КИЛЬДЕЕВ И. Р., ТЕРЕШКИН И. П., ПАНЧИНА А. А.

ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ХИМИЧЕСКОГО СОПРОТИВЛЕНИЯ КОМПОЗИТОВ НА ОСНОВЕ БЕЗГИПСОВЫХ ПОРТЛАНДЦЕМЕНТНЫХ ВЯЖУЩИХ С НИЗКОЙ ВОДОПОТРЕБНОСТЬЮ[1]

Аннотация. Представлены результаты исследований безгипсового портландцемента с комплексной добавкой из лигносульфоната и силиката натрия по влиянию на физико-механические свойства и химическое сопротивление композитов на основе цементных вяжущих. Показана возможность получения композитов на основе безгипсового портландцемента с комплексной добавкой, обладающих улучшенными физико-механическими характеристиками.

Ключевые слова: безгипсовый портландцемент, комплексная добавка, лигносульфонат, силикат натрия, цемент, бетоны, модификация, прочность.

KILDEYEV I. R., TERESHKIN I. P., PANCHINA A. A.

STUDY OF PHYSICO-MECHANICAL PROPERTIES AND CHEMICAL RESISTANCE OF COMPOSITES BASED ON PLASTERLESS PORTLAND CEMENT BINDERS WITH LOW WATER CONSUMPTION

Abstract. The results of studies of the effect of plasterless Portland cement with a complex additive of lignosulfonate and sodium silicate on the physical and mechanical properties and chemical resistance of composites based on cement binders are provided. The possibility of obtaining composites based on plasterless Portland cement with a complex additive with improved physical and mechanical characteristics is shown.

Keywords: plasterless Portland cement, complex additive, lignosulfonate, sodium silicate, cement, concrete, modification, strength.

Решение вопросов снижения материалоемкости и себестоимости строительных конструкций на основе цемента с одновременным повышением их качества и эксплуатационной надежности в настоящее время является особенно актуальным в строительном производстве [1–8]. Одним из перспективных способов (технологией) производства высокоэффективных и долговечных строительных конструкций и изделий на основе портландцементных вяжущих является комплексная химизация технологии их производства при использовании безгипсового портландцементного вяжущего (клинкера) с серийной промышленной тонкостью помола [1–3].

[1] Работа выполнена при финансовой поддержке НИР по договору №266/17 от 18.12.2017 г.

Ранее нами были проведены исследования влияния количества пластифицирующей добавки и ускорителя твердения на некоторые свойства композиций на основе безгипсового портландцемента промышленной тонкости помола, доказана эффективность применения некоторых из них при получении вяжущего с низкой водопотребностью (ВНВ) для строительных композитов [1; 2]. В данной статье приводятся результаты последующих исследований влияния многокомпонентных добавок на физико-механические свойства и химическое сопротивление композитов на основе безгипсового портландцемента промышленной тонкости помола (молотого клинкера для портландцемента ЦЕМ I 32.5 Н) с комплексной добавкой из лигносульфоната технического (ЛСТ) и силиката натрия.

В работе исследовалось влияние многокомпонентного модификатора, состоящего из пластифицирующей добавки (0,45% от массы вяжущего) и ускорителя твердения (1,8% от массы вяжущего) при водоцементном отношении сырьевых смесей экспериментальных композиций 0,28 и 0,25. Для сравнения получаемых результатов был приготовлен контрольный состав на основе портландцемента без минеральных добавок ЦЕМ I 32.5 Н при водоцементном отношении 0,28. Результаты основных свойств композитов на основе разработанных вяжущих представлены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики композитов

№	Свойство, единица измерения	Композиции на основе		
		цемента при В/Ц=0,28	безгипсового цемента и комплексной добавки, В/Ц=0,28	безгипсового цемента и комплексной добавки, В/Ц=0,25
1	Твердость, Т МПа	154,44	201,69	208,34
2	Модуль деформации, E_{g15} МПа	2357,84	3484,96	3504,32
3	Доля упругой составляющей в общей деформации, $\varepsilon_у$	0,1167	0,1294	0,1303
4	Доля высокоэластичной составляющей деформации, $\varepsilon_{вэ}$	0,0057	0,0021	0,0019
5	Доля пластической составляющей деформации, $\varepsilon_{пл}$	0,877	0,868	0,878
6	Предельная деформация разрушения, $\varepsilon_{пр}$	0,0175	0,0155	0,0156
7	Предельная пластическая деформация материала, $\varepsilon_{пл.пр}$ МПа·с	0,0156	0,0135	0,0129
8	Коэффициент структуры, $К_{стр.}$	15,61	14,37	16,12
9	Коэффициент энергоемкости материала, $К_{эн}$ Дж/м^3	0,724	0,835	0,869
10	Коэффициент пластичности, $К_{пл}$	0,0769	0,0742	0,0784
11	Прочность при сжатии, $R_{сж}$ МПа	41,31	53,95	55,73

Анализ полученных значений твердости и модуля упругости цементных композитов позволяет констатировать, что полученные образцы на основе экспериментальных составов с безгипсовым портландцементом и комплексной добавкой имеют повышенную твердость и прочность, значения которых повышаются при снижении водопотребности вяжущего. Похожий эффект объясняется образованием наиболее оптимальной структуры цементного камня, которая создается при твердении у композиций с эффективными комплексными добавками при низком водоцементном отношении. Об увеличении значений модуля упругости у композитов на основе безгипсового вяжущего с пластифицирующей и ускоряющей добавками более чем на 40% свидетельствуют диаграммы сжатия, представленные на рисунке 1.

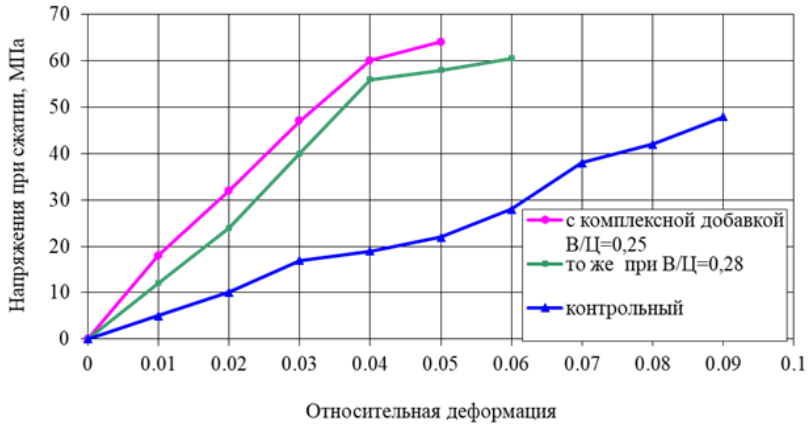

Рис. 1. Зависимость относительных деформаций композитов от напряжений сжатия.

При исследовании поровой структуры композитов на основе безгипсового портладцемента с комплексной добавкой были получены характеристики порового пространства полученных экспериментальных образцов. Значения, характеризующие поровую структуру композитов, приведены в таблице 2.

Таблица 2

Характеристики поровой структуры цементных композитов

№	Свойство, единица измерения	Композиции на основе		
		цемента при В/Ц=0,28	безгипсового цемента с комплексной добавкой при В/Ц=0,28	безгипсового цемента с комплексной добавкой при В/Ц=0,25
1	Водопоглощение по массе, W_b, %	13,91	12,15	10,83
2	Объемное водопоглощение, W_0, %	28,81	23,49	19,37
3	Равновесное поглощение, W_p, %	8,37	9,61	8,66
4	Истинная пористость, $П_и$, %	29,02	29,96	24,25
5	Коэффициент микропористости, $К_м$	0,607	0,791	0,8
6	Показатель среднего размера пор, λ_2	2,445	1,949	1,327
7	Однородность пор по размерам, α	0,551	0,677	0,731

Изучение значений показателя равновесного водопоглощения и коэффициента микропористости позволяет сделать вывод о том, что введение комплексной добавки в безгипсовые цементные композиции приводит к повышению числа закрытых (условно-замкнутых) пор. Снижение показателя среднего размера пор и увеличение показателя однородности пор по размерам свидетельствует об организации оптимальной структуры порового пространства цементного камня при наличии такой комплексной добавки.

С целью подтверждения данного вывода были проведены изучения химической стойкости композитов на основе экспериментального ВНВ в 2% серной кислоте. После 28 суток твердения в нормально-влажностных условиях исследуемые образцы погружали в раствор кислоты и выдерживали в нем 84 суток. Концентрацию агрессивной среды при этом поддерживали постоянной в течение всего периода испытаний. Через определенные промежутки времени проводились испытания образцов на сжатие для получения деградационной функции *D(N)*. Результаты коррозионных испытаний приведены на рисунках 2 и 3.

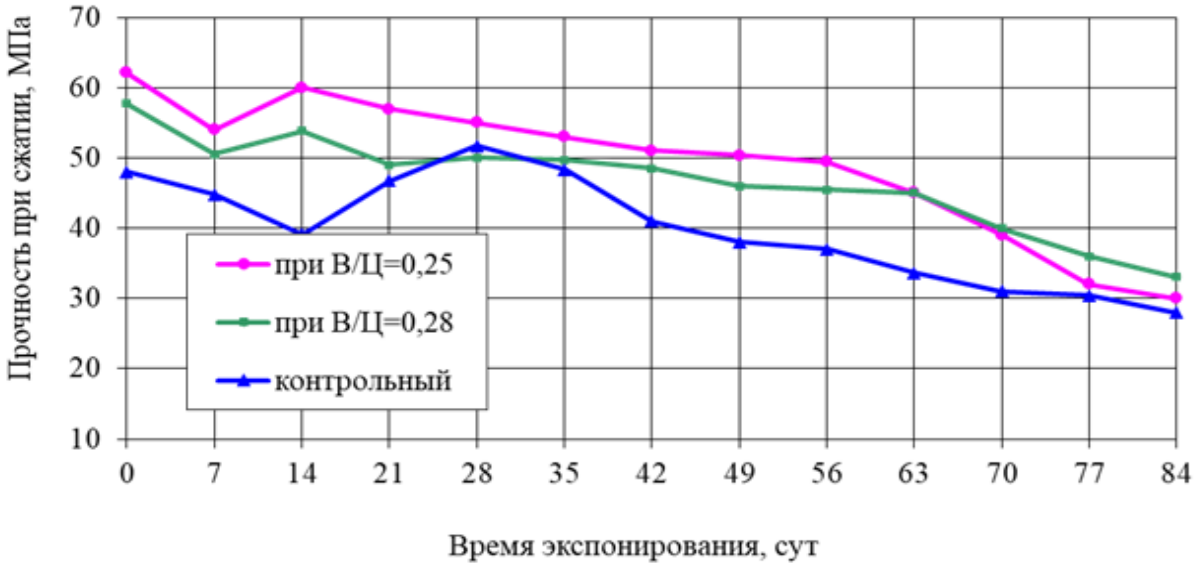

Рис. 2. Зависимость прочности композитов на основе безгипсового портландцементна с комплексной добавкой при экспонировании в 2% растворе серной кислоты.

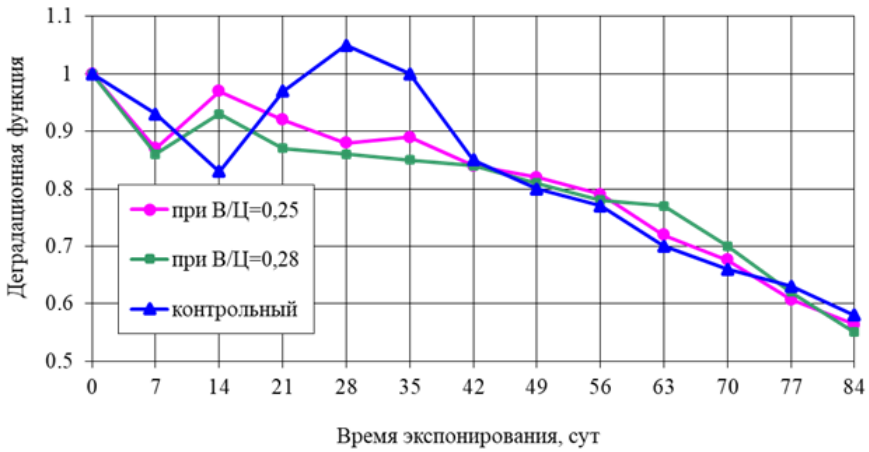

Рис. 3. Химическое сопротивление отвердевших композиций с комплексной добавкой на основе безгипсового портландцемента (среда выдерживания – 2% серная кислота).

Цементный камень деградирует в растворах серной кислоты при его сульфатизации; скорость данного процесса в основном определяется диффузией агрессивной среды. Поэтому в ранний период времени отмечается характерное для данного процесса повышение прочности, вследствие увеличения плотности материала при формировании в его порах и капиллярах кристаллов гидросульфоалюмината кальция (ГСАК). При последующем выдерживании в агрессивной среде растущие ГСАК разрушают структуру материала, что приводит к снижению прочности. Похожая картина наблюдается и у образцов на основе безгипсового цемента с силикатом натрия и ЛСТ. Кривая изменения прочности обнаруживает максимум в области 14 суток, а затем происходит плавное снижение прочности. При этом необходимо отметить, что образцы меньше набухают в процессе взаимодействия с кислой средой, деформации набухания носят плавный характер по сравнению с контрольными образцами. Химическая стойкость в кислой среде таких отвердевших композиций не ниже контрольных.

Как показывают результаты проведенных исследований, отвердевшие безгипсовые портландцементные композиции с комплексной добавкой, в состав которой входит силикат натрия и лигносульфонат, характеризуются более организованной поровой структурой цементного камня и улучшенными физико-механическими свойствами. Химическая стойкость в кислой среде таких композитов не ниже, чем у цементных. Дальнейшая проведенная в работе оптимизация безгипсового ВНВ позволила получить композиты с высокой прочностью при обычной серийной тонкости помола портландцементного вяжущего (остаток на сите № 008 не менее 5% и не более 15%). Достигалось это четким контролем введения определенного количества ускорителя твердения и пластификатора. Нормальная густота таких композиций обеспечивалась уже при водовяжущем отношении 0,18÷0,2.

ЛИТЕРАТУРА

1. Терешкин И. П. Разработка вяжущих низкой водопотребности для стендовых технологий: дисс. …канд. тех. наук. – Саранск, 2001. – 244 с.

2. Терешкин И. П., Панчина А. А., Кильдеев И. Р. Разработка эффективных комплексных добавок для цементных бетонов // Актуальные вопросы архитектуры и строительства: материалы четырнадцатой Международной научно-технической конференции: в 2 частях / Отв. ред. В. Т. Ерофеев. – Саранск: Изд-во Морд. ун-та, 2015. – Ч. 2. – С. 93–102.

3. Патент RU 2199497 C2 Сырьевая смесь / В. П. Селяев, В. И. Соломатов, И. П. Терешкин, А. И. Коротин, Ю. А. Бормусов, В. Л. Агушев – № 2000126710/03; заявлено 10.10.2002; опубл. 27.02.2003 Бюл. № 6.

4. Кожникова Е. А. Оценка влияния водоцементного отношения на прочность бетона с активированным цементом [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. – 2017. – № 1. – Режим доступа: ivdon.ru/uploads/article/pdf/IVD_131_Kozhnikova.pdf_b538a3eaa3.pdf.

5. Макаров Ю. А. Химическое сопротивление бетонополимеров: дисс. …канд. тех. наук. – Саранск, 2000.– 211 с.

6. Моргун В. Н., Пушенко О. В. О структуре фибропенобетонов [Электронный ресурс] // Инженерный вестник Дона. – 2012. – № 3. – Режим доступа: ivdon.ru/ru/magazine/archive/n3y2012/955.

7. Панчина А. А., Кильдеев И. Р., Терешкин И. П. Эффективная добавка для цементных сырьевых смесей на основе природных цеолитосодержащих пород Республики Мордовия // Огарев-online [Электронный ресурс]. – 2016. – № 5. – Режим доступа: http://journal.mrsu.ru/arts/effektivnaya-dobavka-dlya-cementnyx-syrevyx-smesej-na-osnove-prirodnyx-ceolitosoderzhashhix-porod-respubliki-mordoviya.

8. Балыков А. С., Низина Т. А., Коровкин Д. И., Володин В. В., Каштанов А. А., Каштанова Е. А. Высокопрочные мелкозернистые бетоны на основе природного и техногенного сырья [Электронный ресурс] // Огарев-online. – 2017. – № 11. – Режим доступа: http://journal.mrsu.ru/arts/vysokoprochnye-melkozernistye-betony-na-osnove-prirodnogo-i-texnogennogo-syrya.