

СТРОИТЕЛЬНЫЕ МАТЕРИАЛЫ

УДК 666.97.031:693.542

К ВОПРОСУ ПОДБОРА СОСТАВА И ДОЗИРОВКИ ДОБАВОК-МОДИФИКАТОРОВ АРБОЛИТА

*канд. техн. наук, доц. В.В. БОЗЫЛЕВ, А.Н. ЯГУБКИН
(Полоцкий государственный университет)*

Приведены данные о веществах, находящихся в древесном заполнителе, оказывающих вредное влияние на процессы набора прочности цементным вяжущим. Представлены пути снижения вредного влияния данных веществ в цементном растворе. По разработанной экспресс-методике были исследованы основные виды добавок ускорителей твердения и схватывания цемента: хлористый кальций, сода, соляная кислота, жидкое стекло, магний серноокислый, марганец серноокислый, кальциевая селитра, сульфат аммония, цинк серноокислый, медный купорос, хлористый калий, хлористый натрий, а также авторская добавка «Арбел». Проведено исследование кинетики набора прочности модифицированного арболита. Изучена кинетика влагонасыщения высушенных арболитовых образцов в условиях 100 % влажности. Исследовано влияние показателя В/Ц на прочность модифицированного арболита. Показана возможность снижения значения В/Ц и увеличения прочности арболита за счёт использования комплексных добавок, включающих пластифицирующие добавки и добавки ускорители твердения.

Введение. Арболит – это разновидность лёгкого бетона, в состав которого входит не минеральный пористый заполнитель, а органический (древесная щепа). Однако активному его применению препятствуют относительно низкие прочностные показатели. Этот вопрос изучался многими учёными [1 – 3]. Ими было установлено, что прочность арболита можно повысить за счёт использования высокоактивных быстротвердеющих цементов путём добавления в арболитовую смесь кварцевого песка, повысив удельное давление прессования арболитовой смеси и т.д. Все вышеперечисленные способы не всегда эффективны и осуществимы, так как быстротвердеющие цементы дефицитны и имеют высокую стоимость; кварцевый песок и увеличение удельного давления прессования увеличивает объёмный вес арболита. Увеличить прочность с низкими затратами, а также повысить технологичность производства изделий из арболита позволяет модификация цементного раствора химическими добавками.

Целью исследований являлся подбор состава и дозировки добавок-модификаторов арболита, позволяющих улучшить его физико-механические характеристики.

Основная часть. Основным методом повышения прочности изделий из арболита считается путь сокращения продолжительности твердения и повышение прочности в ранние сроки.

Многие вещества, входящие в состав древесины, оказывают отрицательное влияние на твердение цемента. К ним относятся гемицеллюлозы, крахмал, экстрактивные вещества, сахара, кислоты, дубильные вещества, камедь, фенолы и хиноны. Негативная роль гемицеллюлозы заключается в том, что она способна гидролизироваться щёлочью и переходить в сахара, растворимые в воде. Отрицательная роль крахмала проявляется в зимнее время года, когда он превращается в сахара и масла, являющиеся питательной средой для растения. Масла – смесь жиров пальмитина и стеарина – способны образовывать тонкие пленки на поверхности древесных частиц, препятствующих их сцеплению с цементным тестом. К экстрактивным веществам относятся дубильные вещества, некоторые растворимые моносахара, жирные и смоляные кислоты, минеральные соли и др. [1].

При изготовлении арболита водой из древесины в основном извлекаются дубильные и сахаристые вещества, органические кислоты, минеральные соли. Интенсивность поступления экстрактивных веществ ослабевает к моменту начала схватывания цемента и прекращается к концу периода схватывания. Отрицательное действие экстрактивных веществ на цементное тесто проявляется в значительно меньшей степени, чем действие сахаров. Простейшие водорастворимые сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза) содержатся в древесине в небольшом количестве (0,1...0,5 % от её массы). Благодаря размеру молекул (порядка 1 мкм) водорастворимые сахара легко вымываются из неё и, попадая в цементное тесто, замедляют процесс его твердения. Основную опасность для легких бетонов с древесным заполнителем представляют растворимые в воде сахара (сахароза, глюкоза, фруктоза и т.д.), которые легко диффундируют через стенки клеток древесины и вымываются водой. Мономерные сахара (например, глюкоза, ксилоза, сахароза и дериваты глюкуроновой и аскорбиновой кислот) в небольших количествах в растворе (до 0,125 %)

улучшают процессы схватывания, а при концентрациях 0,25 % исключают всякое схватывание цемента. Возникающий из глюкозы сорбит менее вреден, чем сахар, а многоатомные спирты, глицерин и пентаэритрит в малых количествах даже улучшают качество затвердевшего цементного камня [2].

Эффект замедления процесса твердения, создаваемый крахмалом, продуктами целлюлозы, сахарами, оксикислотами и моносulьфокислыми солями, Ханзен [3] объясняет действием альдегидной группы НСОН этих соединений, которая адсорбируется на частицах 3CaOSiO_2 и $3\text{CaOAl}_2\text{O}_3$ и тем самым вызывает замедление процессов гидратации и твердения. Указанные вещества по Штейноуру [4] останавливают гидратацию $b - \text{C}_2\text{S}$ в отсутствие C_3F в результате того, что они в качестве причины замедления схватывания имеют не поддающиеся ионизации группы ОН.

Решить задачу нейтрализации вредных веществ с наименьшими экономическими и трудовыми затратами позволяет модификация цементного раствора.

Модификация цементного раствора может быть осуществлена следующим образом:

- введением в состав смеси некоторого количества высокомолекулярного соединения, повышающего эластичность прослойки цементного камня, что обеспечивает компенсацию объемных влажностных деформаций древесного заполнителя. В качестве высокомолекулярных соединений могут выступать бугадиенстирольный и дивинилстирольный латексы, поливинилацетатная дисперсия;

- введением в состав смеси минеральной добавки, позволяющей путем омоноличивания контактных зон упрочить каркас структуры и повысить прочность арболита. В качестве минеральных добавок известно использование сочетаний измельченного известняка с натриевым жидким стеклом, раствора полиакриламида с хлористым алюминием, раствора полиакриламида с известняком и карбонатом аммония;

- применением пластифицирующих добавок, вязущих низкой водопотребности, которые позволяют сократить расход воды, тем самым уменьшить количество растворяемого сахара;

- применением воздухововлекающих добавок, в качестве которых в арболит вводят омыленный древесный пек, смолу воздухововлекающую, смолу древесную омыленную и др.;

- применением добавок ускорителей твердения, например, хлористый кальций, сульфат натрия и т.д. [5].

В этом перечне наиболее распространёнными методами являются ускорители твердения и пластификаторы. Остальные способы достаточно дороги, сложны и поэтому не нашли широкого применения.

В настоящее время известно большое количество добавок ускорителей твердения, добавок пластификаторов. Состав большинства добавок скрыт патентами производителей. Наиболее известные вещества, ускоряющие процессы схватывания и твердения: сода, жидкое стекло, хлористый алюминий, хлористое железо, хлористый барий, хлористый бериллий, сульфат натрия, хлористый кальций, хлористый магний, соляная кислота, кэл. Добавки, которые применяются в качестве пластификаторов: С-3, Реламикс, ГП-1, СМ-1, СМ-2 и т.д.

Для повышения прочности и снижения влияния древесных ядов возможно использовать ускоритель и пластификатор совместно.

В работе по экспресс-методике [6] были исследованы основные известные добавки ускорители твердения и схватывания цемента: хлористый кальций, сода, соляная кислота, жидкое стекло, магний сернокислый, марганец сернокислый, кальциевая селитра, сульфат аммония, цинк сернокислый, медный купорос, хлористый калий, хлористый натрий. Для изготовления арболита использовался цемент ПЦ 500 Д0 (г. Кричев). Нормальная густота цементного теста 28 %; начало схватывания – 1 ч 30 мин. Арболит изготавливали следующего состава: расход цемента 400 кг/м^3 ; расход щепы 240 кг/м^3 ; В/Ц = 1,1. Результаты исследований представлены в таблице 1.

Таблица 1

Выбор вида и расхода добавки для изготовления арболита

№	Наименование добавки	Расход добавки, % от массы цемента	Прочность по экспресс-методике, МПа	Прочность арболита, МПа	Начало схватывания цементного теста, ч-мин	Примечание
1	2	3	4	5	6	7
1	Хлористый кальций	8,0	30,6	2,83	0...36	высолы на поверхности образца
		12,0	38,7	4,10	0...15	
		16,0	38,7	4,10	0...15	
2	Сода	2,0	13,5	1,35	1...06	–
		6,0	23,4	1,91	0...27	
		10,0	15,2	1,69	0...27	
3	Соляная кислота	1,0	22,7	0,93	1...00	–
		1,5	26,1	1,88	0...09	
		2,0	26,1	1,88	0...09	

Продолжение таблицы 1

1	2	3	4	5	6	7
4	Жидкое стекло	2,0	19,2	1,93	0...15	–
		4,0	21,1	2,98	0...10	
		6,0	20,2	2,51	0...10	
5	Магний сернокислый	2,0	21,8	1,30	1...10	–
		4,0	21,8	1,30	1...10	
		6,0	21,8	1,30	1...10	
6	Марганец сернокислый	2,0	21,7	1,17	1...18	чёрный цвет цемента
		4,0	22,5	1,32	0...30	
		6,0	22,5	1,32	0...30	
7	Кальциевая селитра	8,0	21,3	1,54	0...25	–
		12,0	25,8	1,69	0...15	
		16,0	25,8	1,69	0...15	
8	Сульфат аммония	2,0	22,3	0,83	1...25	резкий запах
		4,0	22,3	0,83	1...23	
		6,0	22,3	0,83	1...26	
9	Цинк сернокислый	2,0	15,7	1,21	1...17	–
		4,0	18,1	1,54	0...32	
		6,0	18,1	1,54	0...32	
10	Медный купорос	0,4	24,3	1,32	0...45	синие вкрапления
		0,8	26,9	2,11	0...37	
		1,2	25,6	1,91	0...41	
11	Добавка «Арбел»	4,0	27,5	2,51	0...25	–
		5,0	34,5	3,76	0...20	
		6,0	34,5	3,76	0...20	
12	Хлористый натрий	2,0	13,4	0,79	1...21	–
		4,0	15,8	1,35	0...57	
		6,0	15,8	1,35	0...57	
13	Сульфат натрия	2,0	23,7	1,71	0...53	–
		4,0	26,4	2,37	0...22	
		6,0	26,4	2,37	0...19	
14	Хлористый калий	4,0	14,5	0,83	0...25	–
		8,0	25,0	1,43	0...08	
		12,0	25,0	1,43	0...08	

В результате получаем, что такие добавки, как хлористый кальций, жидкое стекло, добавка «Арбел», позволяют достичь прочности и плотности для отнесения материала к конструкционно-теплоизоляционному.

Добавка хлористого кальция: оптимальный расход 12 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 4,1 МПа, плотность 650 кг/м³.

Добавка жидкого стекла: оптимальный расход 4 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 2,98 МПа, плотность 650 кг/м³.

Добавка «Арбел»: оптимальный расход 5 % от массы цемента, прочность арболита на сжатие 3,76 МПа, плотность 650 кг/м³.

На втором этапе исследования проводилось изучение кинетики набора прочности арболита, что иллюстрирует рисунок 1:

- все исследуемые добавки дают основной прирост прочности в первые сутки твердения;
- добавка хлористого кальция на 3 сутки твердения обеспечивает прочность арболита на сжатие 2,5 МПа;
- добавка жидкого стекла на 3 сутки твердения обеспечивает прочность арболита на сжатие 2,13 МПа;
- добавка хлористого кальция на 3 сутки твердения обеспечивает прочность арболита на сжатие 2,3 МПа.

На следующем этапе проводилось изучение кинетики влагонасыщения арболита, модифицированного хлористым кальцием, жидким стеклом и добавкой «Арбел» (рис. 2). Образцы арболита помещались в камеру, влажность в которой была 100 %, температура 20 °С. Предварительно образцы высушивались при температуре 105 ± 5 °С до постоянной массы.

На основании рисунков 1 и 2 можно сделать вывод, о том, что добавка «Арбел» позволяет набрать прочность 3,76 МПа. Это на 9 % меньше, чем с добавкой хлористого кальция, но на 26 % больше, чем с добавкой жидкого стекла. Однако арболит с добавкой хлористого кальция имеет влагонасыщение на 50 %

больше, чем с добавкой жидкого стекла или с добавкой «Арбел». Поэтому добавка «Арбел» будет являться эффективной для модификации арболитовой смеси.

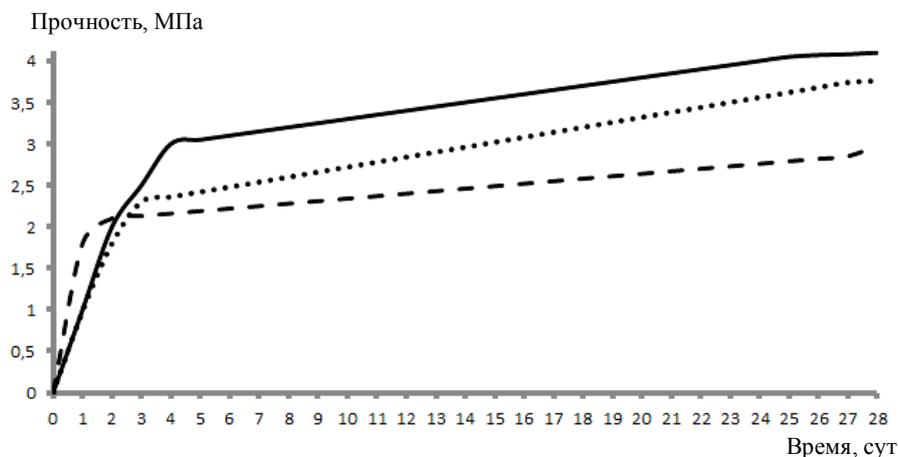


Рис. 1. Кинетика набора прочности модифицированного арболита
 — с добавкой хлористого кальция (12 % от массы цемента);
 --- с добавкой жидкого стекла (4 % от массы цемента);
 ... с добавкой «Арбел» (5 % от массы цемента)

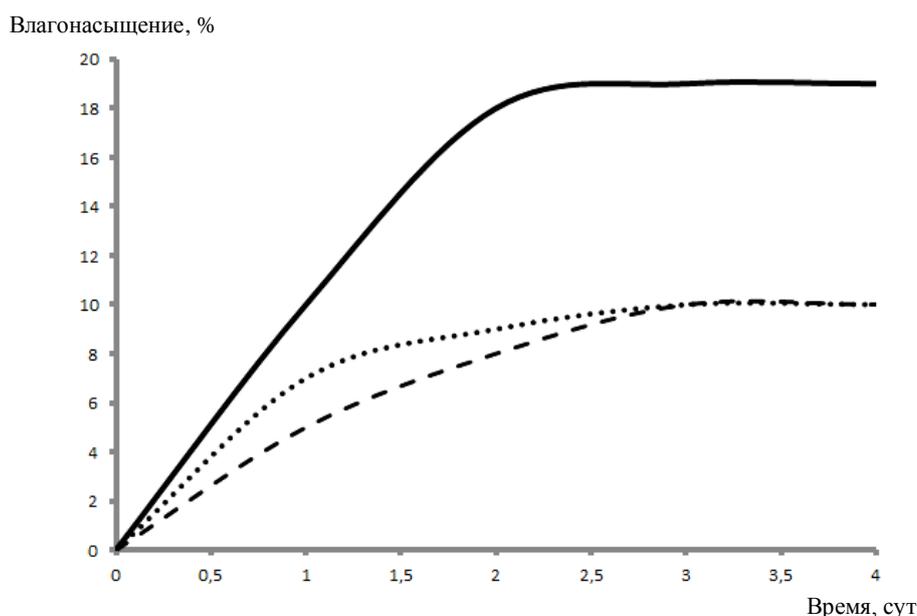


Рис. 2. Кинетика влагонасыщения модифицированного арболита при 100 % влажности воздуха:
 — с добавкой хлористого кальция (12 % от массы цемента);
 --- с добавкой жидкого стекла (4 % от массы цемента);
 ... с добавкой «Арбел» (5 % от массы цемента)

Одним из важных факторов, влияющим на прочность арболита, является водоцементное отношение. Результаты исследования его влияния на прочность представлены на рисунке 3. Арболит изготавливали следующего состава:

- расход цемента 400 кг/м^3 ;
- расход щепы 240 кг/м^3 ;
- расход хлористого кальция 12 % от массы цемента.

Оптимальным значением В/Ц будет 1,1 (прочность 4,1 МПа), что видно из рисунка 3.

Уменьшение значения В/Ц ведёт к тому, что щепа забирает воду, и цементу для полной гидратации её не хватает.

Увеличение значения В/Ц приводит к потере прочности из-за лишней воды.

Однако водоцементное отношение, равное 1,1, является достаточно высоким для бетонных смесей, но минимальным для арболита. Для снижения значения водоцементного отношения можно воспользоваться добавками-пластификаторами бетонной смеси. Расход пластифицирующих добавок для снижения водоцементного отношения определяли по методике [7] с использованием мини-конуса [8]. На первом этапе определили диаметр расплыва мини-конуса на цементном тесте без добавки. Расход пластифицирующей добавки подбирали так, чтобы обеспечить аналогичный диаметр расплыва (табл. 2).

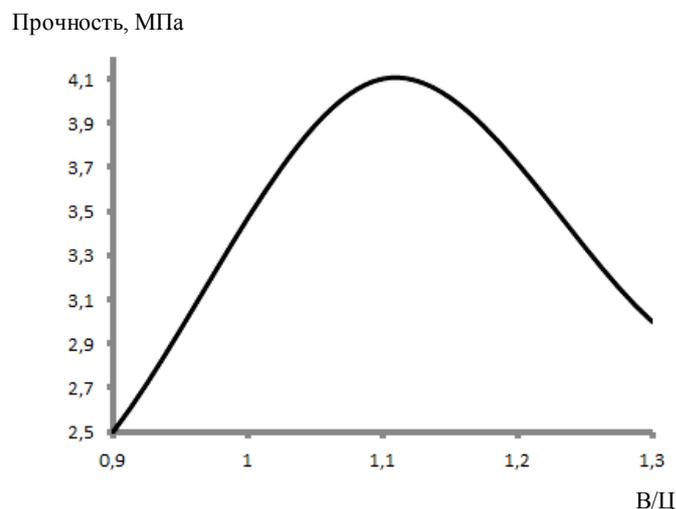


Рис. 3. Влияние значения В/Ц на прочность арболита

Таблица 2

Определение оптимальной дозировки пластифицирующих добавок

Вид добавки	Количество добавки, % от массы цемента	В/Ц	Расплыв мини-конуса, мм
–	–	1,1	15
ГП-1	0,3	0,85	15
Реламикс	1	0,88	15

На основании полученных данных можно сделать вывод о том, что добавки ГП-1 нужно 0,3 % от массы цемента, чтобы обеспечить равную подвижность с бездобавочным составом, но добавка позволяет снизить значение В/Ц на 25 %; добавки Реламикс (суперпластификатор и ускоритель) нужно 1 % от массы цемента, чтобы обеспечить равную подвижность с бездобавочным составом, при этом возможно добиться снижения значения В/Ц на 20 %.

Пластифицирующие добавки не могут самостоятельно противодействовать древесным ядам, поэтому для повышения прочности арболита их необходимо использовать в комплексе с ускорителями твердения (табл. 3).

Таблица 3

Определение прочности арболита модифицированного комплексными добавками

Вид добавки (количество, % от массы цемента)	В/Ц	Прочность арболита на сжатие, МПа
Хлористый кальций + ГП-1 (12 + 0,3)	0,85	4,8
Реламикс (1)	0,88	2,2
Жидкое стекло + ГП-1 (4 + 0,3)	0,85	3,5
Добавка «Арбел» + ГП-1 (5 + 0,3)	0,85	4,4

Снижение водоцементного отношения с использованием пластифицирующих добавок позволяет увеличить прочность модифицированного арболита примерно на 17 %. Если использовать хлористый кальций и ГП-1 с 4,1 МПа до 4,8 МПа; если использовать жидкое стекло и ГП-1 наблюдается прирост прочности с 2,98 до 3,5 МПа; если использовать добавку «Арбел» и ГП-1 с 3,76 до 4,4 МПа.

Заключение. В результате выполненного исследования была разработана добавка-модификатор арболита «Арбел», позволяющая обеспечить увеличение прочности, аналогичное основному наиболее сильному ускорителю – хлористому кальцию. Новый модификатор в отличие от хлористого кальция имеет более низкий показатель влагонасыщения. Следовательно, при использовании арболита в наружных стенах не будет происходить накопления влаги и снижения теплоизоляционных характеристик.

ЛИТЕРАТУРА

1. Наназашвили, И.Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции / И.Х. Наназашвили. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.
2. Руденко, Б.Д. Добавка для цементно-древесных композиций / Б.Д. Руденко; Брянская гос. инженерно-технологическая академия [Электронный ресурс]. – Режим доступа: http://www.science-bsea.bgita.ru/2006/leskomp_2006/rudenko_dobavka.htm. – Дата доступа: 19.11.2009.
3. Hansen, W.C. Actions of calcium sulfate and admixtures in portland cement paste / W.C. Hansen // Proceeding of the Third International Symposium on the Chemistry of Cement. – London, 1952. – P. 3 – 25.
4. Steinour, H.H. Actions of calcium sulfate on the hydration and the microstructure of hardened mortar of C_3S / H.H. Steinour // Proceedings of the Third International Symposium on the Chemistry of Cement. – London, 1952. – P. 25 – 37.
5. Арболит / под ред. Г.А. Бужевича. – М.: Изд-во лит. по стр-ву, 1968. – 244 с.
6. Ягубкин, А.Н. К вопросу разработки методики экспресс-анализа оценки влияния добавок на прочность арболита / А.Н. Ягубкин, В.В. Бозылев // Вестн. Полоц. гос. ун-та. Сер. Ф. Прикладные науки. Строительство. – 2009. – № 6. – С. 71 – 76.
7. Рекомендации по физико-химическому контролю состава и качества суперпластификатора С-3 / НИИ бетона и железобетона. – М., 1984. – 56 с.
8. Meyer, L.M. Theory of Concrete slump loss as related to the use of Chemical admixtures / L.M. Meyer, W.F. Perenchio // Concrete International. – 1979. – № 1. – P. 36 – 43.

Поступила 03.06.2010

TO THE QUESTION OF MIX DESIGN AND PROPORTIONING OF ADDITIVES-MODIFIERS IN WOOD CONCRETE

A. YAGUBKIN, V. BOZYLEV

Data about woody filler substances which have harmful impact on processes of strength setting in cement are presented. There are performed ways of decrease of harmful effect of the given substances to a cement slurry. By developed express technique principal views of additive- accelerators for hardening and cement setting have been investigated: chloride calcium, soda, hydrochloric acid, alkali silicate, magnesium sulphate, manganese sulphate, nitrate of lime, ammonium sulphate, zinc sulphate, copper sulphate, chloride potassium, chloride sodium, and author's additive Arbel. Kinetics research of strength setting in modified wood concrete is carried out. The kinetics saturation of dried wood concrete samples in 100 % moisture is studied. It is investigated an influence of W/C parametre on modified wood concrete strength. Possibility of decrease of W/C parametre value and wood concrete strength increase at the expense of use of complex additives which include plasticizers and additives accelerators of hardening is demonstrated.