

Лукутцова Н. П., д-р техн. наук, проф.,  
Горностаева Е. Ю., асс.,  
Поляков С. В., студент,  
Петров О. Р., студент

Брянская государственная инженерно-технологическая академия

## МОДИФИЦИРОВАНИЕ ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНЫХ КОМПОЗИЦИЙ КОМПЛЕКСНЫМИ ДОБАВКАМИ

lukutzova@bgita.ru

Рассмотрены вопросы получения древесно-цементных композиций с улучшенными физико-техническими показателями при введении в состав композиции микро- и нанодисперсных добавок.

**Ключевые слова:** древесно-цементные композиции, нанодисперсная добавка, микрокремнезем.

Для производства древесно-цементных композиций (ДЦК) в настоящее время применяются различные целлюлозосодержащие заполнители растительного происхождения. Получение качественных материалов на основе органического заполнителя затруднено в связи с такой специфической особенностью органического заполнителя, как его агрессивность по отношению к цементу. С другой стороны, материалы на основе древесно-цементных композиций обладают крупнопористой структурой с незаполненным межзерновым пространством (80...90 % объема твердого тела занимает древесный заполнитель и только 10...20 % приходится на цементный камень), характеризующаяся недостаточным для заполнения пустот между

частицами органического целлюлозного заполнителя объемом цементного камня.

В связи с вышеизложенным, целью данной работы является возможность улучшения физико-технических характеристик древесно-цементных композиций путем оптимизации структуры цементного камня на макро-, микро- и наноуровнях за счет регулирования размеров частиц древесного заполнителя, применения добавок микро- и нанодисперсного кремнезема и их комплексного использования (рис. 1). Ожидается, что такая модификация позволит получить строительные материалы с достаточно высоким пределом прочности при сжатии и низкими средней плотностью и водопоглощением.

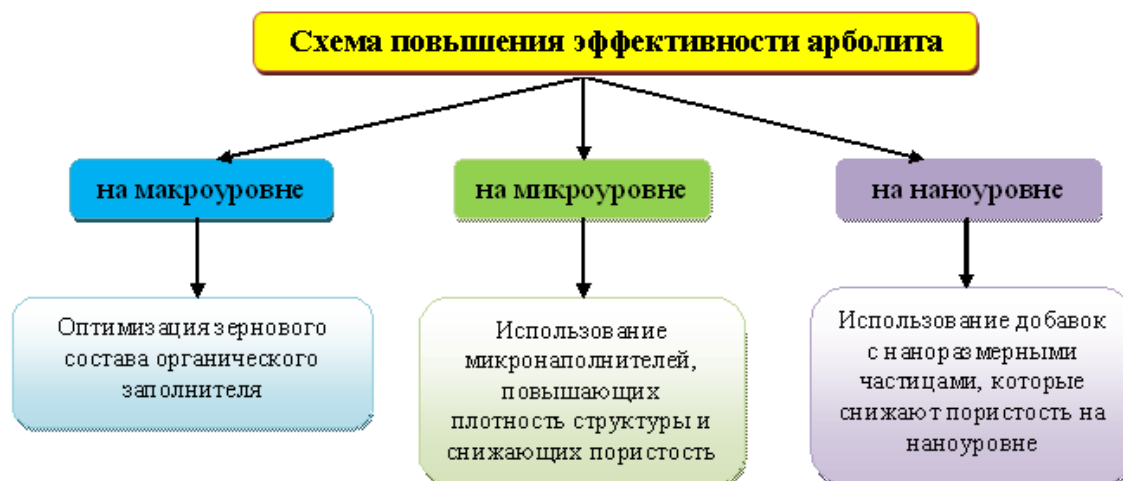


Рис. 1. Схема повышения эффективности арболита

Для проведения исследований в работе использовались: портландцемент ЦЕМ I 42,5 Н, произведенный ЗАО «Мальцовский портландцемент»; органический заполнитель; микрокремнезем конденсированный марки МК-85 с удельной поверхностью 120 м<sup>2</sup>/кг, насыпной плотностью 250 кг/м<sup>3</sup> и истинной плотностью 2200 кг/м<sup>3</sup>; добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу; добавка с наноразмерными частицами микро-

кремнезема, полученная путем ультразвукового диспергирования МК.

Оптимизацию зернового состава заполнителя для древесно-цементных композиций производили с помощью математического и компьютерного моделирования с использованием пакета Model Vision Studium (MvS, версия 4), позволяющего в динамическом режиме проанализировать и подобрать требуемый дисперсионный состав древесного заполнителя [1].

Пакет MvS решает следующие основные задачи:

- поддерживает интерфейс пользователя для создания математической модели исследуемой системы, а также обеспечивает контроль корректности этой модели;

- обеспечивает автоматическое построение компьютерной модели, соответствующей заданной математической;

- обеспечивает корректное проведение активного вычислительного эксперимента с компьютерной моделью на уровне абстракции математической модели.

Установлено, что оптимизация зернового состава органического наполнителя позволяет получать ДЦК (без введения добавок) с пределом прочности при сжатии 0,24 МПа, что на 15 % превышает прочность образцов изготовленных без оптимизации зернового состава наполнителя (0,20 МПа).

Перспективным и эффективным является широкое использование различных органических и неорганических добавок для улучшения качества ДЦК, а в последнее время все более актуальным становится вопрос модификации

строительных композитов с помощью микронаполнителей.

Согласно имеющимся литературным данным, прочность арболита удается увеличить лишь на 10...15 % почти при полном удалении легкогидролизуемых веществ из древесного наполнителя. Следовательно, наличие таких веществ в наполнителе можно рассматривать лишь как один из его недостатков. Это означает, что кроме химической агрессивности (содержание экстрактивных и легкогидролизуемых веществ) органический наполнитель обладает и другими специфическими свойствами, которые отрицательно воздействуют на структурную прочность ДЦК и поэтому должны учитываться в технологии их производства [2].

Для модифицирования структуры древесно-цементных композиций на микро- и наноуровнях одновременно вводили в смесь микрокремнезем (предварительно смешанный с цементом) и добавки с наноразмерными частицами кремнезема (вместе с водой затворения), полученные методом ультразвукового диспергирования (НМк) и по золь-гель методы (НК). Результаты испытаний модифицированных образцов ДЦК приведены в таблице 1.

Таблица 1

Результаты испытаний ДЦК модифицированных добавками

№ п.п.	Состав композиции	$\rho_0$ , кг/м <sup>3</sup>	$\lambda$ , Вт/м·°С	$R_{сж}$ , МПа	$V_m$ , %
1	ДЦК (контрольный)	747	0,322	0,24	86,5
2	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,03 %)	592	0,233	1,31	89,6
3	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,06 %)	622	0,250	1,43	72,3
4	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,09 %)	641	0,261	2,24	65,4
5	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,13 %)	665	0,274	2,78	57,6
6	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,16 %)	670	0,277	3,1	52,1
7	ДЦК+МК(20 %)+НМк(0,20 %)	676	0,281	3,71	49,2
8	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,03 %)	671	0,278	3,52	65,3
9	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,06 %)	703	0,296	5,30	66,4
10	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,09 %)	712	0,302	4,12	67,9
11	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,13 %)	712	0,302	3,67	66,6
12	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,16 %)	700	0,295	2,05	63,5
13	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,20 %)	688	0,288	1,38	60,8
14	ДЦК+МК(20 %)+НК(0,06 %)+НМк(0,20 %)	630	0,254	15,0	52,3

Совместное использование МК в количестве 20 % и добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной ультразвуковым методом, в количестве 0,03 % позволяет повысить предел прочности при сжатии на 82 %, снизить среднюю плотность на 21 %, а коэффициент теплопроводности на 28 %. При дальнейшем увеличении содержания НМк до 0,20 % предел прочности увеличивается на 93,5 %, водопоглощение снижается на 43 %. Средняя плотность при увеличении содержания добавки возрастает,

по сравнению со средней плотностью ДЦК, в состав которой помимо 20 % микрокремнезема вводили 0,03 % добавки с наноразмерными частицами микрокремнезема, но остается на 10 % ниже значения средней плотности контрольного состава.

При совместном использовании 20 % МК и 0,03 % (в пересчете на сухое вещество) добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной по золь-гель методу, наблюдается увеличение предела прочности при сжатии на

93 %. Водопоглощение, средняя плотность и коэффициент теплопроводности снижаются на 24, 10 и 14 % соответственно.

Увеличение содержания НК до 0,06 % приводит к увеличению предела прочности при сжатии на 95 %, дальнейшее увеличение добавки приводит к снижению предела прочности при сжатии до 1,38 МПа.

Использование двух добавок, 20 % микрокремнезема и 0,09 % добавки НК, приводит к увеличению средней плотности и коэффициента теплопроводности, при дальнейшем увеличении содержания НК до 0,2 % приводит к снижению средней плотности на 8 %, коэффициента теплопроводности на 11 %, водопоглощения на 30 %.

При комплексном использовании микронаполнителя в количестве 20 %, НМк – 0,2 % и добавки с наноразмерными частицами кремнезема, полученной золь-гель методом, – 0,06 % получили материал с пределом прочности при сжатии на 98 % превышающем аналогичный показатель контрольного состава древесно-цементной композиции.

Комплексное воздействие добавок, содержащих микро- и нанодисперсные частицы кремнезема, на цементную систему выражается

в том, что на ранней стадии структурообразования, в пластичном состоянии, система обретает повышенную вязкость и связность и характеризуется ярко выраженной тиксотропностью, а на поздней стадии цементный камень характеризуется особым качественным составом и особой геометрией структуры.

Систему арболита можно представить как композицию из двух каркасов, расположенных друг в друге и работающих совместно, а именно, как каркас из частиц заполнителя, склеенных цементным клеем, и каркас из конгломератов цементного камня, объединенных в единую систему склеенными частицами заполнителя [2 - 6].

Однако использование цемента для образования крупных узлов цементного камня представляется нерациональным, так как последний обладает излишней прочностью в сравнении со всей системой каркаса. Система будет работать наиболее эффективно, только если будет равнопрочной. Добиться этого представляется возможным путем увеличения объема цементного камня за счет добавления в цементное тесто тонкодисперсного наполнителя и наномодифицирующих добавок.

Таблица 2

Результаты исследования порометрии ДЦК модифицированных добавками

Состав образца	Общая площадь пор, см <sup>2</sup> /г	Объем пор, см <sup>3</sup> /г	Средний диаметр пор, мкм
Контрольный	22560	0,066	0,011
ДЦК +микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная ультразвуковым методом	10680	0,037	0,012
ДЦК+микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу	10230	0,033	0,012
ДЦК+микрокремнезем + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная ультразвуковым методом + добавка с наноразмерными частицами кремнезема, полученная по золь-гель методу	13460	0,031	0,08

Результаты порометрии (таблица 2) позволяют сделать вывод о том, что общая площадь пор образцов ДЦК с микрокремнеземом и добавками с наноразмерными частицами кремнезема (с каждой добавкой отдельно) снижается в среднем на 54 %, объем пор на 46 %, при этом средний диаметр пор увеличивается на 13 %.

В результате исследований микроструктуры установлено (рисунок 2), что при введении в состав ДЦК наряду с микронаполнителем добавок с наноразмерными частицами кремнезема образуется более плотная структура, отличающаяся наличием новообразований, характерных для гидросиликатов кальция на поверхности ча-

стиц древесного заполнителя. Это, вероятно, объясняется тем, что реакционноспособный активный кремнезем, связывает выделяющийся при гидратации портландит с образованием гидросиликатов кальция, а образующиеся гидроацетоалюминаты кальция кальматируют поры.

Комплексное использование микронаполнителя и добавок с наноразмерными частицами приводит к снижению всех трех показателей, по сравнению с контрольным составом ДЦК. Средний диаметр пор уменьшается на 20 %, объем пор снижается на 53 %, а общая площадь пор на 40 %.

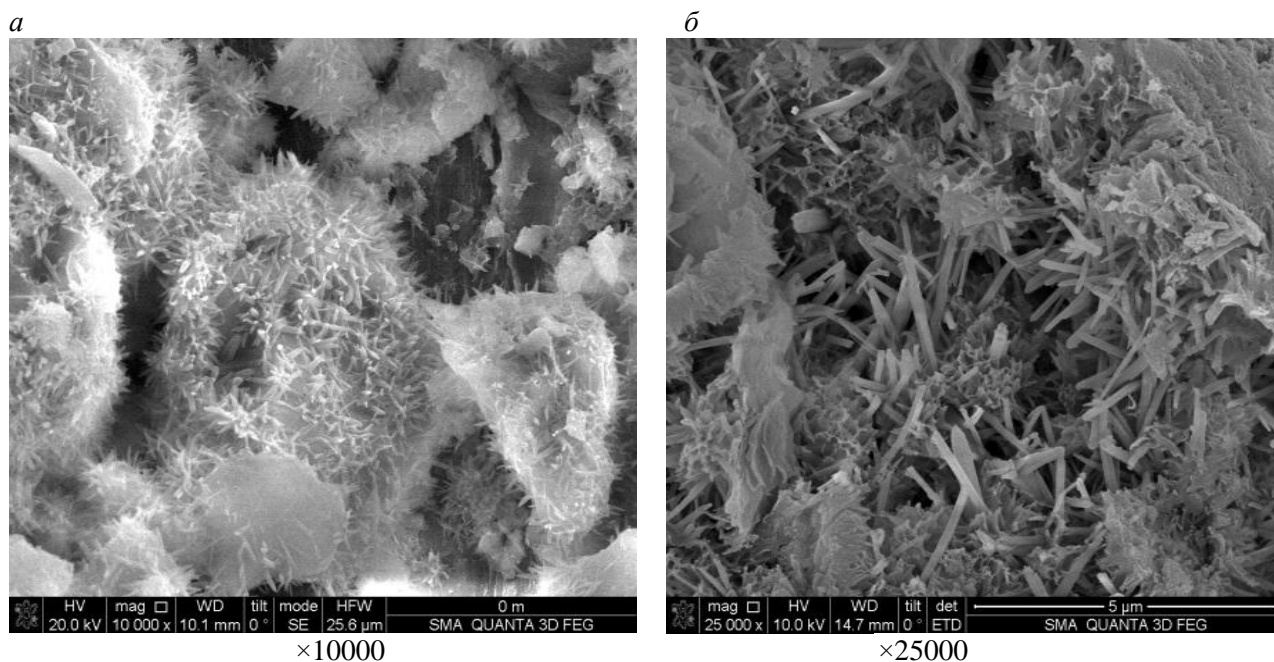


Рис. 2. Микроструктура древесно-цементной композиции с микрокремнеземом и добавками с наноразмерными частицами кремнезема

Таким образом, комплексное использование добавок, содержащих микро- и наноразмерные частицы кремнезема, и оптимизация зернового состава органического заполнителя позволяют получать материал с пределом прочности при сжатии на 98 % превышающем аналогичный показатель древесно-цементных композиций контрольного состава, водопоглощение снижается на 50 – 60 %. Кроме того, использование микронаполнителя позволяет снизить расход цемента до 40 %.

#### БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Математическое моделирование процесса подбора состава песчаной смеси / В.С. Янченко, Н.П. Лукутцова, Е.В. Дегтярев, Е.Л. Королева, С.В. Ширко // *Строительные материалы и технологии*. – 2012. - № 4 (42). – С. 72 – 76.
2. Наназашвили, И.Х. *Строительные материалы из древесно-цементной композиции* / И.Х. Наназашвили. – 2-е изд., перераб. и доп. – Л.: Стройиздат, 1990. – 415 с.

3. Горев, В.Я. Некоторые аспекты структурообразования арболита [Текст] / В.Я. Горев, В.С. Подчуфаров // *Научные труды МЛТИ*. – М., 1990. – Вып. 231. – С. 52-61.

4. Щербаков, А.С. Арболит. Повышение качества и долговечности / А.С. Щербаков, Л.П. Хорошун, В.С. Подчуфаров. – М.: Лесн. пром-ть, 1979. – 160 с.

5. Подчуфаров, В.С., Исследования взаимодействия древесины с химическими добавками при производстве древесно-цементных материалов / В.С. Подчуфаров, Б.Г. Штейс // *Научные труды МЛТИ*. – М., 1988. – Вып. 204. – С. 49-60.

6. Подчуфаров, В.С. Исследование факторов, влияющих на качество арболита. [Текст]: автореферат дисс. на соиск. уч. ст. канд. техн. наук. – М.: МЛТИ, 1980. – 20 с.