

ТЕХНОЛОГИИ И МАШИНЫ ЛЕСНОГО ДЕЛА FORESTRY TECHNOLOGIES AND MACHINES

Научная статья

УДК 674.8

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.2.46>

EDN: KDNXPB

Физико-механические свойства древесно-цементных композитов на основе отходов оцилиндровки брёвен

В. Ф. Краснова, В. Г. Краснов [✉], Е. С. Шарапов, И. В. Петухов, П. Н. Анисимов

Поволжский государственный технологический университет,

Российская Федерация, 424000, Йошкар-Ола, пл. Ленина, 3

KrasnovVG@volgatech.net [✉]

Аннотация. *Введение.* Получение качественного и экологически чистого строительного материала по низкой себестоимости является основной задачей учёных и строительных организаций. Ключевым звеном снижения затрат является использование более дешёвого сырья. При производстве древесно-цементных композитов основным сырьём для получения наполнителя может быть сухостойная древесина. В сухостойной древесине за счёт естественного высыхания под воздействием внешних факторов происходит распад вредных соединений, но в то же время древесина теряет свои свойства и подвергается поражению гнилью и вредителями. *Цель* исследования состоит в изучении физико-механических свойств древесных композиционных материалов с использованием отходов оцилиндровки брёвен, а также сравнение этих свойств с требованиями стандартов для применения этих материалов в строительстве малоэтажных построек. *Результаты.* Определены физико-механические свойства арболита с применением в качестве наполнителя отходов оцилиндровки брёвен, полученных из сухостойной и здоровой древесины. Результаты испытаний показали, что арболит, изготовленный из отходов оцилиндровки брёвен сухостойной древесины в качестве наполнителя, соответствует требованиям ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия», что доказывает возможность использования сухостойной древесины для изготовления древесно-цементных композитов. *Выводы.* Арболит, изготовленный из отходов оцилиндровки брёвен сухостойной древесины в качестве наполнителя и жидкого натриевого стекла, по физико-механическим свойствам соответствует требованиям ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия». Для повышения прочности арболита необходимо добавлять минерализатор в виде жидкого натриевого стекла или добавлять в смесь наполнитель сухостойной и здоровой древесины в соотношении 1:1.

Ключевые слова: арболит; сухостойная древесина; отходы оцилиндровки брёвен; плотность; прочность на сжатие; влажность

Финансирование: авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Для цитирования: Краснова В. Ф., Краснов В. Г., Шарапов Е. С., Петухов И. В., Анисимов П. Н. Физико-механические свойства древесно-цементных композитов на основе отходов оцилиндровки брёвен // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Сер: Лес. Экология. Природопользование. 2024. № 2 (62). С. 46–55. <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.2.46>; EDN: KDNXPB

Введение

Древесина является незаменимым строительным материалом и обладает уникальными свойствами, такими, как низкая теплопроводность, высокая прочность на сжатие, изгиб, растяжение и морозостойкость. К её недостаткам можно

отнести высокое водопоглощение, низкую биологическую стойкость и горючесть материала, а к достоинствам – способность поддаваться различным видам обработки [1] и воспроизводимостью и умножению данного ресурса при правильном ведении лесного хозяйства.

© Краснова В. Ф., Краснов В. Г., Шарапов Е. С., Петухов И. В., Анисимов П. Н., 2024

Следующим незаменимым материалом в строительстве является цемент. Данный искусственный материал уникален с точки зрения технологической доступности, эффективности, экологической безопасности, биосовместимости и природной сбалансированности [2].

Соединение положительных свойств природного и искусственного материала в одном композиционном материале позволит снизить недостатки их составляющих компонентов и улучшить их физико-механические свойства. В настоящее время промышленность выпускает достаточно большой ассортимент древесно-цементных композиций (ДЦК). К ним относятся арболит, фибролит, цементно-стружечные плиты (ЦСП), ксилолит, опилкобетон и многие другие композиционные материалы. Такое многообразие связано с интенсивным применением в качестве заполнителя самых разных отходов лесопиления и лесозаготовок и другого растительного сырья природного происхождения, ставит задачу по разработке древесно-цементных строительных материалов [3].

Путём изменения древесно-цементного отношения в композициях, степени уплотнения, вида и формы заполнения можно получить строительные материалы с различными физико-механическими свойствами [4]. Так, например, фибролит является теплозвукоизоляционным материалом со средней плотностью 300–500 кг/м³, арболит – конструкционно-теплоизоляционный материал со средней плотностью 400–850 кг/м³, ЦСП – конструкционный плитный материал, который характеризуется¹ средней плотностью 1100–1400 кг/м³.

Одним из факторов, определяющих прочность арболита, является прочность сцепления различного рода частиц в поверхностном слое, т. е. адгезионная прочность. Физико-механические свойства арболита зависят от ряда факторов технологического характера. Основными из которых являются: 1) оптимальный по проч-

ности состав арболита, при котором достигается наибольшая прочность материала; 2) оптимальные технологические параметры обработки изделий, обеспечивающие полноту протекания химических реакций компонентов арболита. Плотность арболита зависит от плотности вяжущего и заполнителя, пористости и водотвёрдого соотношения [5]. Средняя плотность арболита при использовании в качестве заполнителя рисовой лузги, древесной дроблёнки, сечки камыша и дроблёной рисовой соломы изменяется в пределах 600–900 кг/м³, при этом арболитовые изделия по своим физико-механическим свойствам не уступают его аналогам в других странах на примере дюрисола, велокса и пилинобетона [6]. Рассматриваются варианты производства композиционных материалов с использованием таких наполнителей, как опилки, отсев, кора и скоп. В качестве связующего использовался цемент, а химическими добавками служили сернокислый алюминий и жидкое стекло. Отмечается, что наивысший предел прочности на сжатие (2,72 Мпа) проявляется у композита с наполнителем в виде древесных опилок [6]. При производстве арболита предлагается использовать: щепу, полученную из сухих кусковых отходов – 28,5 %, портландцемент – 31,8 %, воду – 39,7 % [7]. По прочности на сжатие по ГОСТ 19222-2019² полученный арболит соответствует марке М5, т. е. относится к теплоизоляционным материалам.

В результате исследования переработки сухостойной и усыхающей древесины ели бисульфитным способом установлено [8], что при усыхании значительно изменяется только содержание экстрактивных веществ. Авторы отмечают, что в усыхающей и сухостойной древесине содержание легкогидролизуемых полисахаридов и экстрактивных веществ ниже, чем в здоровой древесине, что положительно сказывается на получении более прочных материалов и снижении расхода химических добавок, а переработка

¹ Плиты цементно-стружечные. Технические условия: ГОСТ 26816-86. М.: Изд-во стандартов, 1986. 11 с.

² ГОСТ 19222-2019. Арболит и изделия из него. Общие технические условия. М.: Стандартинформ, 2019. 34 с.

сухостоя положительно отразится на экологической обстановке в целом [8].

Для снижения негативного влияния сахаров, содержащихся в древесном наполнителе, на набор прочности изделий применяют добавки-минерализаторы, в основном, жидкое натриевое стекло. Суть его действия заключается в образовании плёнки вокруг древесного наполнителя для снижения влияния сахаров на цементное тесто [9].

Снижение содержания сахаров в древесине может быть выполнено в процессе предварительной термомодификации древесного наполнителя путём нагрева ВЧ-плазмой [10]. В ходе исследования было выявлено, что термомодификация древесного наполнителя не только снижает количество сахаров в древесине, но и повышает её адгезионные свойства за счёт расширения и упорядочивания пор в древесине.

При производстве термодревбетона рекомендуют использовать измельчённое древесное сырьё размером 5–40 мм, его сушку и термическую модификацию в паровоздушной среде при температуре от 140 до 240 °С с последующей промывкой полученного материала водой и обработкой в течение не менее 30 минут в 5 % водном растворе поливинилацетатной эмульсии [11].

Влажность сухостойной древесины примерно одинакова по всей длине ствола и составляет 23–25 %, а у здоровой древесины влажность намного выше, и она увеличивается от комля к вершине. Это может положительно сказаться на сокращении времени выдержки древесного сырья для производства арболита при использовании сухостойной древесины [12].

В процессе обработки древесины на технологических линиях по производству оцилиндрованных брёвен образуются значительные, до 40 – 45 % объёма, отходы в виде измельчённой древесины. Этот объём является энергетическим ресурсом и может быть вовлечён для производства топлива [13] или в качестве наполнителя в изготовлении древесно-цементных композитов.

Таким образом, существует достаточно большое разнообразие древесных композиционных материалов, но не суще-

ствует единых стандартов и рецептур по изготовлению арболита.

Цель работы – исследование физико-механических свойств древесно-цементных композитов, изготовленных с использованием сухостойной древесины.

Задачи исследования: 1) определить влияние вида наполнителя на физико-механические свойства арболита; 2) доказать или опровергнуть возможность использования отходов оцилиндровки брёвен из сухостойной древесины для изготовления арболита.

Методика и материалы исследования

При проведении исследования были использованы методы построения гипотез, анализ и синтез, натурные эксперименты, а также статистический метод обработки материала. Технические характеристики арболита определены требованиями ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия».

Для проведения исследования изготавливался теплоизоляционный арболит с классом арболита по прочности на сжатие В0,5. Для определения прочности на сжатие изготовили четыре партии разных вариантов по пять образцов в каждой. В I варианте изготовили арболит с использованием отходов оцилиндровки брёвен из здоровой древесины в качестве наполнителя, в качестве химической добавки использовали стекло натриевого жидкое. Во II варианте изготовили арболит с использованием отходов оцилиндровки брёвен из сухостойной древесины в качестве наполнителя, в качестве химической добавки использовали хлорид кальция. В III варианте – арболит с использованием отходов оцилиндровки брёвен из сухостойной древесины в качестве наполнителя, в качестве химической добавки использовали стекло натриевого жидкое. В IV варианте – арболит с использованием отходов оцилиндровки брёвен из здоровой и сухостойной древесины в качестве наполнителя с соотношением 1:1, в качестве химической добавки использовали стекло натриевого жидкое.

Во всех вариантах в качестве древесного наполнителя использовалась отсортированная щепа без коры следующего фракцион-

ного состава: 20 мм – не более 5 %, 10 мм – не более 35 %, 5 мм – не более 60 %.

Для каждого образца арболита общий вес древесного заполнителя составил 612 г. В смесь также добавлялись химические добавки в виде хлорида кальция и жидкого натриевого стекла, общим весом 27 г для каждого образца. В качестве вяжущих материалов для изготовления арболита применяли портландцемент марки М400, общим весом 950 г для каждого образца. Также было определено оптимальное количество необходимой воды, что составило 1 л для всех вариантов опыта. Для приготовления арболитовой смеси смешивали компоненты в следующей последовательности: измельчённая древесина, химическая добавка, смешанная с водой (0,5 л), портландцемент с водой (0,5 л) и всё хорошо перемешивали.

Далее полученную смесь укладывали в металлические формы-кубы с длиной грани 150 мм. Для более однородного распределения смеси полученный состав укладывали послойно, высотой не более 5 см, с последующим уплотнением путём трамбования. Заполненные формы выдерживали в течение суток, после чего производили распалубку.

Затем образцы выдерживали в течение 28 суток в комнатных условиях при температуре 20 ± 2 °С и относительной влажности воздуха 50 ± 10 % (рис. 1).



Рис. 1. Образцы арболита
Fig. 1. Samples of arbolite

Определение усилия сжатия, при котором разрушается образец, проводилось на разрывной машине Р-10, а прочность на сжатие – по ГОСТ 10180-2012³.

Для определения влажности арболита от образца отбирается дроблёная проба, масса которой должна быть не более 200 г. Взятые пробы взвешивают. Далее пробы подвергают сушке до постоянной массы, при температуре 105 ± 2 °С. Влажность определялась по формуле:

$$W = \frac{m - m_0}{m_0} \cdot 100, \%$$

где m и m_0 – масса пробы до и после высушивания.

Оценку достоверности различий между групповыми средними плотности, предела прочности при сжатии и влажности образцов арболита проводили на основании результатов дисперсионного анализа и теста Тьюки (Tukey HSD) с доверительной вероятностью 95 % в программном комплексе SigmaPlot 14 (Systat Software Inc.).

Результаты исследований

Полученные данные исследования физико-механических свойств арболита, изготовленного по разным вариантам, приведены в табл. 1.

Арболит из смеси здоровой и сухостойной древесины с добавлением жидкого натриевого стекла (вариант 4) обладает более высокими физико-механическими свойствами, в сравнении с остальными образцами (см. табл. 1). Образцы только из сухостойной древесины с применением жидкого натриевого стекла (вариант 3), показали более высокие значения, кроме плотности, по сравнению с образцами из здоровой древесины с применением жидкого натриевого стекла (вариант 1) и образцами из сухостойной древесины с добавлением хлорида кальция (вариант 2). Самые низкие показатели выявлены у образцов арболита, изготовленного из сухостойной древесины с применением хлорида кальция (вариант 2), который по показателям плотности не соответствует ГОСТ 19222-2019, т. к. плотность меньше 500 кг/м^3 .

³ ГОСТ 10180 – 2012. Бетоны. Методы определения прочности по контрольным образцам. М.: Стандартинформ, 2013. 30 с.

Таблица 1. Показатели физико-механических свойств образцов арболита по разным вариантам
 Table 1. Indicators of the physical and mechanical properties of arbolite samples in relation to different experimental variants

№ обр.	Масса, г	Размеры, мм			ρ, кг/м³	Р, Н	F, мм²	Rсж, МПа	W, %
		L	B	H					
Вариант 1 – Арболит из здоровой древесины с применением жидкого натриевого стекла									
1	1865	142	148	150	591,61	24500	21016	1,05	3,5
2	1845	146	140	150	601,76	24400	20440	1,01	3,5
3	1900	143	150	153	578,94	27146	21450	1,14	4,9
4	1750	150	150	152	511,70	20778	22500	0,82	4,3
5	1740	147	151	155	505,74	15900	22197	0,65	4,5
Средн.	1820 ±31,9	145,6 ±1,4	147,8 ±2,0	152,0 ±0,9	557,9 ±20,4	22544 ±1945,0	21520,6 ±377,1	0,93 ±0,1	4,1 ±0,3
Вариант 2 – Арболит из сухостойной древесины с применением хлорида кальция									
1	1455	150	149	150	434,00	15400	22350	0,68	7,33
2	1505	150	149	152	443,01	17600	22350	0,76	7,3
3	1510	152	147	152	444,60	17600	22344	0,76	7,41
4	1665	152	152	155	464,94	22600	23104	0,92	7,57
5	1480	146	154	150	438,83	15200	22484	0,67	7,4
Средн.	1523 ±36,8	150 ±1,1	150,3 ±1,24	151,8 ±0,92	445,0 ±5,3	17680 ±1333,6	22526,4 ±146,8	0,76± 0,04	7,4 ±0,05
Вариант 3 – Арболит из сухостойной древесины с применением жидкого натриевого стекла									
1	1720	142	150	150	538,34	20700	21300	0,97	9,6
2	1800	145	153	150	540,91	24300	22185	1,09	12,21
3	1780	150	150	150	527,41	23700	22500	1,05	10,12
4	1795	148	153	151	524,97	23100	22644	1,02	8,67
5	1830	152	147	150	546,01	22600	22344	1,01	10,92
Средн.	1785 ±18,1	147,4 ±1,78	150,6 ±1,12	150,2 ±0,20	535,5 ±4,03	22880 ±615,14	22194,6 ±236,4	1,03 ±0,02	10,30 ±0,60
Вариант 4 – Арболит из сухостойной и здоровой древесины в соотношении 1:1 с применением жидкого натриевого стекла									
1	1810	147	145	150	566,11	28880	21315	1,35	10,8
2	1800	147	150	150	544,22	23600	22050	1,07	10,78
3	2150	152	149	153	620,46	48400	22648	2,13	10,49
4	1870	149	147	152	561,69	29600	21903	1,35	10,44
5	1750	147	148	150	536,25	24000	21756	1,07	9,87
Средн.	1876 ±71,1	148,4 ±1,0	147,8 ±0,9	151,0 ±0,6	565,7 ±14,7	30896 ±4543,8	21934 ±216,7	1,39 ±0,2	10,48 ±0,2

Примечание: ρ – плотность, кг/м³; Р – усилие сжатия при разрушении, Н; F – площадь поперечного сечения, мм²; Rсж – прочность на сжатие, МПа; W – влажность, %.

Результаты оценки достоверности различий между групповыми средними по плотности, прочности на сжатие и влажности образцов арболита приведены в табл. 2.

Таблица 2. Оценка однородности средних значений физико-механических свойств арболита
Table 2. Assessment of the uniformity of the average values of arbolite physical and mechanical properties

Варианты арболита	ρ , кг/м ³	Рсж, МПа	W, %
№ 1	X	X	X
№ 2	X	X	X
№ 3	X	XX	XX
№ 4	X	X	X

Примечание: ρ – плотность, кг/м³; Р – усилие сжатия при разрушении, Н; F – площадь поперечного сечения, мм²; Рсж – прочность на сжатие, МПа; W – влажность, %.

Расположение символов «X» в табл. 2 в одном столбце для различных вариантов исполнения композиций арболита указывает на однородность средних. На основании результатов дисперсионного анализа и теста Тьюки установлено значимое влияние состава композиции арболита на его физико-механические свойства.

По плотности по средним показателям имеет максимальное расхождение вариант 2, где использовалась сухостойная древесина с применением хлорида кальция. По показателю прочности на сжатие выявлено наибольшее отклонение средних в варианте 4. При этом в вариантах 3 и 4 средние показатели Рсж более однородны, по сравнению с другими вариантами. По влажности значимо выше

показатели выявлены в вариантах 3 и 4. По показателю W максимальное отклонение имеет вариант 4.

Для проверки гипотезы о равенстве нескольких средних значений, соответствующих различным группам, которые отличаются составом древесных наполнителей, был использован способ однофакторного дисперсионного анализа (ANOVA). При этом для подтверждения наших суждений были обработаны только варианты 1, 3 и 4, которые отличаются только одним фактором – составом наполнителя. Во всех этих трёх вариантах использовалась одна химическая добавка – жидкое натриевое стекло. Результаты исследования приведены в табл. 3 и 4.

Отсутствие влияния типа наполнителя на плотность арболита (см. табл. 3) демонстрируют результаты однофакторного дисперсионного анализа ($F_{\text{расч.}}(1,13) < F_{\text{таб.}}=3,89$), что доказывает возможность использования сухостойной древесины для его изготовления. Качество наполнителя на плотность арболита влияет лишь на 15,9 %, а остальные 84,1 % объясняются влиянием других факторов.

Однофакторный дисперсионный анализ также показал отсутствие влияния типа наполнителя на прочность арболита на сжатие ($F_{\text{расч.}}(3,86) < F_{\text{таб.}}=3,89$).

Показатели влажности арболита в зависимости от типа наполнителя и химической добавки приведены на рис. 2.

Таблица 3. Результаты ANOVA влияния типа наполнителя на плотность арболита

Table 3. Results of ANOVA of the effect of the filler type on the density of arbolite

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Критерии Фишера		Доля влияния, %
				F-расч.	F-таб.	
Вид древесного наполнителя	2461,09	2	1230,54	1,13	3,89	15,9
Прочие факторы	13025,55	12	1085,46			84,1
Итого	15486,63	14				100

Таблица 4. Результаты ANOVA влияния типа наполнителя на прочность на сжатие арболита

Table 4. Results of ANOVA of the effect of the filler type on the compressive strength of arbolite

Источник вариации	Сумма квадратов	Число степеней свободы	Средний квадрат	Критерии Фишера		Доля влияния, %
				F-расч.	F-таб.	
Вид наполнителя	0,590653	2	0,295327	3,86	3,89	39,1
Прочие факторы	0,91892	12	0,076577	-	-	60,9
Итого	1,509573	14		-	-	100

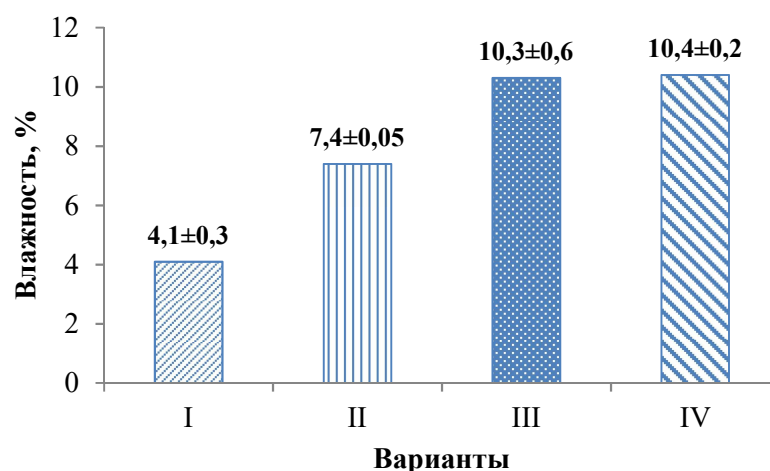


Рис. 2. Диаграмма показателей средней влажности образцов арболита по вариантам, где I – арболит из здоровой древесины с применением жидкого натриевого стекла; II – арболит из сухостойной древесины с применением хлорида кальция; III – арболит из сухостойной древесины с применением жидкого натриевого стекла; IV – арболит из сухостойной и здоровой древесины в соотношении 1:1 с применением жидкого натриевого стекла

Fig. 2. Diagram of the average moisture content of the arbolite samples with regard to different experimental variants: I – arbolite made from sound wood using liquid sodium glass;

II – arbolite made from deadwood using calcium chloride;

III – arbolite made from deadwood using liquid sodium glass;

IV – arbolite made from deadwood and sound wood in a 1:1 ratio, using liquid sodium glass

Для выявления зависимости плотности арболита от других факторов, в том числе и от влажности, нами был применён метод корреляционного анализа по четырём показателям объединённой выборки. Исследования показали, что плотность арболита не зависит от влажности ($r=0,07$), но имеет сильную корреляционную зависимость с показателем усилия сжатия при разрушении ($r=0,75$) и показателя прочности на сжатие ($r=0,75$) (табл. 5).

Таблица 5. Результаты корреляционного анализа

Table 5. Results of the correlation analysis

Показатели	Варианты (см. табл. 1)			
	1	2	3	4
1. Плотность	1	-	-	-
2. Усилие сжатия при разрушении	0,75	1,00	-	-
3. Прочность на сжатие	0,75	0,99	1,00	-
4. Влажность	0,07	0,33	0,43	1,00

Минимальная влажность образцов выявлена у арболита, изготовленного из здоровой древесины с применением жидкого натриевого стекла (4,1 %) – вариант I, а максимальная влажность в III, где арболит был изготовлен из сухостойной древесины с применением жидкого натриевого стекла, и IV варианте, где использованы наполнители сухостойной и здоровой древесины в соотношении 1:1 с применением жидкого натриевого стекла.

Выводы

Арболит, изготовленный из отходов оцилиндровки брёвен сухостойной древесины в качестве наполнителя и жидкого натриевого стекла, по физико-механическим свойствам соответствует требованиям ГОСТ 19222-2019 «Арболит и изделия из него. Общие технические условия».

Для повышения прочности арболита необходимо добавлять минерализатор в виде жидкого натриевого стекла или добавлять в смесь наполнитель сухостойной и здоровой древесины в соотношении 1:1.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Саркисов Ю. С., Кузнецова Т. В. Синергетика и принципы неравновесного строительного материаловедения // Техника и технология силикатов. 2009. Т. 16, № 4. С. 2–6. EDN: KWTXIR
2. Комбинированные процессы структурообразования древесно-цементных композиций / Ю. С. Саркисов, Н. П. Горленко, Н. В. Субботина и др. // Вестник Томского государственного архитектурно-строительного университета. 2016. № 4 (57). С. 107–115. EDN: WILYNV
3. Наназашвили И. Х. Важнейшая экономическая задача – увеличение объёмов глубокой переработки древесины // Строительные материалы. 2003. № 7. С. 35–36. EDN: IBEJPR
4. Наназашвили И. Х. Арболит – эффективный строительный материал. М.: Стройиздат, 1984. 121 с.
5. Филичкина М. В. Производство опилкобетона в условиях лесного нижнего склада // Вестник Саратовского госагроуниверситета им. Н. И. Вавилова. 2010. № 3. С. 27–29. EDN: LDGJRX
6. Удербаетов С. С. Усовершенствование технологии арболита на основе растительного сырья Республики Казахстан // Вестник НАН РК. 2005. № 4. С. 47–51.
7. Федосенко И. Г. Использование сухих отходов деревообработки в производстве строительных материалов // Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2014. № 2 (166). С. 128–130. EDN: WKTTQN
8. Громыко С. А., Замалеев В. К., Троянов А. И. Физико-механические свойства древесины лесов, повреждённых стихийными воздействиями // Рук. деп. во ВНИПИЭИлеспрое, 1988. № 2404-лб 88. 19 с.
9. Краснова В. Ф., Зотов Д. А. Применение химических добавок для изготовления арболита // Актуальные направления научных исследований XXI века: теория и практика. 2018. Т. 6, № 4 (40). С. 38–41. EDN: SNOLYT
10. Экспериментальное исследование физического эффекта обработки древесных отходов ВЧ-плазмой / Е. Ю. Разумов, Р. Р. Сафин, Р. Р. Хасаншин и др. // Деревообрабатывающая промышленность. 2009. № 1. С. 24–25. EDN: TEKENJ
11. Патент № 2790390 С1 Российская Федерация, МПК C04B 18/26, C04B 28/04, C04B 40/00. Способ изготовления термодревбетона: № 2021139396: заявл. 27.12.2021; опубл. 17.02.2023 / В. Ю. Чернов, Ю. В. Чернов, А. С. Разинов и др.; заявитель Общество с ограниченной ответственностью «Новые лесные технологии». EDN: ZWUSDG
12. Матюшкина А. П., Агеева М. И. Свойства древесины и целлюлозы из сухостоя сосны // Физико-химические исследования древесины и её комплексное использование: сборник материалов конференции. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, Институт леса, 1978. С. 24–38.
13. Технологические факторы, влияющие на неравномерность технологического процесса производства оцилиндрованных брёвен для деревянного домостроения / И. Р. Шегельман, П. В. Будник, В. Н. Баклагин и др. // Инженерный вестник Дона. 2013. № 4 (27). Ст. 39. EDN: SBLJGT

Статья поступила в редакцию 13.01.2024; одобрена после рецензирования 04.03.2024; принята к публикации 27.05.2024

Информация об авторах

КРАСНОВА Валентина Феликсовна – кандидат технических наук, доцент кафедры деревообрабатывающих производств, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – процессы раскрытия низкокачественной древесины на пилопродукцию; прогнозирование выхода пилопродукции из круглых лесоматериалов. Автор 60 научных публикаций, в том числе четырёх учебных пособий и 13 патентов. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4349-2049>; SPIN-код: 9674-2622

КРАСНОВ Виталий Геннадьевич – доктор сельскохозяйственных наук, профессор кафедры лесных культур, селекции и биотехнологии, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – искусственное лесовосстановление, рациональное природопользование. Автор 160 научных публикаций, в том числе шести учебных пособий, монографии и 25 патентов. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0742-0393>; SPIN-код: 3179-8907

ШАРАПОВ Евгений Сергеевич – доктор технических наук, профессор кафедры строительных конструкций и водоснабжения, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – неразрушающий контроль физико-механических свойств древесины и рациональное использование древесных ресурсов леса. Автор 120 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6500-5377>; SPIN-код: 4400-2367

ПЕТУХОВ Игорь Валерьевич – доктор технических наук, профессор кафедры проектирования и производства ЭВС, ректор, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – интеллектуальный анализ, человеко-машинные системы, автоматическое управление. Автор 163 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2365-4857>; SPIN-код: 6009-1846

АНИСИМОВ Павел Николаевич – кандидат технических наук, доцент кафедры энергообеспечения предприятий, Поволжский государственный технологический университет. Область научных интересов – технология и машины лесозаготовок и лесного хозяйства. Автор 82 научных публикаций. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>; SPIN-код: 9087-4940

Вклад авторов:

Краснова В. Ф. – методология исследования, проведение эксперимента, анализ полученных результатов, подготовка исходного текста.

Краснов В. Г. – информационный поиск, проведение статистического анализа и редактирование текста.

Шарапов Е. С. – научное руководство, проведение статистического анализа.

Петухов И. В. – научная консультация, окончательное утверждение версии для публикации.

Анисимов П. Н. – проведение эксперимента, анализ полученных результатов.

Конфликт интересов: авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.

Scientific article

UDC 674.8

<https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.2.46>

EDN: KDHXPB

Physical and Mechanical Properties of Wood-Cement Composites Based on Log Rounding Waste

V. F. Krasnova, V. G. Krasnov[✉], E. S. Sharapov, I. V. Petukhov, P. N. Anisimov

Volga State University of Technology,
3, Lenin Sq., Yoshkar-Ola, 424000, Russian Federation
KrasnovVG@volgatech.net ✉

Abstract. Introduction. Obtaining high-quality, eco-friendly and cost-effective building materials is the main task of researchers and construction organizations. The key element of cost reduction is the use of cheaper raw materials. In the manufacture of wood-cement composites, deadwood can be the basic raw material for producing the filler. The natural drying of deadwood under the influence of external factors leads to the degradation of harmful compounds, but, at the same time, the wood loses its properties and becomes susceptible to rot and pest attacks. *The purpose* of the research is to study the physical and mechanical properties of wood composite materials incorporating log rounding residues, as well as to compare these properties with the requirements specified in the standards for using these materials for constructing low-rise buildings. *Results.* The study revealed the physical and mechanical properties of arbolite filled with the log rounding waste obtained from deadwood and sound wood. The test results showed that arbolite containing deadwood log roundup waste as a filler meets the requirements of the GOST 19222-2019 standard "Arbolite and its products. Specifications". This proves deadwood applicability for manufacturing wood-cement composites. *Conclusions.* In terms of its physical and mechanical properties, arbolite filled with deadwood log rounding waste and liquid sodium glass meets the requirements of GOST 19222-2019 "Arbolite and its products. Specifications". To increase the strength of the arbolite, a mineralizer in the form of liquid sodium glass or a filler made up of deadwood and sound wood in a 1:1 ratio should be added to the mixture.

Keywords: arbolite; deadwood; log rounding waste; density; compressive strength; moisture

Funding: this study was not supported by any external sources of funding.

For citation: Krasnova V. F., Krasnov V. G., Sharapov E. S., Petukhov I. V., Anisimov P. N. Physical and Mechanical Properties of Wood-Cement Composites Based on Log Rounding Waste. *Vestnik of Volga State University of Technology. Ser.: Forest. Ecology. Nature Management.* 2024;(2):46–55. (In Russ.). <https://doi.org/10.25686/2306-2827.2024.2.46>; EDN: KDHXPB

REFERENCES

1. Sarkisov J.S., Kouznetsova T. V. Synergetic and principles of unbalance building material investigation. *Technique and Technology of Silicates.* 2009;16(4):2–6. EDN: KWTXIR (In Russ.).
2. Sarkisov Yu. S., Gorlenko N. P., Subbotina N. V. et al. Combined processes of structurization of wood-cement compositions. *Journal of Construction and Architecture.* 2016;(4(57)):107–115. EDN: WILYNV (In Russ.).

3. Nanazashvili I. Kh. The most important economic task is to increase the volume of deep wood processing. *Construction Materials*. 2003;(7):35–36. EDN: IBEJPR (In Russ.).
4. Nanazashvili I. H. Arbolite (wood-concrete) is an efficient building material. Moscow: Strojizdat Publ.; 1984. 121 p. (In Russ.).
5. Filichkina M. V. Production of sawdust concrete in a lower timber yard. *Bulletin of Saratov State Agrarian University named after N. I. Vavilov*. 2010;(3):27–29. EDN: LDGJRX (In Russ.).
6. Uderbayev S. S. Improving the technology of wood concrete based on plant raw materials of the Republic of Kazakhstan. *Bulletin of NAS RK*. 2005;(4):47–51. (In Russ.).
7. Fedosenko I. G. Use of dry wood waste in the production of building materials. *Proceedings of BSTU. Forest and Woodworking Industry*. 2014;(2):128–130. EDN: WKTTQN (In Russ.).
8. Gromyko S. A., Zamaleev V. K., Troyanov A. I. Physico-mechanical properties of wood from forests damaged by natural influences. Manuscript deposited in VNIPIEllesprom in 1988, No 2404-lb 88. 19 p. (In Russ.).
9. Krasnova V. F., Zotov D. A. The use of chemical additives for the production of arbolita. *Current Directions of Scientific Research of the XXI century: Theory and Practice*. 2018;6(4):38–41. EDN: SNOLYT (In Russ.).
10. Razumov E. Yu., Safin R. R., Khasanshin R. R. et al. Experimental study of the physical effect of treating wood waste with RF plasma. *Derevoobrabativalushaya promishlennost' (Woodworking Industry)*. 2009;(1):24–25. EDN: TEKENJ (In Russ.).
11. Chernov V. Yu., Chernov Yu. V., Razinov A. S. et al. Method for making thermo-papercrcrete. Patent RF 2790390, 17 February 2023. (In Russ.).
12. Matyushkina A. P., Ageeva M. I. Properties of wood and pulp from pine deadwood. In: *Physico-Chemical Studies of Wood and Its Multipurpose Use: collection of conference materials*. Petrozavodsk: Karelian Branch of the USSR Academy of Sciences; 1978. Pp. 24–38. (In Russ.).
13. Shegelman I. R., Budnik P. V., Baklagin V. N. et al. Technological factors influencing on technological process of cylindrical logs manufacturing for wood construction. *Engineering Journal of Don*. 2013;(4(27)):39. EDN: SBLJGT (In Russ.).

The article was submitted 13.01.2024; approved after reviewing 04.03.2024; accepted for publication 27.05.2024

Information about the authors

Valentina F. Krasnova – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair of Woodworking Production, Volga State University of Technology. Research interests – processes of cutting low-quality wood into lumber products; forecasting the yield of sawn products from round timber. Author of 60 scientific publications, including four textbooks and 13 patents. ORCID: <https://orcid.org/0009-0004-4349-2049>; SPIN: 9674-2622

Vitaly G. Krasnov – Doctor of Agricultural Sciences, Professor of the Chair of Artificial Crops, Selection and Biotechnology, Volga State University of Technology. Research interests – artificial reforestation, rational environmental management. Author of 160 scientific publications, including six textbooks, a monograph and 25 patents. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0742-0393>; SPIN: 3179-8907

Evgeniy S. Sharapov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair of Civil Engineering and Water Supply, Volga State University of Technology. Research interests: non-destructive testing of physical and mechanical properties of wood, rational use of forest timber resources. Author of 120 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6500-5377>; SPIN: 4400-2367

Igor V. Petukhov – Doctor of Technical Sciences, Professor of the Chair of Design and Production of Computing Systems, Rector, Volga State University of Technology. Research interests – data mining, human-machine systems, automatic control. Author of 163 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0009-0000-2365-4857>; SPIN: 6009-1846

Pavel N. Anisimov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor of the Chair of Enterprises Power Supply, Volga State University of Technology. Research interests – forestry and logging technology and machines. Author of 82 scientific publications. ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-7789-2399>; SPIN: 9087-4940

Contribution of authors:

Krasnova V. F. – research methodology, conducting an experiment, analyzing the results obtained, preparing the source text.

Krasnov V. G. – information retrieval, statistical analysis and text editing.

Sharapov E. S. – scientific guidance, statistical analysis.

Petukhov I. V. – scientific consultation, final approval of the version for publication.

Anisimov P. N. – conducting an experiment, analyzing the results obtained.

Conflict of interests: the authors declare no conflict of interest.

All authors read and approved the final manuscript.