

DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-25-32

*Аниканова Т.В. *, кандидат технических наук, доцент,
Погоромский А.С., доцент,*

Белгородский государственный технологический университет им. В.Г. Шухова, Россия

*Ответственный автор E-mail: anik-tv@yandex.ru

ПРИМЕНЕНИЕ ПОЛУВОДНОГО СУЛЬФАТА КАЛЬЦИЯ ДЛЯ ИНТЕНСИФИКАЦИИ ПРОЦЕССОВ ТВЕРДЕНИЯ КОНСТРУКЦИОННО-ТЕПЛОИЗОЛЯЦИОННОГО ПЕНОБЕТОНА

Аннотация: строительство энерго- и ресурсосберегающего жилья повышенной комфортности предполагает создание более эффективных строительных материалов по сравнению с традиционными и новых конструкций ограждения зданий с улучшенными теплотехническими свойствами. Проблема энергосбережения в строительстве определила направление создания и производства эффективных дешевых материалов с высокими теплофизическими свойствами. Одним из наиболее перспективных материалов такого типа является экологически чистый, не горючий ячеистый пенобетон.

Большой практический интерес представляет проблема ускорения схватывания и твердения пенобетонных смесей, так как это позволяет ускорить оборачиваемость форм и сократить промежуток времени от изготовления до отправки готового изделия потребителю.

Однако, в большинстве случаев отечественные пенообразователи производятся и применяются без дополнительного ввода регуляторов схватывания и твердения. Это обусловлено тем, что недостаточно исследована совместимость последних с основной добавкой – пенообразователями. Эта проблема достаточно сложна, так как некоторые ускорители схватывания могут вызывать пеногашение, ухудшать структуру пенной матрицы, снижать механическую прочность камня и оказывать другие негативные действия. В то же время правильно подобранные ускорители схватывания усиливают действие пенообразователей.

В работе рассмотрены вопросы применения полуводного сульфата кальция (ПСК) для интенсификации процессов твердения пенобетона. Показано изменение физико-механических характеристик пенобетона, приготовленного на анионном и катионном пенообразователях с дополнительным содержанием 1, 2 и 3% полуводного сульфата кальция. Установлено, что ПСК позволяет ускорить процессы твердения, при этом образование этtringита не вызывает сильных внутренних напряжений, что связано с пористой структурой материала.

Ключевые слова: пенобетон, полуводный сульфат кальция, процессы твердения, марочная прочность

Введение

Полуводный сульфат кальция (ПСК) является регулятором сроков схватывания [1-3] и применяется в нефтяной промышленности. Его применение в промышленности строительных материалов ограничено, так как содержание в системе ПСК приводит к растрескиванию готовых изделий из бетона [4-12]. В наших работах [13, 14] было показано, что в пенобетонах необходимо сокращать скорость схватывания и твердения. Представляет большой интерес применение ПСК в качестве ускорителя процессов схватывания и твердения пенобетона.

Известно, что для цементных систем полуводный сульфат кальция в определенных концентрациях является ускорителем схватывания. В соответствии с ГОСТ 31108 – 2003 [15] и ГОСТ 10178 – 85 [16] содержание полуводного сульфата кальция в системе не должно превышать 3,5-4%. Для пеноцементных систем этот предел не установлен. С целью выявления влияния гипса на пеноцементные системы был проведен ряд экспериментов.

Известно, что добавление в систему ПСК ведет к образованию этtringита, который, как известно, при повышенных дозировках до 3-5% в пересчете на SO_3^- ведет к образованию внутренних напряжений. Этtringит является очень важным компонентом цементного камня, который при благоприятных условиях своей игольчатой структурой может улучшить свойства материала. Так как пенобетон отличается высокой пористостью, не исключено, что внутренние напряжения могут быть неопасны с точки зрения трещиностойкости.

Материалы и методы

Влияние гипса на физико-механические характеристики пеноцементных смесей определялось с использованием белгородского цемента ЦЕМ I 42,5 Н. В качестве пенообразователей использовались «Пеностром», ПО анионного типа, и «Морпен», пенообразователь катионного типа. Рабочая концентрация ПО составляла 0,1 мас. %.

В качестве исходного вяжущего использовали бездобавочный белгородский цемент ЦЕМ I 42,5 Н с удельной поверхностью $420 \text{ м}^2/\text{кг}$. Полуводный сульфат кальция (ПСК) вводился в цемент дополнительно в интервале дозировок 3-6% с шагом 1%.

Использованный цемент полностью соответствуют требованиям ГОСТ 31108 – 2003 [15]. Химический состав, физико-механические свойства цемента представлены в табл. 1 и 2.

Таблица 1

Химический состав цементов типа ЦЕМ I 42,5Н

Table 1

Chemical composition of type CEM I 42.5N cements

Завод производитель	Химический состав, масс %							
	SiO ₂	Al ₂ O ₃	Fe ₂ O ₃	CaO	MgO	SO ₃	R ₂ O	CaO _{св}
ЗАО «Белгород цемент»	22,49	4,77	4,40	67,22	0,43	2,4	0,64	0,20

Таблица 2

Физико-механические свойства цемента

Table 2

Physical and mechanical properties of cement

Номер партии	Нормальная плотность цементного теста, %	Сроки схватывания цементного теста нормальной плотности, ч – мин	
		начало схватывания	конец схватывания
		2	26,68
3	23,0	1 – 15	3 – 30

Нормальная плотность и сроки схватывания цементных образцов определялись в соответствии с ГОСТ 310.4 – 81 [17]. Физико-механические характеристики образцов из пенобетона определялись в соответствии с ГОСТ 25485 – 89 [18]. Испытания на изгиб проводились на приборе ПСУ-2М. В испытаниях на сжатие применялся пресс с предельной нагрузкой 5 т, удовлетворяющий техническим требованиям ГОСТ 10180 – 2012 [19] и обеспечивающий нагружение в режиме чистого сжатия. Средняя плотность пенобетона определялась испытанием образцов в высушенном до постоянной массы состоянии в соответствии с ГОСТ 25485 – 89 [18]. Образцы изготавливались из рабочего состава сериями по 6 штук и испытывались по 3 штуки.

Для исследований использовался строительный гипс производства ЗАО «Минерал Кнауф» Астраханской области, расфасован ЗАО «Шебекино-мел». Гипс соответствует требованиям ГОСТ 125 – 79 [20]. Мел строительный марки МТД 2, соответствующий ТУ 21.020350.06-92.

В работе использовались пенообразователи различного состава. Пенообразователь «Морпен» производства ТОО «СПО Лимитед», соответствующий требованиям ТУ 0258-001-01013393-94 и пенообразователь «Пеностром», соответствующий требованиям ТУ 0250-001-22299560-97. Получение пенных систем производилось на питьевой воде, удовлетворяющей требованиям ГОСТ 23732 – 2011 [21].

Результаты и обсуждения

Смеси цемента и гипса были исследованы на нормальную плотность и сроки схватывания. Результаты представлены в табл. 3.

Таблица 3

Влияние содержания ПСК в цементе на водопотребность и сроки схватывания цементного теста

Table 3

Effect of the semi-aqueous calcium sulfate content on water demand and setting time of cement paste

Состав	Нормальная плотность, %	Сроки схватывания, ч - мин	
		Начало схватывания	Конец схватывания
ЦЕМ I 42,5 Н (партия №2)	26,68	2 – 30	5 - 30
ЦЕМ I 42,5 Н (партия №3)	23,0	1 – 15	3 – 30
ЦЕМ I 42,5 Н + 1% гипс	26,93	1 – 50	4 – 00
ЦЕМ I 42,5 Н + 2% гипс	27,46	0 – 58	3 – 10
ЦЕМ I 42,5 Н + 3% гипс	28,05	0 – 52	4 – 10

Как видно из табл. 3, содержание полуводного сульфата кальция в цементе увеличивает водопотребность цементного теста нормальной плотности с 26,68% до 28,05%. Так, нормальная плотность ЦЕМ I 42,5 Н (содержание гипса 3%) составляет 26,68%, а при введении в цемент дополнительно 3% гипса (общее содержание гипса в системе 6%) нормальная плотность – 28,05%.

Введение полуводного сульфата кальция в цемент в количестве от 1 до 3% сокращает сроки схватывания на 40-60 минут соответственно. При этом степень сокращения времени начала и конца схватывания практически одинакова.

Это позволяет сделать вывод, что введение гипса в цементную смесь позволяет значительно сократить сроки схватывания. На основе этого можно предположить, что будет наблюдаться сокращение сроков схва-

тывания и у пеноцементных смесей. Прибор Вика не предназначен для определения сроков схватывания цемента с пенообразователем, поэтому во вспененном состоянии сроки схватывания не определяли. В табл. 4 приведены данные о влиянии полуводного сульфата кальция на водопотребность и сроки схватывания цементного теста с добавкой пенообразователя.

Таблица 4

Влияние содержания ПСК в цементе на водопотребность и сроки схватывания цементного теста с добавкой пенообразователя

Table 4

The influence of the semi-aqueous calcium sulfate content in cement on water demand and the setting time of the cement paste with the addition of a foaming agent

Состав	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч – мин	
		Начало схватывания	Конец схватывания
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Пеностром	23,63	1 – 40	4 – 20
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Пеностром + 1% ПСК	23,25	0 – 50	3 – 30
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Пеностром + 2% ПСК	24,18	0 – 33	3 – 15
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Пеностром + 3% ПСК	24,5	0 – 15	2 – 40
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Морпен	23,25	1 – 55	3 – 34
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Морпен + 1% ПСК	23,88	1 – 10	3 – 40
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Морпен + 2% ПСК	24,25	0 – 15	3 – 04
ЦЕМ I 42,5 Н + 0,1 Морпен + 3% ПСК	24,63	0 – 10	2 – 33

Исходя их основных положений физико-химии цемента, не исключено, что рост кристаллов этtringита будет происходить от стенки межпоровой перегородки внутрь поры, что приведет к росту средней плотности. Образование этtringита может повысить прочность межпоровых перегородок. Для проверки этого предположения были исследованы изменения средней плотности предела прочности при сжатии и изгибе пенобетона с добавкой ПСК. Испытания образцов пеноцементного камня на прочность при сжатии и изгибе проводили на серии из шести образцов в возрасте 7 и 28 суток, твердевших в нормальных температурно-влажностных условиях. Исследование физико-механических характеристик представлено в табл. 5 и 6.

Таблица 5

Влияние содержания ПСК на физико-механические характеристики пенобетона, приготовленного на пенообразователе «Пеностром»

Table 5

The influence of the semi-aquatic calcium sulfate content on the physical and mechanical characteristics of foam concrete prepared on the foam generator "Penostrom"

Состав	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа в возрасте		Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
		ЦЕМ I 42,5 Н + ПО	605	0,62	0,68
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 1% ПСК	616	0,84	0,84	1,79	1,99
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 2% ПСК	734	0,87	0,90	1,94	2,43
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 3% ПСК	766	0,73	0,92	1,83	2,21

Из табл. 5 видно, что введение в цементную систему гипса повышает плотность образцов. Плотность образцов, приготовленных на «Пеностроме», возрастает с увеличением содержания гипса с 605 до 766 кг/м³ (общее содержание гипса 3%; 6% соответственно). Плотность растет темпами, опережающими рост прочности. Оптимальная дозировка гипса в пеноцементной системе составляет 4-5%.

Таблица 6

Влияние содержания ПСК на физико-механические характеристики пенобетона, приготовленного на пенообразователе «Морпен»

Table 6

The influence of the semi-aquatic calcium sulfate content on the physical and mechanical characteristics of foam concrete prepared on the foam generator "Morpen"

Состав	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа в возрасте		Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
		ЦЕМ I 42,5 Н + ПО	579	0,47	0,55
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 1% ПСК	598	0,67	0,75	1,64	1,99
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 2% ПСК	647	0,54	0,65	1,47	1,67
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 3% ПСК	725	0,61	0,74	1,33	1,81

Из данных, приведенных в табл. 6, видно, что плотность образцов, приготовленных на «Морпене», также возрастает с введением гипса с 579 до 725 кг/м³ (содержание гипса 3%; 6% соответственно). Прочность образцов повышается до 1,99 МПа при содержании гипса 4%. Дальнейшее повышение дозировки полуводного сульфата кальция в системе приводит к снижению прочности, плотность при этом возрастает. Так, при содержании гипса 5% прочность составляет 1,81 МПа. Из изложенного следует, что оптимальная дозировка полуводного сульфата кальция составляет 4%.

В работе было проведено исследование влияния добавок полуводного сульфата кальция на свойства пенобетонного камня в присутствии мела.

Результаты влияния ПСК на водопотребность мелоцементной смеси и на сроки схватывания представлены в табл. 7.

Таблица 7

Влияние содержания ПСК в цементе на водопотребность и сроки схватывания цементного теста

Table 7

The influence of semi-aquatic calcium sulfate content in cement on water demand and the setting time of cement paste

Состав	Нормальная густота, %	Сроки схватывания, ч – мин	
		Начало схватывания	Конец схватывания
ЦЕМ I 42,5 Н + 10% мел	26,0	2 – 35	4 – 20
ЦЕМ I 42,5 Н + 10% мел + 1% ПСК	27,33	0 – 55	3 – 20
ЦЕМ I 42,5 Н + 10% мел + 2% ПСК	27,6	0 – 50	3 – 0
ЦЕМ I 42,5 Н + 10% мел + 3% ПСК	28,2	0 – 45	3 – 0

Как видно из табл. 7, содержание полуводного сульфата кальция в цементе увеличивает водопотребность цементного теста нормальной густоты, то есть смесь ПСК и 10% мела оказывают действия аналогичные ПСК, значит в данном случае мел не оказал отрицательного влияния на водопотребность цементного теста. Так, нормальная густота смеси ЦЕМ I 42,5 Н и мела составляет 26%, а при введении в цемент дополнительно 3% ПСК (общее содержание ПСК в системе 6%) нормальная густота – 28,2%.

При добавлении смеси 10% мела и 1-3% ПСК наблюдается более сильное сокращение сроков схватывания, чем без мела. Так, например, при вводе 10% мела и 3% полуводного сульфата кальция начало схватывания наступает через 16 минут, а конец через 3 часа. К сожалению, комплексная добавка мела и ПСК значительно сильнее влияет на начало схватывания, чем на конец, в связи с этим возрастает интервал схватывания, что является нежелательным.

Испытания образцов пеномелоцементного камня на прочность при сжатии и изгибе проводили на серии из шести образцов в возрасте 7 и 28 суток. Результаты испытаний представлены в табл. 8 и 9.

Таблица 8

Влияние содержания ПСК на физико-механические характеристики пенобетона, приготовленного на пенообразователе «Пеностром» с добавлением в систему 10% мела

Table 8

The influence of the semi-aquatic calcium sulfate content on the physical and mechanical characteristics of foam concrete prepared on the foam generator "Penostrom" with 10% chalk addition to the system

Состав	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа в возрасте		Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел	605	0,62	0,68	1,48	1,97
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 1% ПСК	686	0,77	0,94	1,77	2,12
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 2% ПСК	750	0,82	1,18	1,89	2,56
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 3% ПСК	697	0,53	0,74	1,32	1,61

Таблица 9

Влияние содержания ПСК на физико-механические характеристики пенобетона, приготовленного на пенообразователе «Морпен» с добавлением в систему 10 % мела

Table 9

The influence of the semi-aquatic calcium sulfate content on the physical and mechanical characteristics of foam concrete prepared on the foam generator "Morpen" with 10% chalk addition to the system

Состав	Средняя плотность, кг/м ³	Предел прочности при изгибе, МПа в возрасте		Предел прочности при сжатии, МПа в возрасте	
		7 сут.	28 сут.	7 сут.	28 сут.
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел	579	0,47	0,55	1,26	1,75
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 1% гипс	527	0,50	0,56	1,21	1,57
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 2% гипс	693	0,59	0,72	1,25	1,87
ЦЕМ I 42,5 Н + ПО + 10% мел + 3% ПСК	576	0,38	0,51	1,06	1,4

Из данных табл. 8 и 9 видно, что введение в мелцементную систему ПСК до 5% повышает плотность, а дальнейшее введение – снижает ее. Плотность образцов, приготовленных на «Пеностроме», возрастает с увеличением содержания ПСКА с 605 до 750 кг/м³ (содержание ПСК 3%; 5% соответственно). При содержании 6% ПСК в системе плотность составляет 697 кг/м³. Оптимальная дозировка ПСК в пеномелцементной системе составляет 4-5%.

Прочность образцов, приготовленных на «Морпене», снижется с содержанием в системе 4% ПСК до 1,57 МПа, дальнейшее повышение содержания ПСК в системе ведет к росту прочности до 1,87 МПа. Дальнейшее повышение дозировки полуводного сульфата кальция в системе приводит к снижению прочности, плотность при этом возрастает. Так, при содержании ПСК 6% прочность составляет 1,4 МПа. Из изложенного следует, что дополнительный ввод ПСК в мелцементную систему ведет к снижению прочности образцов, приготовленных на пенообразователе «Морпен».

Введение в цементную систему ПСК повышает плотность образцов. Плотность образцов, приготовленных на «Пеностроме», возрастает с увеличением содержания ПСК с 605 до 766 кг/м³ (содержание ПСК 3%; 6% соответственно). Плотность по мере увеличения содержания ПСК растет сильнее, чем прочность. Оптимальная дозировка ПСК в пеноцементной системе составляет 4-5%. Плотность образцов, приготовленных на пенообразователе «Морпен», также возрастает с введением ПСК с 579 до 725 кг/м³. Прочность образцов повышается до 1,99 МПа при содержании ПСК 4%. Дальнейшее повышение дозировки полуводного сульфата кальция в системе приводит к снижению прочности, при росте плотности. Оптимальная дозировка полуводного сульфата кальция составляет 4%.

На рис. 1, 2 представлены фотографии образцов пенобетона с разным содержанием полуводного сульфата кальция.

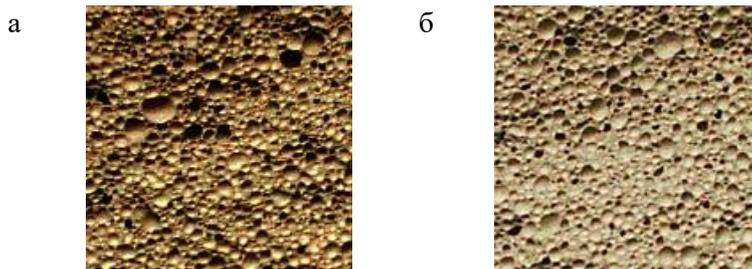


Рис. 1. Влияние содержания гипса в цементе на структуру пенобетона, приготовленного с использованием пенообразователя «Пеностром»: а – 1%; б – 3%

Fig. 1. Influence of gypsum content in cement on the foam concrete structure prepared using the «Penostrom» foaming agent: а – 1%; б – 3%

Исследования микроструктуры пенобетона показали, что при увеличении содержания гипса в цементе поровая структура приобретает однородность, диаметр пор незначительно уменьшается. Геометрия каркаса в целом правильная.

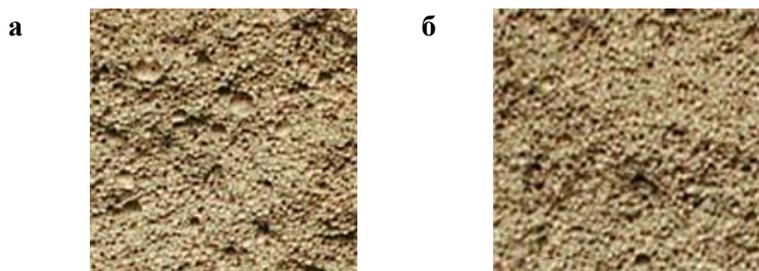


Рис. 2. Влияние содержания гипса в цементе на структуру пенобетона, приготовленного с использованием пенообразователя «Морпен»: а – 1%; б – 3%

Fig. 2. Influence of gypsum content in cement on the foam concrete structure prepared using the «Morpen» foaming agent: a – 1%; b – 3%

Исследования микроструктуры пенобетона показали, что при увеличении содержания гипса в цементе поровая структура пенобетона, приготовленного с использованием пенообразователя «Морпен», практически не изменяется.

Видно, что с увеличением дозировки ПСК средний размер пор уменьшается у образцов приготовленных на пенообразователях «Пеностром» и «Морпен». Авторы предполагают, что это связано с образованием этtringита. Уменьшение внутреннего диаметра пор говорит о том, что кристаллы этtringита растут внутрь поры, что не приводит к образованию внутренних напряжений в бетоне, которые могут привести к растрескиванию образцов.

Выводы

Исследование процессов твердения пенобетона с добавкой ПСК показали, что увеличение этого компонента до 6% в системе позволяет ускорить процессы твердения пенобетона. Предел прочности при сжатии с введением ПСК увеличился, средняя плотность при этом тоже возросла. Время начала схватывания сократилось до 15 минут на пенообразователе «Пеностром» и до 10 минут на пенообразователе «Морпен». Дополнительное введение в систему 10% мела позволяет более плавно регулировать начало схватывания, средняя плотность и предел прочности при изгибе и сжатии также увеличивались по сравнению с контрольным образцом. Образование этtringита в пористых материалах приводит к упрочнению межпоровых перегородок и, как следствие, к повышению прочности пенобетона.

Литература

1. Рахимбаев Ш.М. Регулирование технических свойств тампонажных растворов. Ташкент: ФАН, 1976. 160 с.
2. Пячев В.А., Стихарев Р.А., Долгоносова С.П., Никитин С.В., Киселева В.Н. Свойства тампонажных цементов, содержащих сульфат кальция разной природы // Цемент и его применение. 2006. №1. С. 88 – 91.
3. Пономаренко Д.В., Журавлев С.Р., Куликов К.В., Фатихов В.А., Белоусов Г.А., Скориков Б.М., Овчинников А.Д. Тампонажная смесь. Патент на изобретение RUS 2304606 01.02.2006.
4. Козлова В.К., Вольф А.В., Лихошерстов А.А., Чепурнова Е.В. О механизме влияния карбонатных добавок на сроки схватывания цементного теста // Ползуновский вестник. 2010. №3. С. 112 – 115.
5. Anikanova L., Kudyakov A., Nikitina O., Tolstov D. Influence of crystallized glyoxal on properties of gypsum construction mixes. В сборнике: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. Сер. "International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014". 2015. С. 012007.
6. Anikanova L., Volkova O., Guseva I., Kurmangalieva A. Research of gypsum-containing raw materials for obtaining of building mixes // Key Engineering Materials. 2016. Т. 683. С. 295 – 300.
7. Demyanenko O.V., Kopanitsa N.O., Sarkisov Y.S., Abzaev Y.A., Ikonnikova K.V., Ikonnikova L.F. Quantitative phase analysis of modified hardened cement paste // IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. 092008.
8. Саркисов Ю.С., Козлова В.К., Божок Е.В., Малова Е.Ю., Маноха А.М. Влияние карбонатных добавок на усадочные деформации цементного камня // Техника и технология силикатов. 2018. Т. 25. №1. С. 7 – 11.
9. Кройчук Л.А. Использование отходов, содержащих сульфат кальция // Строительные материалы. 2001. №6. С. 22 – 23.
10. Ван Нес Блессинг Л.К. Быстротвердеющие и быстротвердеющие смешанные вяжущие на основе портландского, алюминатного и сульфоалюминатного цементов // Цемент и его применение. 2015. №2. С. 145 – 147.

11. Кройчук Л.А. Использование отходов, содержащих сульфат кальция // Строительные материалы. 2001. №6. С. 22 – 23.
12. Козлова В.К., Соколов А.М., Маноха А.М. и др. Влияние количества гипса и условий твердения на прочность композиционных портландцементов с карбонатосодержащими добавками // Цемент и его применение. 2014. №2. С. 104 – 107.
13. Аниканова Т.В. Теплоизоляционные пенобетоны с ускоренным схватыванием: автореф. дис. ... канд. техн. наук. Белгород, 2007. 22 с.
14. Аниканова Т.В., Рахимбаев Ш.М. Пенобетоны для интенсивных технологий строительства: монография. Белгород: Изд-во БГТУ, 2015. 128 с.
15. ГОСТ 31108 – 2003 Цементы общестроительные. Технические условия. М.: ФГУП ЦПП, 2003. 20с.
16. ГОСТ 10178 – 85 Портландцемент и шлакопортландцемент. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1987. 6 с.
17. ГОСТ 310.4 – 81 Цементы. Методы определения предела прочности при изгибе и сжатии. М.: Изд-во стандартов, 1983. 11 с.
18. ГОСТ 25485 – 89 Бетоны ячеистые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1989. 15 с.
19. ГОСТ 10180 – 2012 Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2013. 35 с.
20. ГОСТ 125 – 79 Вяжущие гипсовые. Технические условия. М.: Изд-во стандартов, 1980. 5 с.
21. ГОСТ 23732 – 2011 Вода для бетонов и строительных растворов. Технические условия. М.: МНТКС, 2011. 21 с.

References

1. Rahimbaev SH.M. Regulirovanie tekhnicheskikh svoystv tamponazhnykh rastvorov. Tashkent: FAN, 1976. 160 p. (rus.)
2. P'yachev V.A., Stiharev R.A., Dolgonosova S.P., Nikitin S.V., Kiseleva V.N. Svoystva tamponazhnykh cementov, soderzhashchih sul'fat kal'ciya raznoj prirody. Cement i ego primenenie. 2006. 1. P. 88 – 91. (rus.)
3. Ponomarenko D.V., ZHurvlev S.R., Kulikov K.V., Fatihov V.A., Belousov G.A., Skorikov B.M., Ovchinnikov A.D. Tamponazhnaya smes'. Patent na izobretenie RUS 2304606 01.02.2006. (rus.)
4. Kozlova V.K., Vol'f A.V., Lihosherstov A.A., Shepurnova E.V. O mekhanizme vliyaniya karbonatnykh dobavok na sroki skhvatyvaniya cementnogo testa. Polzunovskiy vestnik. 2010. 3. P. 112 – 115. (rus.)
5. Anikanova L., Kudyakov A., Nikitina O., Tolstov D. Influence of crystallized glyoxal on properties of gypsum construction mixes. V sbornike: IOP Conference Series: Materials Science and Engineering Advanced Materials in Construction and Engineering. Ser. "International Scientific Conference of Young Scientists: Advanced Materials in Construction and Engineering, TSUAB 2014". 2015. P. 012007.
6. Anikanova L., Volkova O., Guseva I., Kurmangalieva A. Research of gypsum-containing raw materials for obtaining of building mixes. Key Engineering Materials. 2016. 683. P. 295 – 300.
7. Demyanenko O.V., Kopanitsa N.O., Sarkisov Y.S., Abzaev Y.A., Ikonnikova K.V., Ikonnikova L.F. Quantitative phase analysis of modified hardened cement paste. IOP Conference Series: Earth and Environmental Science. 2017. 092008.
8. Sarkisov YU.S., Kozlova V.K., Bozhok E.V., Malova E.YU., Manoha A.M. Vliyanie karbonatnykh dobavok na usadochnye deformacii cementnogo kamnya. Tekhnika i tekhnologiya silikatov. 2018. 25 (1). P. 7 – 11. (rus.)
9. Krojchuk L.A. Ispol'zovanie othodov, soderzhashchih sul'fat kal'ciya. Stroitel'nye materialy. 2001. 6. P. 22 – 23. (rus.)
10. Van Nes Blessing L.K. Bystroskhvatyvayushchiesya i bystrotverdeyushchie smeshannye vyazhushchie na osnove portlandskogo, alyuminatnogo i sul'foalyuminatnogo cementov. Cement i ego primenenie. 2015. 2. P. 145 – 147. (rus.)
11. Krojchuk L.A. Ispol'zovanie othodov, soderzhashchih sul'fat kal'ciya. Stroitel'nye materialy. 2001. 6. P. 22 – 23. (rus.)
12. Kozlova V.K., Sokolov A.M., Manoha A.M. i dr. Vliyanie kolichestva gipsa i uslovij tverdeniya na prochnost' kompozitsionnykh portlandcementov s karbonatosoderzhashchimi dobavkami. Cement i ego primenenie. 2014. 2. P. 104 – 107. (rus.)
13. Anikanova T.V. Teploizolyacionnye penobetonny s uskorennyim skhvatyvaniem: avtoref. dis. ... kand. tekhn. nauk. Belgorod, 2007. 22 p. (rus.)
14. Anikanova T.V., Rahimbaev SH.M. Penobetonny dlya intensivnykh tekhnologij stroitel'stva: monografiya. Belgorod: Izd-vo BGTU, 2015. 128 p. (rus.)
15. Russian State Standart GOST 31108 – 2003 Cementy obshchestroitel'nye. Tekhnicheskie usloviya. M.: FGUP CPP, 2003. 20 p. (rus.)

16. Russian State Standart GOST 10178 – 85 Portlandcement i shlakoportlandcement. Tekhnicheskie usloviya. M.: Izd-vo standartov, 1987. 6 p. (rus.)
17. Russian State Standart GOST 310.4 – 81 Cementy. Metody opredeleniya predela prochnosti pri izgibe i szhatii. M.: Izd-vo standartov, 1983. 11 p. (rus.)
18. Russian State Standart GOST 25485 – 89 Betony yacheistye. Tekhnicheskie usloviya. M.: Izd-vo standartov, 1989. 15 p. (rus.)
19. Russian State Standart GOST 10180 – 2012 Betony. Metody opredeleniya prochnosti po kontrol'nyh obrazcam. M.: Standartinform, 2013. 35 p. (rus.)
20. Russian State Standart GOST 125 – 79 Vyazhushchie gipsovye. Tekhnicheskie usloviya. M.: Izd-vo standartov, 1980. 5 p. (rus.)
21. Russian State Standart GOST 23732 – 2011 Voda dlya betonov i stroitel'nyh rastvorov. Tekhnicheskie usloviya. M.: MNTKS, 2011. 21 p. (rus.)

*Anikanova T.V. *, Candidate of Engineering Sciences (Ph.D.), Associate Professor,
Pogoromsky A.S., Associate Professor,
Belgorod State Technological University named after V.G. Shukhov,
Corresponding author E-mail: anik-tv@yandex.ru

THE USE OF SEMI-AQUATIC CALCIUM SULFATE TO INTENSIFY THE PROCESSES OF HARDENING OF STRUCTURAL HEAT-INSULATING FOAMED CONCRETE

Abstract: construction of energy- and resource-saving housing of increased comfort involves the creation of more efficient building materials in comparison with traditional and new designs of fencing buildings with improved thermal properties. The problem of energy saving in construction has determined the direction of creation and production of effective cheap materials with high thermal properties. One of the most promising materials of this type is environmentally friendly, non-combustible cellular foam concrete.

The problem of accelerating the setting and hardening of foam concrete mixtures, as it allows to accelerate the turnover of forms and reduce the time from manufacturing to sending the finished product to the consumer is of great practical interest.

However, in most cases, domestic foaming agents are produced and used without additional input of setting and hardening regulators. This is due to the fact that the compatibility of the latter with the main additive – foaming agents is not sufficiently investigated. This problem is quite complex, as some setting accelerators can cause defoaming, worsen the structure of the foam matrix, reduce the mechanical strength of the stone and have other negative effects. At the same time, properly selected setting accelerators enhance the action of foaming agents

In the work the questions of application of semi-aqueous calcium sulphate (SCS) for intensification of hardening of foam concrete are considered. The change in physical and mechanical characteristics of foam concrete prepared on anionic and cationic blowing agents with an additional content of 1, 2 and 3% semi-aqueous calcium sulphate is shown. It is established that the SCC allows accelerating the hardening processes, and the formation of ettringite does not cause strong internal stresses, which is related to the porous structure of the material.

Keywords: foam concrete, semi-aqueous calcium sulphate, hardening processes, vintage strength

Для цитирования: Аниканова Т.В., Погоромский А.С. Применение полуводного сульфата кальция для интенсификации процессов твердения конструкционно-теплоизоляционного пенобетона // Строительные материалы и изделия. 2018. Том 1. №3. С. 25 – 32. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-25-32

For citation: Anikanova T.V., Pogoromsky A.S. The use of semi-aquatic calcium sulfate to intensify the processes of hardening of structural heat-insulating foamed concrete. Construction Materials and Products. 2018. 1 (3). P. 25 – 32. DOI: 10.34031/2618-7183-2018-1-3-25-32

Поступила в редакцию 21 марта 2018 г.
Принята в доработанном виде 19 июня 2018 г.
Одобрена для публикации 1 августа 2018 г.

Received: March 21, 2018.
Revised: June 19, 2018.
Accepted: August 1, 2018.