

DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-8-20-28

^{1,*}Кайс Х.А., ²Богданов Р.Р., ²Морозова Н.Н., ²Мавлюбердинов А.Р., ³Сулейманова Л.А.¹Университет Саны²Казанский государственный архитектурно-строительный университет³Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова

ВЛИЯНИЕ СУПЕРПЛАСТИФИЦИРУЮЩИХ ДОБАВОК НА ОСНОВЕ ЭФИРА ПОЛИКАРБОКСИЛАТА НА СВОЙСТВА ГИПСОЦЕМЕНТНО-ПУЦЦОЛАНОВОГО ВЯЖУЩЕГО

Аннотация. Эффективными модификаторами структуры и свойств бетона на основе гипсоцементно-пуццоланового вяжущего (ГЦПВ), являются химические добавки. Среди широкого спектра химических добавок можно выделить суперпластифицирующие добавки. Наиболее эффективными по водоредуцирующему эффекту, увеличению подвижности и прочности бетона на основе ГЦПВ являются суперпластификаторы на основе эфиров поликарбоксилата. В работе приведены исследования влияния суперпластифицирующих добавок на физико-технические свойства ГЦПВ на основе низкомарочного гипсового и цементного вяжущего, и бинарной активной минеральной добавки, состоящей из цеолитсодержащего мергеля и микрокремнезема. Показано, что введение исследуемых модификаторов позволяет улучшить эксплуатационные свойства изделий на основе ГЦПВ, что выражается в повышении пределов прочности при сжатии и увеличении водостойкости. Получены закономерности изменения водопотребности, сроков схватывания, водоредуцирующего эффекта ГЦПВ-смеси при ее модификации поликарбоксилатными добавками марок «Melflux 2651 F», «Полипласт тип S», «Полипласт тип R», «SPS-06», «SPS-08», «DK-100» и С-3 в сравнении с немодифицированным ГЦПВ, также изучено изменение прочности при сжатии и коэффициента размягчения ГЦПВ-камня с этими добавками. Установлено, что снижение водопотребности ГЦПВ-смеси на 60 % повышает прочность при сжатии образцов ГЦПВ-камня до 220 % по сравнению с контрольным составом. Показано, что наиболее эффективными модификаторами из числа исследованных являются «Полипласт тип S» и «DK-100».

Ключевые слова: суперпластификатор, поликарбоксилат, водопотребность, сроки схватывания, прочность, коэффициент размягчения, гипсоцементно-пуццолановое вяжущее.

Введение. Уникальность гипсовых вяжущих веществ обусловлена их высокой технологичностью и экологичностью [1]. Разработанное на основе гипса гипсоцементнопуццолановое вяжущее (ГЦПВ) позволило сохранить не только его высокие технологические показатели без снижения его водостойкости [2–4], расширить область применения [5–8]. Однако, для изготовления ГЦПВ с высокими физико-механическими показателями недостаточно только применения качественных компонентов, но также требуются эффективные добавки [9–11], позволяющие снизить водопотребность смеси и замедлить сроки схватывания.

На строительном рынке сегодня наблюдается появление новых добавок для улучшения свойств бетонов на моновяжущих, преимущественно на портландцементе. Различные исследования [12–14] изучают влияние суперпластифицирующих добавок (СП) на основные технологические и физико-механические характеристики ГЦПВ. В этих исследованиях подчеркивается, что добавки на основе эфиров поликарбоксилата (ПК) оказывают сильное разжижающее воздействие, приводящее к уменьшению

средней плотности и повышению физико-механических свойств ГЦПВ-камня по сравнению с добавками на основе нафталина сульфокислоты и формальдегида [15, 16].

Известно, что эффективность СП на основе эфиров поликарбоксилата объясняется химической структурой молекул и механизмом их действия в цементных системах. Молекулы таких пластификаторов имеют главную цепь с отрицательными зарядами, которая адсорбируется на частице цемента, а также незаряженные боковые цепочки. Именно эти боковые цепочки создают адсорбционную объемную защитную оболочку вокруг твердых частиц, предотвращая их слипание и способствуя взаимному стерическому отталкиванию [17].

Механизм воздействия ПК добавок на потерю подвижности и скорость затвердевания цементного бетона заключается в замедлении процессов гидролиза и гидратации минералов клинкера портландцемента. Это приводит к замедленному выделению гидроксида кальция в раствор, что замедляет коагуляцию гидратных образований и сближение частиц цемента. Замедление процессов схватывания также вызывается влия-

нием некоторых электролитов, которые, в зависимости от их концентрации в цементном тесте, могут препятствовать коагуляции коллоидного раствора и гидратных образований (рис. 1) [18].

В исследовании [19], автор отмечает, что ключевым фактором эффективности суперпластификатора на основе эфиров поликарбоксилата являются его адсорбционные свойства. Эти свойства определяются молекулярной структурой по-

лимера, химическим окружением и физико-химическими характеристиками поверхности цемента. Высокая концентрация карбоксилатных групп в основной цепи ПК способствует быстрой и полной адсорбции полимеров. Этому способствует большая реакционная поверхность частиц цемента, особенно при преобладании фазы C_3A и присутствии сульфат-ионов в водно-минеральной системе [19].

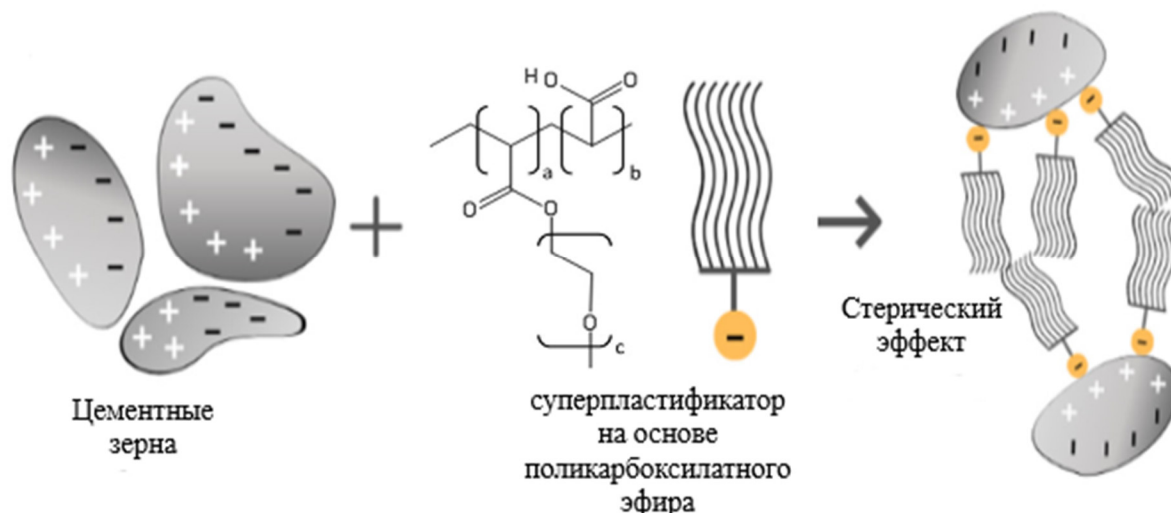


Рис. 1. Схема механизма действия СП на основе эфиров поликарбоксилата

Наибольший пластифицирующий эффект цементных систем обеспечивают «тяжелые» (число молекул в цепи $n = 10 \dots 17$), а не «средние» фракции СП [20].

В связи с вышеизложенным и ввиду отсутствия чёткого химического и структурного состава модификаторов проведено экспериментальное уточнение их эффективности в смесевой композиции ГЦПВ, которое сочетает в себе вещества с кислой (гипсовое вяжущее) и высокощелочной средой (портландцемент) в присутствии активной минеральной добавки, по своему влияющей на совместимость суперпластификаторов с минеральными вяжущими.

Материалы и методы. Для приготовления ГЦПВ использовали следующие материалы:

– низкомарочное гипсовое вяжущее марки Г-5 производства «Abdullingips» по ГОСТ 125-2018 «Вяжущие гипсовые. Технические условия»;

– портландцемент марки ЦЕМ I 42,5Н АО «Мордовцемент» Республика Мордовия, характеристики которого удовлетворяют требованиям ГОСТ 30515-2013 «Цементы. Общие технические условия». химический составы цемента, согласно паспорту производителя, приведены в табл. 1.

Таблица 1

Химические составы цемента и активных минеральных добавок

Название вещества	Оксидное соединение, %						
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	п.п.п.
Цемент	23,37	4,98	4,03	60,38	1,13	2,83	1,73
ЦСП	50,4	7,55	2,62	15,08	2,22	–	19,36
МК-85	84–90	0,38–0,75	1,1–2,3	1,3–1,82	2,8–8,1	1,1–1,11	1,8–3,1

Примечание: Соотношение компонентов ГЦПВ следующие – гипс: портландцемент: микрокремнезем: цеолит природный = 60:25:10:5 масс. ч.

В качестве активных минеральных добавок (АМД) использовали:

– цеолитсодержащий мергель (ЦСП) Татарско – Шатрашанского месторождения РТ, порообразующий минерал – клиноптилолит, представляющего собой порошок светло-серого цвета с удельной поверхностью по ПСХ – 10200 м²/кг;

– микрокремнезем (МК) – Липецкого металлургического комбината марки МК-85, представляющий собой сыпучий, однородный по зерновому составу порошок светло серого цвета, с содержанием SiO₂ – 84–90 % и удельной поверхностью 4700 м²/кг, определенной методом воздухопроцаемости с помощью прибора ПСХ–10, его пуццолановая активность составляет 1450 мг/г.

В качестве суперпластификаторов в работе использовали:

– суперпластификатор Melflux 2641 F производства Degussa Constraction Polymers (SKW Trostberg, Германия) приобретенный в ООО «ЕвроХим-1», представляет собой легко растворимый в воде порошковый продукт, полученный методом распылительной сушки на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата. Технические данные: желтоватый порошок, насыпная плотность – 350...600 г/л, потери при нагревании – макс. 2,0 мас. %, 20 % раствор при 20 °С имеет рН = 6,5–8,5;

– суперпластификатор «Полипласт СП-1» (Пластификатор С-3) – нафталинформальдегидный суперпластификатор для бетонов и строительных растворов, представитель добавки ООО «Полипласт- Казань»;

– суперпластификатор «Полипласт тип R» – поликарбоксилатный эфир, производитель ООО «Полипласт Новомосковск», в виде белого порошка, насыпная плотность – 450...550 г/л, хорошо растворимого в воде;

– суперпластификатор «Полипласт тип S» – высокоэффективный суперпластификатор на основе поликарбоксилатных эфиров в виде порошка, производитель ООО «Полипласт Новомосковск»;

– суперпластификатор «РС-1701» – поликарбоксилатный, в виде сухого порошка белого цвета, с насыпной плотностью – 300–600 кг/м³; влажность ≤ 3 %; воздухововлечение в цементных системах ≤ 6,0 %; содержание активного вещества ≥ 94 % имеет рН – 7,0–8,0; производитель ООО ПП «Комплекс»;

– пластификатор «SPS-08» – высокоэффективный и экологичный поликарбоксилатный пластификатор в форме сухого порошка, произведенный на основе эфира полиэтиленгликоля марки DD-909 (TRIG 2 400) и рекомендуется для использования в составах строительных растворов на неорганическом вяжущем: портландцементе, гипсе, ангидрите, извести, технические данные: насыпная плотность – 500 ± 50 кг/м³; влажность ≤ 3 %; воздухововлечение в цементных системах ≤ 6,0 %; содержание активного вещества 97 ± 1,0 имеет рН – 7,0 ± 1,0; производитель ООО «ЭКОТЕК ПРО»;

– пластификатор «SPS 06» на основе модифицированного полиэфиркарбоксилата, способствует значительному сокращению количества воды, повышению подвижности растворной и бетонной смеси, обеспечивает оптимальную когезию и максимальное самоуплотнение в сочетании с хорошей ранней прочностью. Насыпная плотность – 500 ± 50 кг/м³; влажность ≤ 4 %; воздухововлечение в цементных системах ≤ 6,0 %;

содержание активного вещества 96 ± 1 % имеет рН – 6,0 ± 1,0; производитель ООО «ЭКОТЕК ПРО»;

– пластификатор DK-100 – густая жидкость бледно-желтого цвета, содержащая 50 % твердого вещества, производитель Beijing Dongke United Technologies (Co Ltd. Dongke, Китай), рекомендует для товарного бетона с самоуплотнением, для получения высокой прочности и долговечности бетона. Технические данные: насыпная плотность – 1070 ± 10 кг/м³; концентрация – 50 ± 5 %; воздухововлечение в цементных системах ≤ 5,0 %; содержание активного вещества 96 ± 1% и рН – 7,0 ± 1,0.

Технологические свойства ГЦПВ смеси с исследуемыми СП изучали по снижению водопотребности при фиксированной подвижности, оцениваемой распылом смеси диаметром 180 ± 5 мм с помощью цилиндра (диаметр 50 мм высота 100 мм) и сроки схватывания смеси стандартной консистенции, согласно методике ГОСТ 23789-2018, с помощью прибора Вика с массой подвижной части 300 г. За начало схватывания принимали время, от момента добавления ГЦПВ к воде или водному раствору СП соответствующей дозировки по плану эксперимента до момента, когда свободно опущенная игла прибора Вика после погружения в тесто не доходит до поверхности пластинки, а конец схватывания – когда свободно опущенная игла прибора Вика погружается на глубину не более 1 мм.

Затем приготавливали замес ГЦПВ с СП для формирования двух серии стандартных образцов кубов в формах 3Ф 70×70×70 мм с целью оценки прочности при сжатии на 28 суток твердения в нормально-влажностных условиях.

Основная часть. По полученным результатам рассчитывали водоредуцирующий эффект (Вэ) (рис. 2). Результаты испытаний ГЦПВ смеси и камня приведены в табл. 2.

Как видно из табл. 2, исследуемые СП на основе эфиров поликарбоксилата снижают В/Т в 1,5–2 раза, а большее значение водопотребности у смеси ГЦПВ с добавкой С-3 чем с поликарбоксилатными СП. Суперпластификатор марки «DK-100» по снижению водопотребности ГЦПВ смеси не уступает СП в виде сухих порошков, при этом их количество брали по рабочему раствору.

Как видно из рис. 2, водоредуцирующий эффект существенно зависит от вида СП и его содержания. Наилучший водоредуцирующий эффект получен в ГЦПВ-смеси с СП марок «Полипласт тип S» – 65,67 %, «DK-100» – 63,5 %, и «SPS-08» – 61,11 %, другие СП марок «Полипласт тип R» и «РС-1701» достигают высокого во-

доредуцирующего эффекта при большой их дозировке – 2 % от массы вяжущего. Добавка марки «SPS-06» среди всех исследованных поликарбонатных СП имеет наименьшую эффективность по снижению водопоглощения ГЦПВ смеси. При этом она не замедляет сроки схватывания ГЦПВ-смеси.

СП марки «Melflux 2651 F» в количестве 0,5 % от массы ГЦПВ незначительно ускоряет сроки начала и конца схватывания до 1,5 мин (табл. 2), а с увеличением ее дозировки до 2 %, замедляет твердение в 2 раза. Подобный эффект,

но с большим значением, проявляется в составе с СП марки «Полипласт тип R», «DK-100» и «PC-1701», а при введении всего лишь 0,5 % «Полипласт тип R» замедляется процесс схватывания почти в 2 раза, увеличение ее до 2 % замедляет твердение смеси в 10 раз, тогда как разжижающая ее способность аналогична высокоэффективному СП марки «Melflux 2651 F». Добавки марок «SPS-08», «PC-1701», «DK-100» и «Полипласт тип S», также способствуют замедления процессу схватывания ГЦПВ-смеси.

Таблица 2

Влияние СП на технологические характеристики ГЦПВ смеси

Марка СП	Содержание СП, %	В/Т	Сроки схватывания, мин:сек		Коэффициента размягчения (K_p)
			начало	конец	
контроль	0	0,60	6:10	10:05	0,69
Melflux 2651 F	0,5	0,29	6:00	8:35	0,75
	0,7	0,28	7:26	10:08	0,8
	1	0,26	9:40	11:50	0,82
	1,5	0,25	12:18	14:28	0,86
	2	0,24	15:17	17:28	0,88
С-3	0,5	0,42	5:15	7:14	0,70
	0,7	0,40	5:42	8:57	0,72
	1	0,37	6:33	9:24	0,75
	1,5	0,36	7:12	10:09	0,78
	2	0,35	7:55	10:59	0,8
Полипласт тип R	0,5	0,28	15:20	19:18	0,72
	0,7	0,27	40:10	47:21	0,76
	1	0,26	58:13	76:19	0,79
	1,5	0,24	71:00	89:25	0,81
	2	0,24	87:37	109:5	0,83
Полипласт тип S	0,5	0,28	6:20	7:25	0,80
	0,7	0,27	7:15	8:50	0,83
	1	0,25	11:55	15:07	0,86
	1,5	0,23	23:20	26:45	0,90
	2	0,23	29:20	33:35	0,92
SPS-08	0,5	0,28	9:50	12:15	0,76
	0,7	0,26	24:15	27:2	0,80
	1	0,24	43:5	47:5	0,83
	1,5	0,23	57:25	75:45	0,87
	2	0,23	68:55	87:55	0,89
SPS-06	0,5	0,33	4:20	5:07	0,71
	0,7	0,31	5:03	5:59	0,75
	1	0,30	6:07	7:11	0,77
	1,5	0,29	6:22	7:54	0,80
	2	0,29	6:47	8:31	0,81
DK-100	0,5	0,28	3:30	4:40	0,78
	0,7	0,27	8:10	10:44	0,81
	1	0,26	17:05	21:22	0,84
	1,5	0,24	24:15	29:22	0,87
	2	0,23	31:45	40:55	0,90
PC-1701	0,5	0,31	6:15	8:25	0,73
	0,7	0,29	10:10	12:14	0,78
	1	0,28	16:20	19:34	0,81
	1,5	0,27	27:3	32:43	0,83
	2	0,26	34:53	40:1	0,85

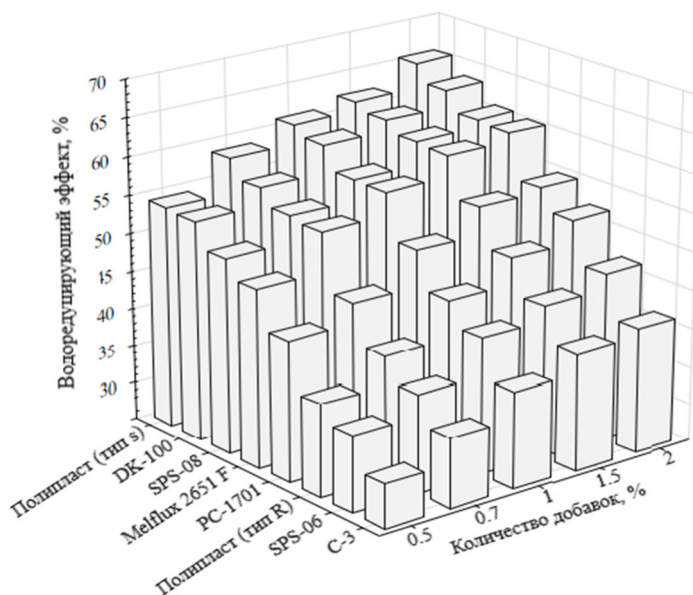


Рис. 2. Зависимость водоредуцирующего эффекта ГЦПВ-смеси от количества СП

Бликие результаты по водопотребности ГЦПВ смеси наблюдаются при применении СП «DK-100» и «Полипласт тип S», но с меньшим эффектом замедления схватывания, тогда как СП марок «SPS-08» и «SPS-06» по технологическим свойствам близки к СП «Полипласт тип S», а по показателям прочности при сжатии не уступает ГЦПВ-камню только с СП марки «SPS-08», но с большей ее дозировкой.

На следующем этапе были выполнены экспериментальные исследования влияния исследуемых СП на предел прочности при сжатии ГЦПВ-камня. Результаты представлены на рис. 3.

Как видно из рис. 2 и 3, все исследованные СП в диапазоне от 0,5 до 2 % способствуют снижению водопотребности и, как следствие, росту прочности при сжатии камня из ГЦПВ. Прочностные показатели ГЦПВ-камня с «PC-1701» выше, чем с добавкой «С-3», но ниже других исследованных модификаторов.

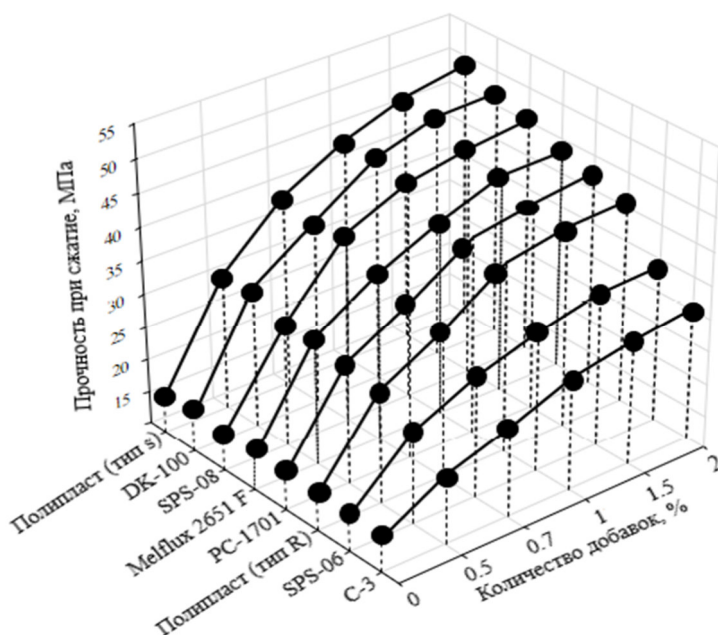


Рис. 3. Прочность при сжатии ГЦПВ-камня с различными СП

Наблюдается существенный рост прочности при сжатии камня из ГЦПВ в исследуемом диапазоне дозировок с СП марки «Полипласт тип S» на 102–220 %; «Melflux 2651 F» – на 94–184 %; добавкой «SPS-08» – на 89–198 %; «DK-100» – на

148–208 %; «PC-1701» – на 89–180 %; «Полипласт тип R» – на 80–170 %; «SPS-06» – на 59–123 % и с «С-3» – на 31–42 %.

Таким образом, снижение количества воды затворения приводит не только к увеличению пределов прочности при сжатии, но и к росту зна-

чения коэффициента размягчения (K_p). По повышению коэффициента размягчения, изученные СП при дозировке 2 %, можно выстроить в следующий ряд: «Полипласт тип S» с $K_p = 0,92$, «DK-100» – 0,9, «SPS-08» – 0,89, «Melflux 2651 F» – до 0,88, «PC-1701» – 0,85, «Полипласт тип R» – 0,83, «SPS-06» – 0,81 и добавка С-3 – 0,8.

Выводы.

1. Проведено исследование влияния суперпластификаторов (СП) на структуру и характеристики гидратирующегося ГЦПВ с целью определения наиболее подходящей марки суперпластификатора для достижения высоких эксплуатационных характеристик изделий на его основе.

2. Суперпластификатор "Melflux 2651 F" в дозировке 0,5 % от массы вяжущего незначительно ускоряет процесс начала и завершения схватывания, тогда как его увеличение до 2 % приводит к замедлению начала и завершения процесса схватывания на 9–11 минут.

3. Наибольшее замедление процесса схватывания ГЦПВ-теста наблюдается при использовании добавки "Полипласт (тип R)": при введении от 0,5 до 2 % данной добавки начало схватывания замедляется на 9–81 минут, а завершение – на 13–104 минут, при этом прочность ГЦПВ-камня увеличивается.

4. Наибольшим водоредуцирующим эффектом из числа исследуемых СП обладает «Полипласт тип S» при дозировке 2 % и составляет 65,7 %.

5. При введении в ГЦПВ жидкого СП марки «DK-100» в количестве 2 % технологические и технические показатели подобны или выше СП в виде сухого порошка.

6. Изучение влияния СП на физико-механические свойства ГЦПВ показало, что наиболее эффективными из числа исследованных добавок являются СП марок «Полипласт тип S»; «DK-100», «SPS-08» и «Melflux 2651 F». Твердение ГЦПВ с добавкой «Полипласт тип S» при дозировке от 0,5 % до 2 % показало увеличение прочности при сжатии на 102–220 %, соответственно; с «DK-100» при аналогичных дозировках – на 148–208 %; с «SPS-08» – на 89–198 %.

Таким образом, наилучшие технологические и физико-механические показатели ГЦПВ получены с СП марок «Полипласт тип S» и «DK-100». Эти добавки позволили получить не только высокие прочностные показатели при сжатии (49 МПа и 47 МПа соответственно), но и хорошую подвижность теста (185 мм) при низком В/Т отношении и достаточном времени для формования изделий.

БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Волженский А.В., Буров Ю.С., Колокольников Ю.С. Минеральные вяжущие вещества. (Технология и свойства). М.: Стройиздат. 1986. 476с.
2. Ферронская А.В., Коровяков В.Ф., Баранов И.М., Бурьянов А.Ф., Лосев Ю.Г., Поплавский В.В., Шишин А.В. Гипс в малоэтажном строительстве. М.: Изд-во АСВ. 2008. 240 с.
3. Петропавловская В.Б., Бурьянов А.Ф., Новиченкова Т.Б. Малоэнергоёмкие гипсовые материалы и изделия на основе отходов промышленности // Строительные материалы. 2006. Вып. 7. С. 8–9.
4. Рахимов Р.З., Халиуллин М.И. Состояние и тенденции развития промышленности гипсовых строительных материалов // Строительные материалы. 2010. № 12. С. 44–46.
5. Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z. Reaction products, structure and properties of alkali-activated metakaolin cements incorporated with supplementary materials a review // Journal of Materials Research and Technology. 2019. Vol. 8(1). Pp. 1522–1531. DOI: 10.1016/j.jmrt.2018.07.006.
6. Гордина А.Ф., Полянских И.С., Токарев Ю.В., Бурьянов А.Ф., Сеньков С.А. Водостойкие гипсовые материалы, модифицированные цементом, микрокремнеземом и наноструктурами // Строительные материалы. 2014. № 6. С. 35–37.
7. Изотов В.С., Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов А.Р. Исследование влияния активных минеральных добавок на реологические и физико-механические свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Строительные материалы. 2015. № 5. С. 20–23. DOI: 10.31659/0585-430X-2015-725-5-20-23.
8. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г. Реологические характеристики водных суспензий композиционного гипсового вяжущего и его компонентов // Известия Казанского государственного архитектурно-строительного университета. 2009. № 2 (12). С. 263–268.
9. Roldán W.L. Pozzolanic materials for use in special binders based on gypsum, PhD Thesis. Universitat Politècnica de València. 2011.
10. Мухаметрахимов Р.Х., Галаутдинов, А.Р. Лукманова Л.В. Влияния пластифицирующих добавок на основные свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного и техногенного сырья // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 382–387.
11. Сагдатуллин Д.Г., Морозова Н.Н., Хозин В.Г., Власов В.В. Высокопрочное гипсоцементно-цеолитовое вяжущее // Строительные материалы. 2010. № 2. С. 53–55.
12. Потапова Л.И., Кайс Х.А., Галиев Т.Ф. Влияние добавок поликарбоксилатного типа на

технологические свойства ГЦПВ // Влияние науки на инновационное развитие. 2016. № 6. С. 134–137.

13. Butakova M.D., Gorbunov S.P. Study of the Influence of Complex Additives on Properties of the Gypsum-Cement Pozzolan Binder and Concretes on its Basis // Procedia Eng. Elsevier. 2016. Vol. 150. Pp. 1461–1467. DOI: 10.1016/j.pro-eng.2016.07.082.

14. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S. Gypsum compositions with complex structure modifiers // Building Materials. 2016. Vol. 1-2. Pp. 90–95. DOI: 10.31659/0585-430X-2016-733-734-1-2-90-95.

15. Коровяков В.Ф. Модифицирование свойств гипсовых вяжущих органоминеральным модификатором // Сухие строительные смеси. 2013. № 3. С. 15–17.

16. Галаутдинов А.Р., Мухаметрахимов Р.Х. Повышение водостойкости гипсоцементно-пуццоланового вяжущего на основе низкомарочного

гипса // Известия КГАСУ. 2016. № 4 (38). С. 333–343.

17. Al-Neshawy F., Ojala T., Punkki J. Stability of Air Content in Fresh Concretes with PCE-Based Superplasticizers // Nord. Concr. Res. 2019. Vol. 60. Pp. 145–158. DOI: 10.2478/ncr-2019-0093.

18. Yamada K., Takahashi O., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type super-plasticizer // Cement and Concrete Research. 2000. Vol. 30(2). Pp. 197–207.

19. Qian Y., Lesage K., El Cheikh K., De Schutter G. Effect of polycarboxylate ether superplasticizer (PCE) on dynamic yield stress, thixotropy and flocculation state of fresh cement pastes in consideration of the Critical Micelle Concentration (CMC) // Cem. Concr. Res. 2018, Vol. 107. Pp. 75–84. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.02.019.

20. Тараканов О.В. Химические добавки в растворы и бетоны: монография. Пенза: ПГУАС. 2016. 156 с.

Информация об авторах

Кайс Хамза Абдулмалек, исследователь. E-mail: hamza.qais@mail.ru. Университет Саны. 13064, г. Сана, Республика Йемен.

Богданов Руслан Равильевич, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства. E-mail: bogdanov.r.r@yandex.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Морозова Нина Николаевна, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительных материалов, изделий и конструкций. E-mail: ninamor@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Мавлюбердинов Азат Рашидович, кандидат технических наук, доцент кафедры технологии строительного производства. E-mail: mazatr73@mail.ru. Казанский государственный архитектурно-строительный университет. Россия, 420043, Казань, ул. Зеленая, д. 1.

Сулейманова Людмила Александровна, доктор технических наук, профессор, заведующий кафедрой строительства и городского хозяйства. E-mail: ludmilasuleymanova@yandex.ru. Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова. Россия, 308012, Белгород, ул. Костюкова, д. 46.

Поступила 03.05.2024 г.

© Кайс Х.А., Богданов Р.Р., Морозова Н.Н., Мавлюбердинов А.Р., Сулейманова Л.А., 2024

^{1,*}Qais H.A., ²Bogdanov R.R., ²Morozova N.N., ²Mavlyuberdinov A.R., ³Suleymanova L.A.

¹University of Sana'a

²Kazan State University of Architecture and Engineering

²Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov

*E-mail: hamza.qais@mail.ru

INFLUENCE OF SUPERPLASTIFYING ADDITIVES BASED ON POLYCARBOXYLATE ETHER ON THE PROPERTIES OF GYPSOCETMENT-POZZOLANIC BINDER

Abstract. Effective modifiers of the structure and properties of concrete based on gypsum-cement-pozzolan binder are chemical additives. Among a wide range of chemical additives, superplasticizing additives can be distinguished. The most effective in terms of water-reducing effect, increasing the mobility and strength of concrete based on gypsum-cement-pozzolan binder are superplasticizers based on polycarboxylate ethers.

The paper presents studies of the influence of superplasticizing additives on the physical and technical properties of gypsum-cement-pozzolanic binder based on low-grade gypsum and cement binders, and a binary active mineral additive consisting of zeolite-containing marl and microsilica. It has been shown that the introduction of the studied modifiers makes it possible to improve the performance properties of products based on gypsum-cement-pozzolanic binder, which is expressed in an increase in compressive strength and an increase in water resistance. Patterns of changes in water demand, setting time, and water-reducing effect of the gypsum-cement-pozzolanic binder mixture were obtained when it is modified with polycarboxylate additives of the following grades: "Melflux 2651 F", "Polyplast type S", "Polyplast type R", "SPS-06", "SPS-08", "DK-100" and C-3 in comparison with unmodified HCPV, the change in strength with compression and softening coefficient of gypsum-cement-pozzolanic binder stone with these additives. It has been established that reducing the water requirement of the gypsum-cement-pozzolanic binder mixture by 60% increases the compressive strength of gypsum-cement-pozzolanic binder stone samples by 220 % compared to the control composition. It has been shown that the most effective modifiers among those studied are "Polyplast type S" and "DK-100".

Keywords: superplasticizer, polycarboxylate, water requirement, setting time, strength, softening coefficient, gypsum-cement-pozzolanic binder

REFERENCES

1. Volzhensky A.V., Burov Yu.S., Kolochnikov Yu.S. Mineral binders. (Technology and properties) [Mineral'nyye vyazhushchiye veshchestva. (Tekhnologiya i svoystva)]. M.: Izd-va, 1986. 476 p. (rus)
2. Ferronskaya A.V., Korovyakov V.F., Baranov I.M., Buryanov A.F., Losev Y.G., Poplavsky V.V., Shishin A.V. Gypsum in low-rise construction [Gips v maloetazhnom stroitel'stve]. M.: Izd-va ASV, 2008. 240 p. (rus)
3. Petropavlovskaya V.B., Buryanov A.F., Novichenkova T.B. Low-energy gypsum materials and products based on industrial waste [Maloenergozemkiye gipsovyye materialy i izdeliya na osnove otkhodov promyshlennosti]. Construction materials. 2006. No 7. Pp. 8–9. (rus)
4. Rakhimov R.Z., Khaliullin M.I. State and trends in the development of the gypsum building materials industry [Sostoyaniye i tendentsii razvitiya promyshlennosti gipsovykh stroitel'nykh materialov]. Construction Materials. 2010. No. 12. Pp. 44–46. (rus)
5. Rakhimova N.R., Rakhimov R.Z. Reaction products, structure and properties of alkali-activated metakaolin cements incorporated with supplementary materials – a review. Journal of Materials Research and Technology. 2019. No 8(1). Pp. 1522–1531. DOI: 10.1016/j.jmrt.2018.07.006.
6. Gordina A.F., Polyanskikh I.S., Tokarev Y.V., Buryanov A.F., Senkov S.A. Waterproof gypsum materials modified with cement, microsilica and nanostructures [Vodostoykiye gipsovyye materialy, modifitsirovannyye tsementom, mikrokremnezemom i nanostrukturami]. Construction materials. 2014. No. 6. Pp. 35–37. (rus)
7. Izotov V.S., Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov A.R. Study of the influence of active mineral additives on the rheological and physical-mechanical properties of gypsum-cement-pozzolanic binder [Issledovaniye vliyaniya aktivnykh mineral'nykh dobavok na reologicheskiye i fiziko-mekhanicheskiye svoystva gipsotsementno-putstsolanovogo vyazhushchego]. Construction materials. 2015, No. 5. Pp. 20–23. DOI: 10.31659/0585-430X-2015-725-5-20-23. (rus)
8. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G. Rheological characteristics of aqueous suspensions of composite gypsum binder and its components [Reologicheskiye kharakteristiki vodnykh suspenziy kompozitsionnogo gipsovogo vyazhushchego i yego komponentov]. News of the Kazan State University of Architecture and Construction. 2009. No. 2 (12). Pp. 263–268. (rus)
9. Roldán W. L., Pozzolanic materials for use in special binders based on gypsum, PhD Thesis. Universitat Politècnica de València, 2011.
10. Mukhametrakhimov R.Kh., Galautdinov, A.R., Lykmanova L.V. The influence of plasticizing additives on the basic properties of gypsum-cement-pozzolanic binder based on low-grade and technogenic raw materials [Vliyaniya plastifitsiruyushchikh dobavok na osnovnyye svoystva gipsotsementno-putstsolanovogo vyazhushchego na osnove nizkomarochnogo i tekhnogennogo syr'ya]. Izvestia KGASU. 2016. No 4 (38). Pp. 382–387. (rus)
11. Sagdatullin D.G., Morozova N.N., Khozin V.G., Vlasov V.V. High-strength gypsum-cement-zeolite binder [Vysokoprochnoye gipsotsementnotseolitovoye vyazhushcheye]. Building materials. 2010. No. 2. Pp. 53–55. (rus)
12. Potapova L.I., Qais H.A., Galiev T.F. Influence of polycarboxylate type additives on the technological properties of GCPB [Vliyaniye dobavok polikarboksilatnogo tipa na tekhnologicheskiye svoystva GTSPV]. The influence of science on innovative development. 2016. No. 6. Pp. 134–137. (rus)

13. Butakova M.D., Gorbunov S.P. Study of the Influence of Complex Additives on Properties of the Gypsum-CementPuzzolan Binder and Concretes on its Basis. *Procedia Eng.* Elsevier. 2016. Vol. 150. Pp. 1461–1467. DOI: 10.1016/j.proeng.2016.07.082
14. Gordina A.F., Yakovlev G.I., Polyanskikh I.S. Gypsum compositions with complex structure modifiers. *Building Materials*. 2016. No 1-2. Pp. 90–95. DOI: 10.31659/0585-430X-2016-733-734-1-2-90-95
15. Korovyakov V.F. Modification of the properties of gypsum binders with an organomineral modifier [Modifitsirovaniye svoystv gipsovykh vyazhushchikh organomineral'nym modifikatorom]. *Dry construction mixtures*. 2013. No. 3. Pp. 15–17. (rus)
16. Galautdinov A.R., Mukhametrakhimov R.Kh. Increasing the water resistance of gypsum-cement-pozzolanic binder based on low-grade gypsum [Povysheniye vodostoykosti gipsotsementno-putstsolanovogo vyazhushchego na osnove nizkomarochного gipsa]. *Izvestia KGASU*. 2016. No. 4 (38). Pp. 333–343. (rus)
17. Al-Neshawy F., Ojala T., Punkki J. Stability of Air Content in Fresh Concrete with PCE-Based Superplasticizers. *Nord. Concr.Res.* 2019. Vol. 60. Pp. 145–158. DOI: 10.2478/ncr-2019-0093.
18. Yamada K., Takahashi O., Hanehara S., Matsuhisa M. Effects of the chemical structure on the properties of polycarboxylate-type super-plasticizer. *Cement and Concrete Research*. 2000. Vol. 30 (2). Pp. 197–207.
19. Qian Y., Lesage K., El Cheikh K., De Schutter G. Effect of polycarboxylate ether superplasticizer (PCE) on dynamic yield stress, thixotropy and flocculation state of fresh cement pastes in consideration of the Critical Micelle Concentration (CMC). *Cem. Concr. Res.* 2018. Vol. 107. Pp. 75–84. DOI: 10.1016/j.cemconres.2018.02.019
20. Tarakanov O.V. Chemical additives in mortars and concretes: monograph [Khimicheskiye dobavki v rastvory i betony: monografiya]. Penza: PGUAS, 2016. 156 p. (rus)

Author information

Qais, Hamza A. Postgraduate researchers of the Faculty of Engineering. E-mail:hamza.qais@mail.ru. University of Sana'a, Republic of Yemen, 13064, Sana'a.

Bogdanov, Ruslan R. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Technology. E-mail:bogdanov.rr@yandex.ru. Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 420043, Kazan, Zelenaya st., 1.

Morozova, Nina N. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Technology of Building Materials, Products and Structures. E-mail:ninamor@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 420043, Kazan, Zelenaya st., 1.

Mavlyuberdinov, Azat R. Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Department of Construction Technology. E-mail:mazatr73@mail.ru. Kazan State University of Architecture and Civil Engineering, Russia, 420043, Kazan, Zelenaya st., 1.

Suleymanova, Lyudmila A. Doctor of Technical Sciences, Professor, Head of the Department of Construction and Urban Economy. E-mail: ludmilasuleimanova@yandex.ru. Belgorod State Technological University named after. V.G. Shukhova. Russia, 308012, Belgorod, Kostyukova st., 46.

Received 03.05.2024

Для цитирования:

Кайс Х.А., Богданов Р.Р., Морозова Н.Н., Мавлюбердинов А.Р., Сулейманова Л.А. Влияние суперпластифицирующих добавок на основе эфира поликарбоксилата на свойства гипсоцементно-пуццоланового вяжущего // Вестник БГТУ им. В.Г. Шухова. 2024. №8. С. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-8-20-28

For citation:

Qais H.A., Bogdanov R.R., Morozova N.N., Mavlyuberdinov A.R., Suleymanova L.A. Influence of superplasticizing additives based on polycarboxylate ether on the properties of gypsocement-pozzolanic binder. *Bulletin of BSTU named after V.G. Shukhov*. 2024. No. 8. Pp. 20–28. DOI: 10.34031/2071-7318-2024-9-8-20-28