	3,1	53,8	50,3
	6	50,0	7,0	37,7	-1	48,7	40,4
IV	7	44,7	7,3	34,5	12,4	53,2	45,1
	8	46,5	6,3	46,1	19,9	60,1	38,2
V	9	48,9	8,4	33,6	10,2	55,1	46
	10	48,2	7,5	35,4	7,7	53,4	43,4
VI	11	45,9	7,8	31,3	26,3	56,4	40,2
	12	51,8	8,6	37,2	31,6	62,7	46,3
VII	13	76,7	8,2	37,9	-39,4	57,2	10
	14	82,5	8,7	35,8	14,5	48,2	9,4
VIII	15	64,6	9,0	36,6	62	49,0	60,9
	16	62,5	8,7	32,7	32,7	43,6	55,7

Згідно [15, 17] існує три явно виражені шари бетону, перший – пухкий поверхневий шар прокородованого бетону, який не має міцності, другий – тонкий (кілька мм) шар бетону, який має деяку міцність, та третій – внутрішній бетон в якому відсутні глибокі або вибіркові руйнування. Для більш коректного визначення міцності бетону в дослідженні [9] поверхню вирівнювали цементно-пісчаним розчином 1:3. Це дало змогу отримати більш чіткі залежності втрати міцності бетону у часі, значення якої за 180 діб для різних складів бетону було від 20 до 45%. Але, на наш погляд, такий метод підготовки зразків не слід вважати досить надійним. Для отримання точних результатів необхідно повністю видалити другий шар бетону та підготувати по-

верхню зразків до випробувань згідно стандартних вимог. Альтернативним методом аналізу зміни міцності бетону може бути визначення міцності на розтяг при розколюванні кубів (рис. 4, а.). В такому випадку вплив поверхні зразків не повинен мати суттєвого значення.



а) зразки кубів б) зразки балочки
Рис. 4. Вигляд зразків бетону після випробування на розтяг

Обговорення результатів. Отримані результати показують, що метод визначення втрати маси є більш коректним, ніж метод визначення міцності бетону. Автори [8] також відзначали втрату маси як належний метод випробування для визначення стійкості бетону проти дії сірчаної кислоти. Однак, автори [9] при проведенні випробувань в менш концентрованому розчині (1%) вважають, що тільки втрата маси не є надійним показником для визначення стійкості бетону при кислотній корозії, тому необхідно завжди доповнювати міцнісними випробуваннями.

Висновки. На даний час у світі не існує єдиної методики визначення стійкості бетонів до дії розчинів сірчаної кислоти, що значно впливає на результати, отримані різними дослідниками. Найбільш важливими факторами є концентрація розчину кислоти, умови витримки та розміри зразків. Особливої уваги потребує методика визначення міцності бетону, що має зруйнований верхній шар. Проведені дослідження показали, що обрані добавки не дозволяють суттєво змінити стійкість бетону на звичайних цементях до дії 5% розчину сірчаної кислоти. Збільшення міцності, зменшення

В/Т до 0,3 та зменшення поглинання бетону в 2-3 рази не є ефективним. Подальших випробувань потребують бетони зі значенням В/Т менше 0,25 та більше 0,65.

ЛІТЕРАТУРА:

1. Garmash, A., Bondarenko, D., Zubko, G., Goncharenko, D. On renovation of the destroyed tunnel sewer collector in Kharkiv [Text] // World Journal of Engineering. – Vol. 13, Issue 1, 2016. – P. 72-76.
2. Каналізаційні тунелі Харкова [Текст] / QUO VADIS: монографія: за загальною ред. Д.Ф. Гончаренка / Д.О. Бондаренко, В.В. Булгаков, О.О. Гармаш, Д.Ф. Гончаренко, С.С. Піліграм. – Х.: Раритети України, 2018. – 232 с.
3. Wu L., Hu C., Liu W. The Sustainability of Concrete in Sewer Tunnel [Text] A Narrative Review of Acid Corrosion in the City of Edmonton, Canada // Sustainability 2018, 10(2), 517.
4. Khodabakhshian A., Ghalehnovi M., Brito J., Shamsabadi E. Durability performance of structural concrete containing silica fume and marble industry waste powder [Text] // Journal of Cleaner Production 170 (2018) 42-60.
5. Rajamane N.P., Nataraja M.C., Lakshmanan N., Dattatreya J.K. & Sabitha D. Sulphuric acid resistant ecofriendly concrete from geopolymerisation of blast furnaceslag [Text] // Indian Journal of Engineering & Materials Sciences 2012. - Vol. 19. - pp. 357-367.
6. Бетони для зведення гідротехнічних споруд [Текст] / В. П. Сопов, Д. А. Сінякін, О. В. Кабусь // Науковий вісник будівництва. - 2018. - Т. 91, № 1. - С. 140-145.
7. Розенталь Н. К. Коррозия и защита бетонных и железобетонных конструкций сооружений очистки сточных вод [Текст] // Бетон и железобетон. – 2011. – №2 – С.78-85.
8. Ramezaniapour, A.A., Zolfagharnasab, A., Zadeh, F.B., Estahbanati, S.H. Effect of supplementary cementing materials on concrete resistance against sulfuric acid attack [Text] // High Tech Concrete: Where Technology and Engineering Meet - Proceedings of the 2017 fib Symposium, Pages 2290-2298.
9. Goyal S., Kumar M., Sidhu D. S. and Bhattacharjee B. Resistance of Mineral Admixture Concrete to Acid Attack [Text] // Journal of Advanced Concrete Technology – Vol. 7 - №2 – 2009. – p. 273 – 283.
10. ДСТУ Б В.2.6-145:2010 Захист бетонних і залізобетонних конструкцій від корозії.
11. Huber, B., Hilbig, H.b, Drewes, J.E., Müller, E. Evaluation of concrete corrosion after short- and long-term exposure to chemically and microbially generated sulfuric acid [Text] // Cement and Concrete Research – Vol. 94 (1) – 2017. – P. 36-48.
12. Usherov-Marshak A.V., Kabus A.V. Functional kinetic analysis of the effect of admixtures on cement hardening [Text] // Inorganic Materials. – Vol. 52, №4. – 2016. – P. 479–484.
13. ДСТУ Б В.2.7-213:2009 Будівельні матеріали Бетони хімічно стійкі. Методи випробувань.
14. ДСТУ Б В.2.6-181:2011 Захист бетонних конструкцій від корозії. Методи випробувань.
15. Коррозия бетона в агрессивных средах [Текст] / под ред. В.М. Москвина – Москва: 1971. – 218 с.
16. ASTM C267-01. Standard Test Methods for Chemical Resistance of Mortars, Grouts, and Monolithic Surfacing and Polymer Concretes.
17. Kawai K., Yamaji S., Shinmi T. Concrete Deterioration Caused by Sulfuric Acid Attack [Text] // 10DBMC International Conference On Durability of Building Materials and Components Lyon, France, 17-20 April 2005.
18. Кабусь О. В., Буцька Л. М. Проблеми збереження рухливості товарної бетонної суміші під час транспортування [Текст] // Науковий вісник будівництва. - 2018. - Т. 92, № 2. - С. 214-219.

Кабусь А.В., Коломиец Ю.В., Буцька Л.Н., Лихоград В.В. ИССЛЕДОВАНИЕ КОРРОЗИОННОЙ СТОЙКОСТИ БЕТОНА С ХИМИЧЕСКИМИ ДОБАВКАМИ В РАСТВОРЕ СЕРНОЙ КИСЛОТЫ. В этом исследовании представлены результаты выдержки 8 серий бетонов в 5% растворе серной кислоты в течение 28, 56 и 180 суток. Модификацию свойств бетонов достигали введением суперпластификатора, микрокремнезема, добавки модификатора структуры и гидрофобизатора. Водоцементное отношение варьировалось от 0,27 до 0,63, прочность на сжатие была от 26 до 83 МПа, водопоглощение от 3,4 до 8,4%. Оценку коррозионной стойкости проводили по потере массы и прочности бетона по отношению к исходному значению в 28 суток. Полученные результаты показали, что во всех образ-

цах через 28 суток выдержки разрушался верхней растворимый слой бетона. Наблюдалось ухудшение коррозионной стойкости модифицированных бетонов по отношению к обычному бетону без добавок независимо от типа цемента. Исключением стала серия бетона, которая имела В/Ц 0,27-0,28 и прочность на сжатие 77-83 МПа. В ней бетон имел меньшую потерю массы после 56 суток выдержки в растворе кислоты.

Ключевые слова: коррозионная стойкость, суперпластификатор, микрокремнезем, модификатор структуры, гидрофобизатор, потеря массы, водопоглощение.

Kabus A., Kolomiets Yu., Butska L., Lykhohrai V. INVESTIGATION OF CORROSION RESISTANCE OF CONCRETE WITH CHEMICAL ADDITIVES TO SULFURIC ACID SOLUTION. This study presents the results of holding 8 series of concretes in a 5% solution of sulfuric acid for 28, 56 and 180 days. Modification of

the properties of concrete achieved by the introduction of a superplasticizer, microsilica, the addition of a structure modifier and a hydrophobizer. The water cement ratio ranged from 0.27 to 0.63, the compressive strength was from 26 to 83 MPa, and the water absorption was 3.4 to 8.4%. Estimation of corrosion resistance was carried out by loss of weight and strength of concrete in relation to the initial value of 28 days. The obtained results showed that in all samples after 28 days of aging the upper soluble layer of concrete was destroyed. There was a deterioration in the corrosion resistance of modified concrete with respect to ordinary concrete without additives, regardless of the type of cement. The exception was a series of concrete that had a W / C of 0.27-0.28 and a compressive strength of 77-83 MPa. In it concrete had a smaller loss of mass after 56 days of soaking in an acid solution.

Keywords: corrosion resistance, superplasticizer, microsilica, structure modifier, hydrophobizer, weight loss, water absorption.

DOI: 10.29295/2311-7257-2018-93-3-187-194
УДК 666.974.2

Никичанов В.В.

*Харьковский национальный университет строительства и архитектуры
(ул. Сумская, 40, Харьков, 61002, Украина; e-mail: v.vortex99@meta.ua)*

ПРИМЕНЕНИЕ РАЗЛИЧНЫХ ОТХОДОВ ПРОМЫШЛЕННОСТИ В ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ЖАРОСТОЙКИХ БЕТОНОВ

Выполнен анализ исследований, направленных на разработку жаростойкого бетона различного назначения с применением отходов промышленности (шлаки алюминотермического производства, отходы носителя катализатора, доменный шлак) при получении вяжущего и заполнителей. Приведены показатели свойств вяжущих и бетонов. Показана целесообразность и эффективность применения отходов в технологии жаростойких бетонов.

Ключевые слова: жаростойкий бетон, вяжущее, шлак, отходы носителя катализатора, жидкое стекло, глина, заполнитель, шамот, корунд.

Разработка и изготовление жаропрочных бетонов с применением различных отходов промышленности при получении вяжущего и заполнителей находит все более широкое применение, поскольку имеет важное экологическое (охрана окружающей среды, снижение негативного воздействия отходов на окружающую среду, утилизация промышленных отходов) и экономическое (снижение себестоимости изделий, расширение сырьевой базы) значение.

В настоящей статье выполнен анализ литературных данных и рассмотрены некоторые отдельные случаи положительного опыта применения различных отходов промышленности в технологии изготовления жаропрочных вяжущих и бетонов различного назначения.

Как известно [1-5], в технологии изготовления жаростойких бетонов применяют вяжущие: гидравлические (портландцемент (ПЦ), шлакопортландцемент (ШПЦ),