

Научная статья

УДК 614.841.411:691.1

doi: 10.34987/2712-9233.2025.60.33.005

Влияние дисперсности древесины в строительных материалах на ее скорость термодеструкции

¹Максим Дмитриевич Болотов

¹Елизавета Андреевна Коваленко

¹Данила Олегович Плеханов

^{1,2}Александр Анатольевич Шубин

¹ Сибирский федеральный университет, Красноярск, Россия

² Сибирская пожарно-спасательная академия ГПС МЧС России, Железногорск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Александр Анатольевич Шубин, Ashubin@sfu-kras.ru

Аннотация. В статье представлено сопоставление результатов исследования скорости термодеструкции древесины в композитных строительных материалах — арболите, цементно-стружечной плите (ЦСП) и ориентированно-стружечной плите (ОСП), а также проведён сравнительный анализ их поведения при нагревании с цельной древесиной. Выявлены закономерности между структурой материалов, содержанием связующих и их способностью к выгоранию. Результаты позволяют оценить пожарную безопасность данных материалов и оптимизировать их применение в строительстве.

Ключевые слова: древесина, арболит, ЦСП, ОСП, термодеструкция, термогравиметрия, пожарная безопасность.

Для цитирования: Болотов М. Д., Коваленко Е. А., Плеханов Д.О., Шубин А.А. Влияние дисперсности древесины в строительных материалах на ее скорость термодеструкции // Актуальные проблемы безопасности в техносфере 2025. № 3(19). С. 30-35. [https://doi.org/ 10.34987/2712-9233.2025.60.33.005](https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.60.33.005)

The influence of dispersion wood in building materials on its rate of thermal destruction

¹Maksim D. Bolotov

¹Elizaveta A. Kovalenko

¹Danila O. Plehanov

^{1,2}Aleksandr A. Shubin

¹ Siberian Federal University, Krasnoyarsk, Russia

² Siberian Fire and Rescue Academy EMERCOM of Russia, Zheleznogorsk, Russia

Corresponding author: Aleksandr A. Shubin, Ashubin@sfu-kras.ru

Abstract. The article presents a comparative analysis of the thermal decomposition rates of wood in composite building materials—arbolite, cement-bonded particleboard (CBB), and oriented strand board (OSB)—alongside solid wood. The study investigates the relationship between material structure, binder content, and combustion behavior under thermal exposure. Key regularities linking structural characteristics to

burning patterns and mass loss rates are identified. The findings contribute to understanding fire performance of wood-based composites, providing insights for improving fire safety in construction applications and supporting informed material selection in building design.

Keywords: wood, arbolit, CBB, OSB, thermal destruction, thermogravimetry, fire safety

For citation: Bolotov M. D., Kovalenko E.A., Plehanov D. O., Shubin A. A. The influence of dispersion wood in building materials on its rate of thermal destruction// Actual problems of safety In the technosphere 2023. No. 3 (19). P. 30-35. <https://doi.org/10.34987/2712-9233.2025.60.33.005>

Выбор строительных материалов является ключевым вопросом при проектировании объектов любого функционального назначения. При этом строительные материалы и изделия должны полностью соответствовать требованиям, установленным законодательством РФ в области технического регулирования, а также обеспечивать долговечность и устойчивость зданий даже при воздействии опасных факторов пожара. Одним из самых популярных материалов является древесина и ее производные. В зависимости от вида дерева, древесина обладает разнообразными физическими и механическими свойствами, такими как плотность, прочность, цвет и текстура, а также хорошими конструкционными качествами. Однако, наиболее серьёзным недостатком древесины и изделий из неё является высокая горючесть. Таким образом, при проектировании объектов с использованием древесины необходимо уделять особое внимание обеспечению противопожарной безопасности, что может в себя включать ряд предлагаемых мероприятий: применение специальных пропиток - антипиренов, и конструктивные решения, снижающие риск возникновения пожара.

В строительных материалах таких как арболит, ДСП и ОСП применяются частицы древесины с различной степенью дисперсности. Уменьшение размеров частиц древесины, в рассматриваемых материалах, должно определять особенности их термодеструкции, а, следовательно, должна проявляться взаимосвязь между структурой материала и его термической стабильностью. Таким образом, целью работы является рассмотрение влияния дисперсности древесины в композитных строительных материалах на скорость их термодеструкции. В работе проведено сопоставление результатов термодеструкции следующих материалов: арболит [1], ЦСП [2], ОСП [3] и цельной древесины. Для сравнения выбран ряд параметров и характеристик: температурная зависимость относительной потери массы, приведенная массовая скорость выгорания и температурные показатели.

Арболит - блок, как правило, сформированный смесью цементного камня и древесной дробленки [4]. Дробленка представляет собой пластинчатые или игольчатые частицы древесины длиной от 2 до 20 мм. Арболит относится к слабогорючим материалам с классом горючести Г1 и трудновоспламеняемостью В1 согласно [5].

Цементно-стружечная плита (ЦСП) — композиционный листовый строительный материал, изготавливаемый из тонкой древесной стружки длиной до 4 мм, цемента и химических добавок [6]. По пожарной безопасности плиты относятся к группе горючести Г1 (трудногорючие), к группе воспламеняемости В1 (трудновоспламеняемые) в соответствии с [5].

Ориентированно-стружечная плита (ОСП) – это спрессованный материал, состоящий из нескольких слоёв удлиненной щепы хвойных пород деревьев. ОСП обладает высокой прочностью и устойчивостью к воздействию внешних факторов. Представляет собой листы, изготовленные из древесной стружки размером более 50 мм и толщиной до 2 мм, прессованной и склеенной специальными смолами [7]. ОСП относится к сильногорючим материалам [8] и легковоспламеняемым (В3) согласно [9].

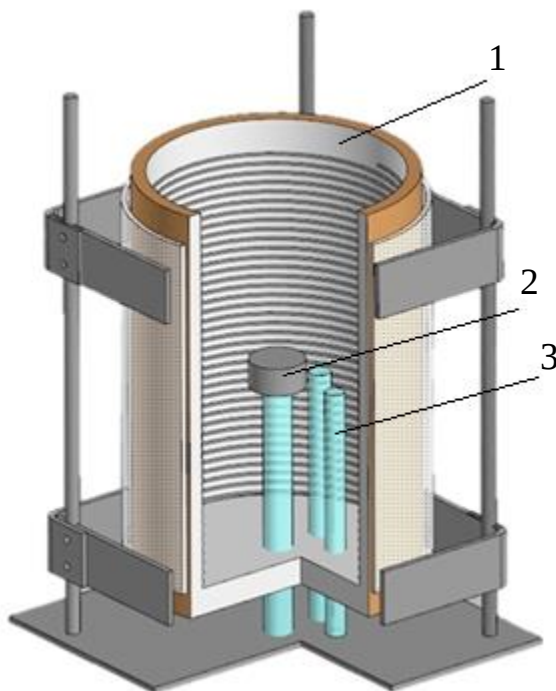
Для изучения термодеструкции древесины были использованы образцы со следующими характеристиками: размер 50x40x30 мм; площадь поверхности 0,0094 м² и влажностью не более 6%. Группа горючести древесины Г4 [8].

Все рассматриваемые в работе материалы исследовались по единой методике, основанной на методе термогравиметрии в режиме непрерывного нагрева от комнатной температуры до 700 °С со скоростями нагрева 5 и 7 град/мин. Нагрев образцов осуществляли в лабораторной установке, общий вид которой представлен на рисунке 1.

Основным частью установки является трубчатая резистивная печь, нагревающим элементом которой выступает нихромовая проволока. Исследуемый образец помещается внутрь печи на держатель.

Контроль массы образца осуществляется с помощью калиброванного тензодатчика, температура фиксируется с применением термопары хромель-алюмель.

В ходе проведения испытания, после предварительного измерения размеров образца и его начальной массы, осуществлялась фиксация времени, температуры в печи и массы образца каждую секунду. Полученные результаты далее обрабатывались для получения необходимой информации.



1 – печь; 2 – держатель образца, в основании которого находится тензодатчик; 3 – термопара для контроля температуры

Рис. 1. Общий вид трубчатой резистивной установки в разрезе

На рисунке 2 представлена зависимость относительной потери массы от температуры на примере образца дерева. Эту зависимость можно разбить на несколько участков. Первый участок — это низкотемпературный интервал (от 20 °С до 310 °С), обусловлен процессами декарбоксилирования и деструкции гемицеллюлозы. Второй участок — среднетемпературный интервал (от 310 °С до 400 °С), связываемый с интенсивным пиролизом древесины и формированием карбонизированного остатка. Третий участок — высокотемпературный интервал (от 400 °С и выше), характеризуется разложением лигнина и гетерогенным горением карбонизированного остатка. Полученная термическая картина поведения древесины полностью согласуется с результатами, полученными другими авторами [10 - 12].

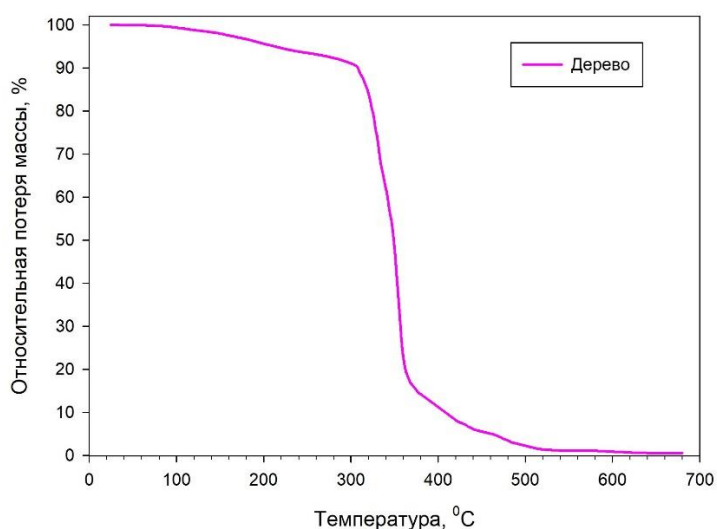


Рис. 2. Зависимости относительной потери массы от температуры для образца дерева при скорости нагрева в 5°C в минуту

Следует отметить, что для других рассматриваемых в работе материалов проявляется подобный вид температурной зависимости относительной потери массы. На рисунке 3 представлено сопоставление относительной потери массы образцов в зависимости от температуры и скорости нагрева. Можно отметить, что кривые потери массы для арболита и ЦСП смещены в низкотемпературную область относительно кривых образцов ОСП и дерева. Это, очевидно, можно связать природой этих материалов: более высока дисперсность древесины и наличие цементного камня.

При достижении температуры 670°C, значение массы образцов достигает предельной минимальной величины и практически не меняется.

Исходя из полученных результатов потери массы образцов при вариации температуры, по данным о геометрических размерах образцов и времени термолитиза, были оценены значения приведенной массовой скорости выгорания рассматриваемых образцов, которые представлены в таблице 1.

Согласно таблице 1 можно сказать, что с увеличением скорости нагрева образца массовая скорость выгорания сопоставляемых материалов возрастает. Также можно отметить влияние размеров древесной щепы на скорость выгорания материала. Чем меньше размер щепы, входящей в состав материала, тем выше массовая скорость выгорания.

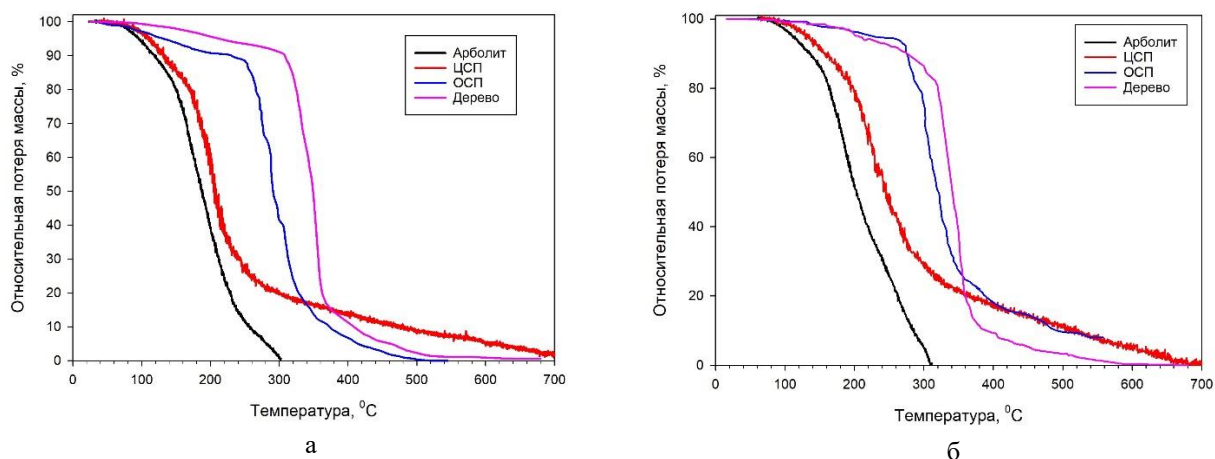


Рис. 3. Зависимости относительной потери массы образцов от температуры при скорости нагрева 5 (а) и 7 (б) °C/мин

Таблица 1 — Результаты оценки приведенной массовой скорости выгорания образцов

№	Материал	Размер частиц, мм	Размер образца, мм	Массовая скорость выгорания, $\text{кг}/(\text{м}^2 \cdot \text{с}) \cdot 10^{-3}$	
				5°C /мин	7°C/мин
1	Арболит	До 20	50x50x50	0,52	0,89
2	ЦСП	Менее 4	30x30x10	0,65	1,08
3	ОСП	Более 50	50x50x9	0,33	0,55
4	Дерево	-	50x40x30	0,34	0,62

Представляет интерес сопоставление значений температур, при которых у материалов достигается максимальная скорость потери массы. Соотношение этих температур в зависимости от вида строительного материала и скорости нагрева показано на рисунке 4.

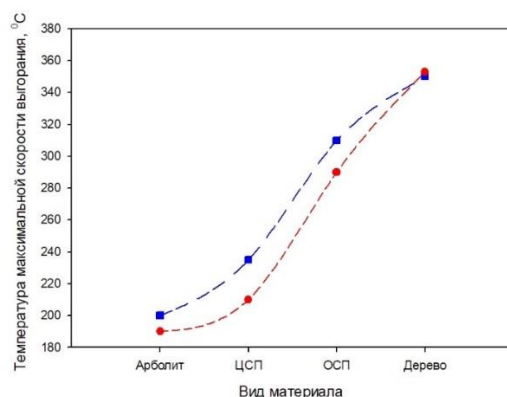


Рис. 4. Зависимость температуры максимальной скорости выгорания от строительного материала и скорости нагрева

Из-за повышения дисперсности древесных включений при переходе от ОСП к ЦСП, и далее к арболиту температура максимальной скорости выгорания снижается. При повышении скорости нагрева с 5 °C/мин до 7 °C/мин увеличивается температура максимальной скорости выгорания.

Таким образом, в ходе работы была установлена зависимость между дисперсностью материала и скоростью его выгорания для некоторых дерево содержащих строительных материалов. Также рассчитана приведенная массовая скорость выгорания при различном времени нагрева. Установлена зависимость относительной потери массы образцов от температуры при различной скорости нагрева.

Список источников

1. Шмидт, И.Д. Исследование термодеструкции арболита при равномерном непрерывном нагреве/ И.Д. Шмидт, А.А. Шубин// Проспект Свободный – 2023: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 24–29 апреля 2023 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 2188-2191.
2. Брюханов, А. С. Изучение термоокисления цементно-стружечной плиты при непрерывном нагреве / А. С. Брюханов, А. А. Шубин// Проспект Свободный – 2023: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 24–29 апреля 2023 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 2131-2134.
3. Агеев, Н. В. Исследование термодеструкции ориентировано-стружечных плит / Н. В. Агеев, В. И. Дударева, А. А. Захаренко, А. А. Шубин// Проспект Свободный – 2023: Материалы XIX Международной научной конференции студентов, аспирантов и молодых ученых, Красноярск, 24–29 апреля 2023 года. – Красноярск: Сибирский федеральный университет, 2023. – С. 2122-2124.
4. ГОСТ Р 54854-2011 Арболит и изделия из него. Общие технические условия. – Введ. 01.01.2020. – Москва: Стандартинформ, 2019. – 36 с.
5. ГОСТ Р 54854-2011 Бетоны легкие на органических заполнителях растительного происхождения. Технические условия. – Введ. 01.05.2012. – Москва: Стандартинформ, 2012. – 23 с.
6. ГОСТ 26816—2016 Плиты цементно-стружечные. – Введ. 01.01.2017. – Москва: Стандартинформ, 2016. – 19 с.
7. ГОСТ Р 56309-2014 Плиты древесные строительные с ориентированной стружкой (OSB). Технические условия. – Введ. 01.07.2015. – Москва: Стандартинформ, 2015. – 16 с.
8. ГОСТ 30244-94 Материалы строительные методы испытаний на горючесть. – Введ. 01.01.1996. – Москва: МНТКС. – 19 с.
9. ГОСТ Р 30402-96 Материалы строительные. Метод испытания на воспламеняемость. – Введ. 01.07.1996. – Москва: МНТКС. – 33 с.
10. Лоскутов, С. Р. Термический анализ древесины. Основных лесообразующих пород средней Сибири/ С. Р. Лоскутов, О. А. Шапченкова, А. А. Анискина// Сибирский лесной журнал. - 2015. - № 6. - С. 17–30.
11. Беззапонная, О. В. Оценка температуры воздействия на древесину в условиях. Пожара методами термического анализа/ О. В. Беззапонная//Техносферная безопасность. – 2020. - № 3. – С.70-80.

12. Беззапонная, О. В. Исследование пожарной опасности древесины различных пород методами термического анализа/ О. В. Беззапонная, Красильникова М. А., Евсеенкова А. М. и др.// Техносферная безопасность. – 2021. - № 3. – С.43-50.