

УДК 691.12

ВЛИЯНИЕ ХИМИЧЕСКИХ ДОБАВОК НА СВОЙСТВА ЦЕМЕНТНОГО КАМНЯ ПРИ РАЗРАБОТКЕ СОСТАВОВ СТЕНОВЫХ БЛОКОВ НА РАСТИТЕЛЬНОЙ ОСНОВЕ

А.Н. Ягубкин, А.А. Бакатович

Полоцкий государственный университет имени Евфросинии Полоцкой, Республика Беларусь
e-mail: a.yagubkin@psu.by, a.bakatovich@psu.by

Р.С. Дембицкий

ТОО «Adal Damytu Kompaniasy», Астана, Республика Казахстан
e-mail: LGASTANA@mail.ru

Приведены результаты исследований по определению влияния химических добавок на сроки схватывания цементного теста нормальной густоты и прочность цементного камня. Установлено, что критерию эффективности полностью соответствуют добавки: гиперпластификатор с ускоряющим эффектом и комплексная добавка суперпластификатора и ускорителя твердения.

Ключевые слова: цемент, химическая добавка, нормальная густота, сроки схватывания, прочность при сжатии.

INFLUENCE OF CHEMICAL ADDITIVES ON THE PROPERTIES OF CEMENT STONE IN THE DE-VELOPMENT OF PLANT-BASED WALL BLOCK COMPOSITIONS

A. Yagubkin, A. Bakatovich

Euphrosyne Polotskaya State University of Polotsk, Republic of Belarus
e-mail: a.yagubkin@psu.by, a.bakatovich@psu.by

R. Dembitski

TOO «Adal Damytu Kompaniasy», Astana, Republic of Kazakhstan
e-mail: LGASTANA@mail.ru

The results of studies to determine the influence of chemical additives on the setting time of cement paste of normal thickness and the strength of cement stone are presented. It has been established that the additives fully meet the efficiency criterion: a hyperplasticizer with an accelerating effect and a complex additive of a superplasticizer and hardening accelerator.

Keywords: cement, chemical additive, normal density, setting time, compressive strength.

Введение. Вовлечение в производство отходов и получение из них новых видов изделий – одно из главных направлений в промышленности строительных материалов. В настоящее время во всём мире особое внимание в технологиях получения конструкционно-теплоизоляционных материалов уделяется использованию отходов растительного происхождения (древесины, костры льна, рисовой лузги, стеблей кукурузы, соломы и т.п.) [1–3]. Многочисленные теоретические и экспериментальные исследования показывают, что наиболее подходящим сырьём для изготовления конструкционно-теплоизоляционных материалов являются сельскохозяйственные отходы, образующиеся после сбора и переработки урожая зерновых культур.

В опубликованных работах [3–8] отмечается, что основной сложностью при производстве изделий из растительных отходов является снижение вредного влияния органического заполнителя на процессы набора прочности цементным вяжущим. Это связано с тем, что на прочность отрицательно влияют многие вещества, содержащиеся в растительном заполнителе. К ним относятся в первую очередь гемицеллюлозы, крахмал и экстрактивные вещества.

Одним из самых эффективных и малозатратных способов нейтрализации таких веществ является модификация цементного вяжущего растворами химических соединений [6–8]. Наиболее распространёнными добавками для нейтрализации вредных веществ, выделяемых из органического заполнителя, являются ускорители твердения и добавки-пластификаторы (за счёт снижения водоцементного отношения). Поэтому, выбор вида и расхода добавки для регулирования структурно-механических характеристик материала с растительным заполнителем является актуальной задачей.

Материалы и методы исследований. В работе использовали портландцемент марки 42,5Н ГОСТ 30108-2020 (ПЦ500Д0) производства РПТУП «Управляющая компания холдинга «Белорусская цементная компания». Для модификации цементного теста применяли гиперпластификатор с ускоряющим эффектом «Frem S-SB», на основе поликарбоксилата, суперпластификатор «Frem C-3 B», ускоритель твердения – серноокислый алюминий (сульфат алюминия), а также комплексную добавку, содержащую суперпластификатор «Frem C-3 B» и ускоритель твердения – серноокислый алюминий.

Нормальную густоту и сроки схватывания цементного теста определяли по ГОСТ 310.3 [9]. Для цементного теста без добавок показатель нормальной густоты (НГЦТ) равен 32,5%, время начала схватывания составило 270 мин, конец схватывания наступил через 330 мин.

При подборе расхода добавок определяли нормальную густоту цементного теста, сроки схватывания и прочность на сжатие образцов-кубов с размером ребра 20 мм. С помощью гидравлического пресса ПГМ-500 МГ4А (Российская Федерация) исследовали прочность на сжатие образцов по ГОСТ 10180 [10].

Основная часть. Целью исследований являлось определение влияния химических добавок на сроки схватывания цементного теста и прочность цементного камня.

Граничные значения расходов добавок приняты на основании требований ГОСТ 30459 [11] и рекомендаций производителей. Результаты приведены в таблице 1.

Ускорить набор прочности для максимально быстрой распалубки образцов являлось основной целью введения химических добавок. В качестве критерия эффективности по СТБ 1112 [12] для добавок ускорителей твердения принимался критерий: повышение прочности цементного камня на 20% и более в возрасте 1 суток нормального твердения и на 30% и более в возрасте 2 суток.

Добавка гиперпластификатора с ускоряющим эффектом в количестве 1,1% от массы цемента (состав 1.2) сократила начало схватывания цементного теста на 85,2%, конец схватывания на 27,3%. При увеличении дозировки до 1,5% от массы цемента (состав 1.4) начало схватывания снизилось на 92,6%, конец схватывания на 45,5%. Присутствие добавки обеспечило уменьшение нормальной густоты цементного теста с 27,6% (состав 1.2) до 24,4% (состав 1.4).

При введении 2% от массы цемента ускорителя твердения – серноокислого алюминия (состав 1.5) сроки схватывания сокращаются: начало схватывания на 81,5%, конец схватывания на 42,4%. Повышение дозировки до 4% (состав 1.7) приводит к снижению начала схватывания на 88,9%, конца схватывания на 81,9%. Нормальная густота цементного теста для всех составов с добавкой соответствовала бездобавочному составу – 32,5%.

Содержание суперпластификатора «Frem С-3 В» в количестве 0,5% (состав 1.8) уменьшает время начала схватывания на 81,5%, а конца схватывания – на 12,1%. При дозировке добавки равной 1% (состав 1.10) начало схватывания сокращается на 85,2%, а конец схватывания – на 24,2%. Показатель нормальной густоты цементного теста понизился на 2% и составил 26% (состав 1.10).

Применение комплексной добавки в составе 1.11 понижает время начала схватывания на 85,2%, конца схватывания на 25,8%; в составе 1.13 начало схватывания сокращается на 92,6%, конец схватывания на 45,5%. При этом значение показателя нормальной густоты цементного теста уменьшилось на 2,8% до 24,8% (состав 1.13).

Таблица 1. – Влияние расхода химических добавок на прочность цементного камня

Шифр состава	Расход цемента, г	Расход воды, мл	НГЦТ, %	Вид и расход добавки, % от массы цемента	Прочность на сжатие, МПа		Выполнение критерия эффективности ускорителя твердения [12] через 1 сутки (2 суток)
					1 сутки	2 сутки	
1.1	400	130	32,5	-	2,30	7,00	-
1.2	400	111	27,6	Frem S-SB, 1,1	2,35	7,25	Нет (нет)
1.3	400	104	26,1	Frem S-SB, 1,3	2,51	8,11	Нет (нет)
1.4	400	98	24,4	Frem S-SB, 1,5	3,25	9,12	Да (да)
1.5	400	130	32,5	Al ₂ (SO ₄) ₃ , 2	2,31	7,12	Нет (нет)
1.6	400	130	32,5	Al ₂ (SO ₄) ₃ , 3	2,85	8,25	Да (нет)
1.7	400	130	32,5	Al ₂ (SO ₄) ₃ , 4	1,00	4,25	Нет (нет)
1.8	400	112	28,0	Frem C-3 В, 0,5	2,41	7,45	Нет (нет)
1.9	400	104	26,0	Frem C-3 В, 0,7	2,60	7,47	Нет (нет)
1.10	400	104	26,0	Frem C-3 В, 1	2,69	7,50	Нет (нет)
1.11	400	111	27,6	Frem C-3 В, 0,7 Al ₂ (SO ₄) ₃ , 0,3	2,61	7,65	Нет (нет)
1.12	400	100	25,0	Frem C-3 В, 0,7 Al ₂ (SO ₄) ₃ , 0,5	3,19	9,10	Да (да)
1.13	400	99	24,8	Frem C-3 В, 0,7 Al ₂ (SO ₄) ₃ , 0,7	3,21	9,11	Да (да)

Прочность цементного камня при введении гиперпластификатора с ускоряющим эффектом в количестве 1,1% от массы цемента (состав 1.2) практически не изменяется по сравнению с бездобавочным составом (состав 1.1). При введении добавки в количестве 1,5% (состав 1.4) в 1 сутки твердения прочность повышается на 41,3%, во 2 сутки – на 30,3%.

Применение ускорителя твердения (сернокислого алюминия при дозировке 1–2% от массы цемента) не выявило увеличения прочности за 1 и 2 сутки твердения. Дозировка добавки 3% (состав 1.6) позволяет увеличить прочность в 1 сутки твердения на 23,9%, во 2 сутки – на 17,9%. При дозировке 4% от массы цемента (состав 1.7) наблюдается значительное снижение прочности в 1 и 2 сутки твердения – на 56,5% и 39,3% соответственно.

При введении 0,5% от массы цемента суперпластификатора «Frem С-3 В» (состав 1.8) за 1 и 2 сутки твердения прочность повышается незначительно. Дозировка 1% (состав 1.10) позволяет поднять прочность в 1 сутки на 17%, а после 2 суток – на 7,1%.

Комплексная добавка (состав 1.11) увеличивает прочность в 1 сутки твердения на 13,5%, во 2 сутки – на 9,3%. Для состава 1.13 прочность в 1 сутки повышается на 39,6%, во 2 сутки на 30,1%.

Полученные данные (таблица 1) свидетельствуют о том, что критерию эффективности полностью соответствует гиперпластификатор с ускоряющим эффектом «Frem S-SB» (состав 1.4) и комплексная добавка суперпластификатор и ускоритель твердения (составы 1.12, 1.13).

Заключение. Исследуемые добавки сокращают начало схватывания цементного теста более чем на 85%, а конец схватывания – на 25–45%. При этом прочность на сжатие цементного камня в 1 сутки твердения увеличивается до 40%, во вторые сутки твердения – до 30%.

В дальнейших экспериментах при разработке составов стеновых блоков планируется использовать добавку гиперпластификатора с ускоряющим эффектом в количестве 1,5% от массы цемента и комплексную добавку суперпластификатора с ускорителем твердения в количестве 0,7 и 0,5% от массы цемента соответственно (составы 1.4 и 1.12), а также определить следующие характеристики конструкционно-теплоизоляционных стеновых материалов на основе растительного сырья: среднюю плотность, коэффициент теплопроводности, прочность на сжатие, давление формования, время выдержки образца в форме.

ЛИТЕРАТУРА

1. Kevern, T.T. Effects of macrosynthetic fibers on pervious concrete properties / T.T. Kevern, D. Biddle, Q. Cao // *J Mater. Civ. Eng.* – 2015. – №27. – P. 9.
2. Chowdhury, S. The incorporation of wood waste ash as a partial cement replacement material for making structural grade concrete: An overview / S. Chowdhury, M. Mishra, O. Suganya // *Ain Shams Engineering Journal.* – 2015. – №6. – P. 429-437.
3. Koohestani, B. Experimental investigation of mechanical and microstructural properties of cemented paste backfill containing maple-wood filler / B. Koohestani, A. Koubaa, T. Belem, B. Bussière, H. Bouzahzah // *Construction and Building Materials.* – 2016. – №121. – P. 222-228.
4. Bouguerra, A. Effect of microstructure on the mechanical and thermal properties of lightweight concrete prepared from clay, cement, and wood aggregates / A. Bouguerra, A. Ledhem, F. de Barquin, R.M. Dheilly, M. Que'neudec // *Cement and Concrete Research.* – 1998. – Vol. 28. – №8. – P. 1179-1190.
5. Wang, L. Mixture design and reaction sequence for recycling construction wood waste into rapid-shaping magnesia–phosphate cement particleboard / L. Wang, Iris K. M. Yu, Daniel C. W. Tsang, Shuang Li, and Chi Sun Poon // *Ind. Eng. Chem. Res.* – 2017. – 56(23). – P. 6645–6654.
6. Costa H. Influence of lightweight aggregates concrete on the bond strength of concrete-to-concrete interfaces / H. Costa, R.N.F. Carmo, E. Júlio // *Construction and Building Materials.* – 2018. – №180. – P. 519-530.
7. Kiang, H.T. Use of waste glass as sand in mortar : Part I Fresh, mechanical and durability properties / H.T. Kiang, D. Hongjian // *Cement & Concrete Composites.* – 2013. – № 35. – P. 109–117.
8. Долгонок, А.В. Оценка перспективности использования растительных заполнителей для стеновых блоков на основе физических параметров сырья / А.В. Долгонок, А.А. Бакатович // *Архитектурно-строительный комплекс : проблемы, перспективы, инновации : электронный сборник статей II международной научной конференции, Новополоцк, 28–29 нояб. 2019 г. / Полоцкий государственный университет ; под ред. Л.М. Парфеновой.* – Новополоцк : Полоц. гос. ун-т, 2020. – С. 297-305.
9. Цементы. Методы определения нормальной плотности, сроков схватывания и равномерности изменения объема : ГОСТ 310.3-76. – Введ. 01.01.78. – Москва : Стройиздат : Министерство промышленности строительных материалов СССР, 1977. – 9 с.
10. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам : ГОСТ 10180-2012. – Введ. 01.02.2016. – Москва : НИИЖБ, 2012. – 36 с.
11. Добавки для бетонов. Методы определения эффективности : ГОСТ 30459-96. – Введ. 01.01.98. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : НИИЖБ РФ, 1998. – 40 с.
12. Добавки для бетонов. Общие технические условия : СТБ 1112-98. – Введ. 01.01.99. – Минск : Минстройархитектуры Республики Беларусь : РУП "СТРОЙТЕХНОРМ", г. Минск, 1999. – 40 с.