

СВОЙСТВА ДРЕВЕСНО-ЦЕМЕНТНОГО КОМПОЗИЦИОННОГО СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ИЗ СУХИХ ОТХОДОВ ДЕРЕВООБРАБОТКИ

В статье рассмотрена возможность утилизации сухих отходов древесины с получением экологичного строительного материала. Приводится анализ щепы, полученной из этих отходов. Решается проблема водостойкости материала при воздействии воды, что предотвращает критическую потерю его несущей способности. Предлагается оптимальный фракционный состав измельченной древесины для производства арболита.

В связи с непростой рыночной экономикой и низкой конкурентоспособностью отечественных деревообрабатывающих предприятий, архиважными представляются способы достижения максимальной прибыли при переработке древесины за счет использования всех доступных сырьевых ресурсов, увеличения качества продукции и глубокой переработки. В частности, глубокая переработка древесины, подразумевает переработку отходов производства. В отличие от лесозаготовительного, в столярно-строительном и мебельном производствах, образуется большое количество сухих отходов древесины. Низкая влажность позволяет использовать их в качестве топлива, однако на предприятиях они образуются с избытком и часть отходов требуют реализации. В необработанном виде их возможно реализовать населению и некоторым предприятиям, но при этом их отпускная цена будет не велика, а значит, это экономически невыгодно. Производство улучшенного топлива, такого как гранулы и брикеты, экономически оправдано, однако благодаря развитию альтернативной энергетики это лишь временное явление. Выигрышным способом утилизации таких отходов будет изготовление строительных материалов с древесным наполнителем, что подтверждается отпускными ценами на них. Учитывая, что древесина в любом виде придает строительным материалам теплоизоляционные свойства, экологическую направленность в строительстве зданий жилого сектора и переход к строительству энерго-пассивных малоэтажных зданий, на древесно-цементные композиционные строительные материалы в ближайшем будущем ожидается невиданный спрос.

Древесно-цементные композиты имеют разные рецептуры изготовления, но в большинстве из них используется измельченная в щепу или дробленку древесина. При повышенном влагосодержании некондиционной древесины, ее измельчение обеспечивает наилучшее качество полуфабриката и открывает широкие горизонты для ее использования. Вопрос же использования щепы, полученной измельчением сухих древесных отходов куда более сложен, ведь она имеет ограниченные области использования из-за ухудшенного качества после помола. Очень часто она не является технологической согласно ГОСТ 15815–83 [1], т.к. содержит значительное количество мелкой фракции и коры.

Щепа или дробленка может быть использована для производства различных строительных материалов, например, таких как арболит.

С целью оценить возможность использования сухих измельченных древесных отходов для производства арболита и определить его характеристики, была отобрана партия древесной щепы, изготовленной из кусковых отходов хвойных пород от обрезки досок, предварительно высушенных (приблизительно до 8 %-ной влажности) в камерах периодического действия. В результате оценки качества этой щепы согласно ГОСТ 15815-83 [1], было получено:

массовая доля коры, %.....15,6

массовая доля гнили, %.....	0
массовая доля остатков, %, на ситах с отверстиями:	
\varnothing 30 мм.....	0,56
\varnothing 20 мм.....	3,02
\varnothing 10 мм.....	48,66
\varnothing 5 мм.....	32,36
\varnothing 2 мм.....	13,50
на поддоне.....	1,90
массовая доля минеральных примесей, %.....	0
массовая доля со смятыми кромками, %.....	42,00

Очевидно, что превышение норм по содержанию коры и щепы со смятыми кромками не дает возможности использовать эту щепу как технологическую. Это вынуждает предприятие, на котором произведен отбор партии, реализовать ее населению. Нами было предложено использовать такую щепу в качестве наполнителя при производстве арболита.

Арболит имеет массу уникальных преимуществ, которые делают его конкурентным при выборе конструкционных и теплоизоляционных строительных материалов. К тому же он изготавливается из экологически чистых природных компонентов (цемент и измельченная древесина). Этот материал технологичен и работа с ним не многим отличается от других широкораспространенных древесных композиционных материалов. Однако существенным для строительства недостатком арболита является его недостаточная водостойкость.

С проблемой водостойкости арболита мы предложили бороться, добавляя в его состав гидрофобизатор. Выбор остановили на самом доступном и дешевом продукте, который позволит снизить водопоглощение материала и не уменьшит его прочность. Был взят гидрофобизатор «DALI Гидростоп» от российского производителя «Рогнеда». Он традиционно применяется для гидрофобизации пористых минеральных строительных материалов, таких как кирпич, камень и бетон. Этот состав обладает низкой стоимостью и проверенной эффективностью, т.к. в его основе лежат классические водорастворимые кремнийорганические жидкости: метил- и этилсиликонаты натрия по ТУ 6-02-696–76 [2].

В своих исследованиях мы не стремились к разработке новой рецептуры арболита, поэтому и была принята традиционная, согласно источнику [3]: щепа – 28,5%, портландцемент – 31,8%, вода – 39,7 %. При этом содержание гидрофобизатора приняли исходя из 3% по массе воды, согласно рекомендациям производителя по использованию его в качестве добавки в массу раствора.

При одинаковой рецептуре вероятно влияние будет оказывать и гранулометрический состав компонентов. В этой связи была поставлена задача поиска оптимального размера измельченной древесины, использование которой обеспечило бы минимальное воздействие воды на арболит. Для решения поставленной задачи были взяты 3 наиболее распространенные фракции щепы: 20/10, 10/5 и 5/2 мм.

Достаточно известной проблемой при отверждении растворов цемента является влияние «цементных ядов», присутствующих в древесном наполнителе, из-за этого раствор не схватывается даже за 28 сут [4]. Для снижения этого воздействия мы нанесли жидкое натриево-стекло на поверхность щепы. Этот достаточно дешевый и эффективный для нас компонент производится на отечественном предприятии ЗАО «Парад». Нанесение осуществляли способом непрерывного перемешивания в смесителе для осмоления стружки (рис. 1, а) до полного покрытия поверхности щепы слоем жидкого стекла. Равномерность покрытия контролировали по изменению оттенка древесины к более темному. Далее производилась сушка поверхности при комнатных условиях (температура – 20°C, влажность воздуха – 55%) в течение одних суток. После сушки поверхность щепы приобрела зернистый блеск и повышенную твердость, что являлось предпосылкой полной изоляции «цементных ядов».

В отдельной емкости приготовили раствор гидрофобизатора и воды, а затем последовательно вливали его в работающий смеситель с предварительно подготовленной древесно-цементной смесью (рис. 1, б) на основе портландцемента марки 500 Д0 (без добавок).



а – осмоление стружки жидким стеклом; *б* – смешивание раствора арболита;
в – формование образцов в разъемных формах

Рис. 1. Подготовка образцов арболита для испытаний

Приготовленный раствор помещали в специальные металлические формы, обеспечивающие размеры образцов 100×100×100 мм (рис. 1, в) и уплотняли без дополнительного давления, используя вибрацию в горизонтальной плоскости. В течение 28 сут при комнатных условиях (без закалки) образцы отверждались и набирали минимальную для испытаний прочность. Через 7 суток после начала отверждения образцы извлекались и продолжали набирать прочность без форм. Половину образцов после набора прочности помещали в воду с температурой 20°С и выдерживали в течение 10 сут.

У сухих и мокрых образцов арболита измеряли линейные размеры и взвешивали. Далее испытывали их на сжатие, согласно ГОСТ 19222–84 [5], на прессе ПСУ-10.

Полученные результаты приведены в табл. 1 и 2, а также графически на рис. 2.

Арболит может быть конструкционным, теплоизоляционным в соответствии с ГОСТ 19222–84 [5], что напрямую зависит от его плотности и прочности на сжатие. Учитывая, что плотность для арболита является более вариabильным свойством, в сравнении с массивной древесиной, считаем, целесообразным использование относительных показателей.

Так, относительная прочность на сжатие была рассчитана как приращение единицы прочности на единицу плотности материала, что означает:

$$\sigma_{\text{отн}} = \frac{\sigma_W}{\rho_W}, \frac{\text{МПа} \cdot \text{м}^3}{\text{кг}},$$

где σ_W – предел прочности материала с влажностью W в момент испытания, МПа; ρ_W – плотность материала с влажностью W в момент испытания, кг/м³.

Таблица 1

Результаты испытаний арболита негидрофобизированного

Гранулометрический состав, мм	Плотность кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	Относительная прочность на сжатие, МПа·м ³ /кг·10 ⁻⁶	Относительная влажность, %
Сухие образцы				
20/10	618,8	0,392	633,3	–
10/5	559,3	0,440	786,8	–
5/2	567,1	0,224	395,1	–

Замоченные образцы				
20/10	812,0	0,336	413,8	33,5
10/5	887,8	0,346	389,7	53,7
5/2	965,7	0,284	294,0	69,0

Таблица 2

Результаты испытаний арболита гидрофобизированного

Гранулометрический состав, мм	Плотность кг/м ³	Прочность на сжатие, МПа	Относительная прочность на сжатие, МПа·м ³ /кг·10 ⁻⁶	Относительная влажность, %
Сухие образцы				
20/10	608,1	0,385	632,3	—
10/5	577,7	0,467	808,1	—
5/2	571,4	0,173	303,0	—
Замоченные образцы				
20/10	777,4	0,314	403,9	25,6
10/5	820,1	0,444	541,9	46,6
5/2	924,3	0,306	331,0	63,0

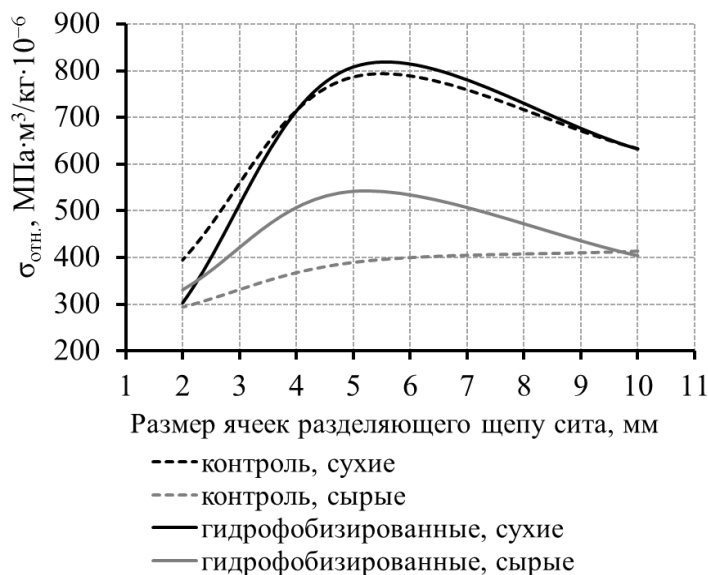


Рис. 2. Прочность арболита на сжатие

Главной задачей исследования выступала оценка влияния водопоглощения на прочность, поэтому не было необходимости в отыскании абсолютной влажности материала и была использована относительная величина, которую определяли по формуле

$$W_{\text{отн}} = \frac{m_{\text{сыр}} - m_{\text{сух}}}{m_{\text{сух}}} \cdot 100 \%,$$

где $m_{\text{сыр}}$ — масса увлажненного материала, кг; $m_{\text{сух}}$ — масса неувлаженного материала, кг.

Гранулометрический состав щепы было принято выразить размерами ячеек сит, на которых задержалась фракция (остатках на ситах), что было сделано для удобства построения координатной плоскости графика (рис. 2).

Из графика видно, что при добавлении гидрофобизатора на основе кремнийорганических соединений, водопоглощение арболита снижается на 6–8%, что дает основание для потенциального использования этого материала в условиях повышенной влажности. Однако, авторы не станут рекомендовать его использование при вероятности прямого продолжительного контакта с водой.

Также очевидно, что оптимальным гранулометрическим составом щепы среди рассмотренных будет фракция 10/5 мм, т. к. в этом случае зафиксирована наибольшая

прочность материала на сжатие. Это влияние увеличилось при добавлении гидрофобизатора. Стоит также отметить, что арболит как с гидрофобизатором, так и без него, в сухом состоянии имеет одинаковую прочность (разница составляет лишь 2,7%, что находится в пределах погрешности измерений). Однако, в сыром состоянии разница между значениями прочности достигает 39,1% в пользу гидрофобизированного арболита.

Такой показатель, как прочность на сжатие вдоль волокон позволяет по ГОСТ 19222–84 [5] отнести полученный арболит к марке М5, т. е. к теплоизоляционным материалам.

Заключение. Следовательно, щепу, полученную из сухих кусковых отходов лесопиления можно успешно реализовать при производстве теплоизоляционного арболита, а присутствие в арболите гидрофобизатора на основе кремний-органических жидкостей, способно значительно уменьшить риск критического снижения несущей способности материала.

Литература

1. Щепы технологическая. Технические условия: ГОСТ 15815–83. Введ. 01.01.1985. М.: Изд-во стандартов, 1985. 14 с.
2. Жидкости ГКЖ-10, ГКЖ-11. Технические условия: ТУ 6-02-696–76. Введ. 01.01.1977. М., 1977. 24 с.
3. Наназашвили И. Х. Строительные материалы из древесно-цементной композиции. Л.: Стройиздат, 1990. 416 с.
4. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам: ГОСТ 10180–90. Введ. 01.01.1991. М.: Изд-во стандартов, 1991. 30 с.
5. Арболит и изделия из него. Общие технические условия: ГОСТ 19222–84. Введ. 01.01.1985. М.: Изд-во стандартов, 1985. 24 с.