

УДК 691:676.034

**ОПЫТ ПРИМЕНЕНИЯ ДРОБЛЕНОГО БАМБУКА
В КАЧЕСТВЕ КРУПНОГО ЗАПОЛНИТЕЛЯ ДЛЯ АРБОЛИТОВОЙ СМЕСИ****А.В. ДОЛЖОНОК, С.А. РОМАНОВСКИЙ**
(Представлено: А.А. БАКАТОВИЧ)

Рассмотрены результаты исследований арболита с применением в качестве крупного заполнителя дробленого бамбука. Приведены и проанализированы полученные показатели по прочности, плотности, водопоглощению и теплопроводности арболита. Изучена структура поверхности дробленого бамбука с применением микроскопии.

Использование производственных отходов, экономия материалов, совершенствование строительных конструкций становятся в настоящее время особенно актуальными. Производство арболита не должно ограничиваться только использованием заполнителей на основе древесины, так как в ряде стран лесные ресурсы значительно ограничены или отсутствуют. Значительный интерес с позиции расширения сырьевой базы заполнителей для производства и повышения физико-механических характеристик арболита могут представлять отходы растениеводства и природные материалы растительного происхождения различных регионов мира.

Традиционно в качестве органических заполнителей на основе древесных отходов для производства арболита используют дробленку из хвойных или твердолиственных пород, получаемую при переработке отходов лесопиления и деревообработки, мелкую технологическую щепу, крупные и мелкие опилки, станочную щепу и стружку [1].

Опилки хвойных пород фракцией 1–5 мм применяют для изготовления опилкобетона. Для нейтрализации сахаров, содержащихся в древесине, уменьшения водопоглощения материала, повышения прочности и огнестойкости опилок, улучшения связи между органическими и неорганическими составляющими опилкобетона необходимо проводить предварительную обработку опилок. Минерализацию древесных опилок выполняют несколькими способами: насыщают опилки известковым молоком, затем высушивают, погружают в раствор жидкого стекла (1:7 – жидкое стекло : вода) и повторно высушивают; последовательно обрабатывают водными растворами сульфата тяжелых металлов, альгината натрия и хлорида бария и после выдержки в течение 18–24 ч сливают; пропитывают опилки раствором сульфата железа в течение 30–120 мин; обрабатывают известковым молоком; проводят консервацию 0,3–0,5% раствором фторида натрия для предохранения материала от заражения грибом [2]. Улучшить теплоизоляционные свойства опилкобетона можно увеличением содержания опилок по отношению к песку.

Исследования по оптимизации структуры арболита на основе щепы хвойных и лиственных пород древесины проведены в Полоцком государственном университете. Щепа длиной до 40 мм выполняет функцию крупного заполнителя, а в качестве мелкого заполнителя вводятся опилки в количестве до 20%. Для создания оптимальной структуры арболита используется горизонтальное виброуплотнение с амплитудой 10 см и вертикальное с частотой 50 Гц. В результате обеспечивается направленная укладка щепы в арболите, позволяющая улучшить физико-механические характеристики материала. Применение разработанной технологии обеспечивает плотность арболита равную 550 - 600 кг/м³, прочность на сжатие 3,–4 МПа и теплопроводность 0,12–0,14 Вт/м·°С [3].

Альтернативой древесной щепе может являться дробленый бамбук, представляющий собой быстро возобновляемый сырьевой ресурс в странах Азиатского и Африканского регионов, вырастающий за сутки на 10 см. Традиционно стволы бамбука применяют в качестве несущих строительных элементов при возведении каркасных домов до 3 этажей в странах с теплым климатом [4].

Исследователи из британского Центра по инновационным строительным материалам, в сотрудничестве с командой инженеров из университетов Ковентри и Кембриджа, в настоящее время работают над улучшением характеристик бамбука для широкого использования в строительной индустрии. Бамбук имеет ряд недостатков, которые сегодня препятствуют широкому использованию этого материала в строительстве. Среди них можно отметить ограниченную стойкость к воздействию ультрафиолетовых лучей и влажности, а из-за относительно тонких стенок бамбук имеет низкую огнестойкость. Изучая структурные особенности бамбука, британские исследователи ищут возможности преодоления этих недостатков, стараясь сохранить его уникальные механические свойства [5].

В настоящее время в Сингапуре проводятся исследования по использованию стволов бамбука, как альтернативной замене стальной арматуре [6]. Однако в процессе эксперимента выявлены основные недостатки, связанные со слабой адгезией цементного камня с гладкой поверхностью ствола бамбука и с изменением размеров бамбука при водопоглощении и высыхании.

В научно-исследовательской лаборатории кафедры строительного производства также ведутся работы по использованию бамбука для получения стенового строительного материала. На подготовительном этапе гладкую поверхность бамбуковых стволов диаметром 10–25 мм обрабатывали с помощью абразивов для придания шероховатой фактуры, а затем дробили на фрагменты для получения крупной и мелкой фракции. Дробленый бамбук использовали в экспериментальных составах в виде крупного заполнителя, а для заполнения пустотного пространства применяли опилки. Вяжущим компонентом являлся цемент. В составы дополнительно вводился ускоритель твердения CaCl_2 в количестве 2,5% от массы цемента, что позволило увеличить скорость твердения цемента и, таким образом, нейтрализовать вредное воздействие сахаров на вяжущее. Для проведения исследований физико-механических свойств стеновых материалов на основе бамбука изготавливали образцы – кубы размером 150×150×150 мм (рис. 1).



Рис. 1. Внешний вид образца арболита на основе бамбука и опилок

Результаты исследований приведены в таблице 1.

Таблица 1

Физико-механические характеристики арболита

№ состава	Расход компонентов на 1 м ³ в долях от единицы							Плотность, кг/м ³	Прочность, МПа	Коэффициент теплопроводности, Вт/м·°С
	Бамбук				Опилки	Цемент	Вода			
	крупная фракция		мелкая фракция							
	шероховатая фактура	гладкая фактура	шероховатая фактура	гладкая фактура						
1	–	0,36	–	–	–	0,41	0,23	660	0,8	0,16
2	0,36	–	–	–	–	0,41	0,23	660	1,2	0,16
3	–	0,24	–	–	0,12	0,29	0,35	800	1,4	0,13
4	0,24	–	–	–	0,12	0,29	0,35	800	1,6	0,13
5	–	–	–	0,35	–	0,4	0,25	660	1,2	0,16
6	–	–	0,35	–	–	0,4	0,25	660	1,7	0,16
7	–	–	–	0,25	0,11	0,29	0,35	800	1,9	0,13
8	–	–	0,25	–	0,11	0,29	0,35	800	2,3	0,13

При сопоставлении результатов испытаний образцов составов 1 и 2 на крупной фракции бамбука, установлено, что прочность на сжатие образца 2 возросла на 44%. Увеличение прочности обусловлено повышением адгезии цементного камня к шероховатой поверхности бамбука. Использование мелкой фракции бамбука с шероховатой поверхностью (состав 6) позволяет увеличить прочность на сжатие на 39% по сравнению с составом 5 на мелкой фракции с гладкой фактурой. Анализ данных по образцам 1 и 5 показывает, что за счет дополнительного измельчения бамбука, несмотря на его гладкую фактуру, прочность возросла на 53 %. Повышение прочности происходит за счет увеличения геометрической площади боковых граней с шероховатой поверхностью, образующихся при расщеплении вдоль волокон в процессе получения мелкой фракции бамбука. Аналогичная зависимость отмечается и для составов 2, 6 с шероховатой поверхностью. Так для состава 6 прочность возросла на 48 % по сравнению с составом 2.

Для заполнения пустот каркаса из дробленого бамбука вводили древесные опилки, обладающие высокой теплоизолирующей способностью. Поэтому, несмотря на увеличение плотности арболита с 660 до 800 кг/м³ за счет введения опилок, произошло снижение коэффициента теплопроводности с 0,16 до

0,13 Вт/м²·°С. Кроме того, присутствие древесных опилок повысило связность структуры композитного материала, что повлияло на прочность при сжатии. При анализе данных испытаний составов 1–4 на крупной фракции бамбука, установлено, что введение опилок обеспечивает увеличение прочности арболита на 33–75% независимо от фактуры поверхности крупного заполнителя. Такая же зависимость прослеживается и для составов 5–8 на мелкой фракции бамбука, где присутствие опилок позволяет повысить прочность на 35–58%.

Выполнение комплекса технических решений связанных с введением опилок в качестве мелкого заполнителя, обработкой поверхности стволов для придания шероховатости и применением мелкой фракции бамбука оказывает существенное влияние на физико-механические характеристики арболита. В результате при увеличении плотности на 21%, повышается прочность на сжатие арболита в 2,9 раза и уменьшается коэффициент теплопроводности на 0,03 Вт/м²·°С. Арболит на основе бамбука возможно использовать в виде блоков для кладки стен, а также при возведении монолитных стен из арболитовой смеси изготавливаемой непосредственно на объектной строительной площадке.

Одним из важных условий практического применения арболита является требование по обеспечению эксплуатационных свойств заполнителя во влажных условиях. Водопоглощение определяли на образцах дробленого бамбука с гладкой и шероховатой фактурой. Показатели водопоглощения по массе бамбука приведены в таблице 2.

Таблица 2

Изменение водопоглощения заполнителя в зависимости от времени выдержки в воде

№ п/п	Вид материала	Водопоглощение по массе (%), после						
		1	2	3	4	5	6	7
		суток						
1	Дробленый бамбук с гладкой фактурой	43	48,9	53,4	55,4	58,2	63,3	64,7
2	Дробленый бамбук с шероховатой фактурой	42,3	46,4	52,6	54,6	57,7	61,9	62,9

Из анализа данных следует, что резкое увеличение водопоглощения на 42,3–43% происходит в первые сутки нахождения дробленого бамбука во влажных условиях. В дальнейшем отмечается существенное снижение интенсивности водопоглощения. В результате со 2 по 7 сутки прирост показателей составляет только 20,6–21,8%. Показатели водопоглощения образцов с гладкой и шероховатой фактурой наружной поверхности практически идентичны, что указывает на то, что процесс водонасыщения происходит через поперечные разрезы волокнистой структуры на торцевых гранях дробленого бамбука. Таким образом придание шероховатости не повышает водонасыщение бамбука и не приводит к дополнительному увеличению геометрических размеров. Водопоглощение бамбука в 1,5–2 раза ниже показателей древесины, что позволяет сократить расход воды при изготовлении арболитовой смеси и снизить усадочные деформации арболита.

Для установления факторов, обуславливающих прочностные характеристики арболита, изучена структура крупного заполнителя – дробленого бамбука с применением микроскопии. В процессе исследования получены изображения внешней поверхности бамбука на атомно-силовом микроскопе NT – 206.

Поверхность ствола бамбука имеет шероховатую фактуру с продольной ориентацией возвышенностей и впадин, т.е. является ребристой (рис. 2).

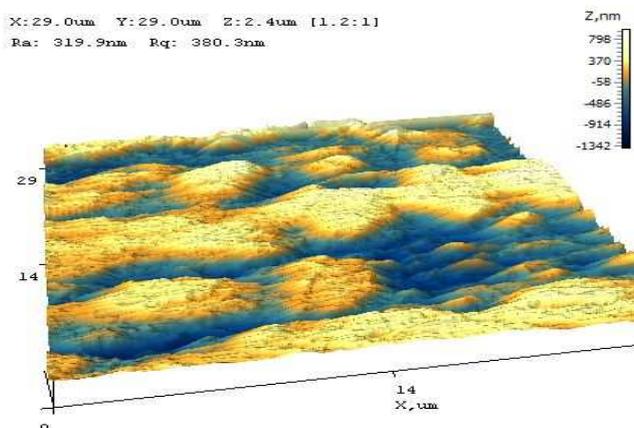


Рис. 2. 3D-изображение скана с наружным покрывным слоем бамбука

Изучена поверхность бамбука после обработки абразивным материалом. С помощью наждачного абразива удалялся наружный покрывной слой с восковым налетом, и получали поверхность в виде оголенной волокнистой структуры с нарушенной целостностью строения поверхностных волокон (рис. 3).

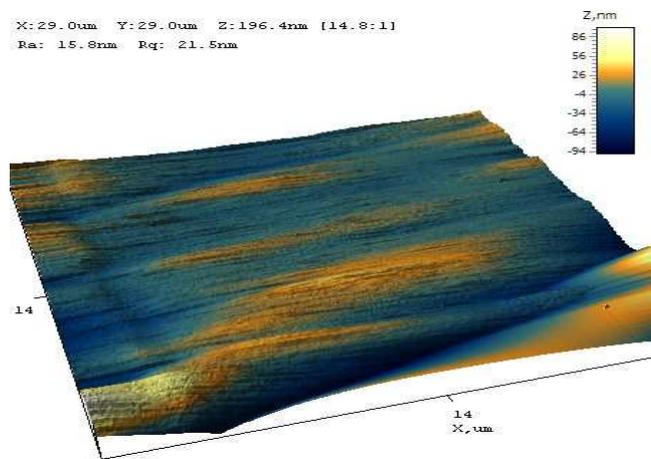


Рис. 3. 3D-изображение скана со снятым наружным покрывным слоем бамбука

Проанализировав полученные результаты, следует отметить, что покрывной слой бамбука имеет восковый налет, что негативно влияет на прочность сцепления с цементным камнем или жидким стеклом. Удаление воскового налета с бамбука при воздействии абразивом позволяет увеличить сцепление вяжущего с заполнителем. После проведения технологической операции по снятию наружного слоя, поверхность приобретает при меньшем перепаде высот большую частоту колебаний рельефа, что положительно влияет на прочность сцепления с вяжущим. При воздействии абразивом частично срезается верхняя оболочка волокон и открывается их пористая капиллярная структура, в результате увеличивается шероховатость поверхности бамбука и геометрическая площадь контакта, что способствует обеспечению высокой адгезии вяжущего к бамбуковому заполнителю.

Основной областью применения арболита на основе бамбука является возведение стеновых ограждений на высоту одного этажа до 3м. Арболит на основе бамбука возможно использовать в виде блоков для кладки стен, а также при возведении монолитных стен из арболитовой смеси изготовленной непосредственно на объектной строительной площадке. При этом арболит из бамбука выполняет не только функцию стенового ограждения, но и одновременно обеспечивает высокие звуко- и теплоизолирующие свойства наружных стен, что также актуально для стран с теплым климатом.

ЛИТЕРАТУРА

1. Руководство по проектированию и изготовлению изделий из арболита. – М. : Стройиздат, 1974. – 67 с.
2. Цепяев, В.А. Легкие конструкционные бетоны на древесных заполнителях / В.А. Цепяев, А.К. Яворский, Ф.И. Хадорова. – Орджоникидзе : Ир, 1990. – 134 с.
3. Ягубкин, А.Н. Технология получения стеновых блоков из арболита с направленной укладкой заполнителя / А.Н. Ягубкин, В.В. Бозылев // Строительная наука и техника. – 2011. – № 6. – С. 66–69.
4. Интернет портал [Электронный ресурс] / Стебель бамбука: особенности строения и роста. – 2014. – Режим доступа: <http://probambuk.ru/properties/53-stebelbambukastroenieirost>. – Дата доступа: 05.01.2016.
5. Интернет портал [Электронный ресурс] / Бамбук – новый конструкционный материал. – Режим доступа: <http://www.vzavtra.net/materialy/bambuk-novyj-super-konstrukcionnyj-material.html>. – Дата доступа: 21.02.2016.
6. Интернет портал [Электронный ресурс] / Бамбук – жизнеспособная альтернатива стальной арматуры. – М., 2014. – Режим доступа : http://www.proektstroy.ru/news/stroitelnye_materialy/bambuk_zhiznesposobnaya_alternativa_stalnoy_armatury/. – Дата доступа: 08.01.2016.