

Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. 2024. С. 87–91.  
*Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. 2024. P. 87–91.*

Научная статья  
УДК 674.039

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВНУТРЕННЕГО ТРЕНИЯ В ДРЕВЕСИНЕ

**Александр Викторович Руссу<sup>1</sup>, Владимир Александрович Шамаев<sup>2</sup>,  
Илья Николаевич Медведев<sup>3</sup>, Павел Сергеевич Грачев<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Воронежский государственный лесотехнический университет  
им. Г. Ф. Морозова, Воронеж, Россия  
<sup>1, 2, 3, 4</sup> drevstal@mail.ru

**Аннотация.** Исследованы связи между внутренними структурными свойствами материалов и их влияние на макроскопические свойства материала. Изучение степени поглощения энергии в процессе внутреннего трения и затухание механической вибрации в древесине позволило получить информацию о структуре и свойстве материала. Приведены экспериментальные данные по изучению внутреннего трения в натуральной древесине с учетом влияния ультразвука и импульсного магнитного поля.

**Ключевые слова:** внутреннее трение, натуральная древесина, оценка качества материала

**Для цитирования:** Исследование внутреннего трения в древесине / А. В. Руссу, В. А. Шамаев, И. Н. Медведев, П. С. Грачев // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века. Екатеринбург, 2024. С. 87–91.

Original article

## STUDY OF INTERNAL FRICTION IN WOOD

**Alexander V. Russu<sup>1</sup>, Vladimir A. Shamaev<sup>2</sup>, Ilya N. Medvedev<sup>3</sup>, Pavel S. Grachev<sup>4</sup>**

<sup>1, 2, 3, 4</sup> Voronezh State Forest Engineering University named after G. F. Morozov, Voronezh, Russia

<sup>1, 2, 3, 4</sup> drevstal@mail.ru

**Abstract.** The relationships between the internal structural properties of materials and their influence on the macroscopic properties of the material were studied. Studying the degree of energy absorption in the process of internal friction and the attenuation of mechanical vibration in wood made it possible to obtain information about the structure and properties of the material. Experimental data are presented on the study of internal friction in natural wood, taking into account the influence of ultrasound and pulsed magnetic field.

**Keywords:** internal friction, natural wood, material quality assessment

**For citation:** Study of internal friction in wood / A. V. Russu, V. A. Shamaev, I. N. Medvedev, P. S. Grachev // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century. Yekaterinburg, 2024. P. 87–91.

Эффективная работа предприятий лесопромышленного комплекса напрямую связана с повышением качества продукции из древесины. Качество изделий из древесины во многом зависит от состояния исходного сырья [1–3]. Однако имеющаяся информация о древесине, возможности обнаружения основных сортообразующих пороков пока не позволяет приступить к созданию и внедрению систем на производстве, обеспечивающих сортировку по качеству древесного сырья и позволяющих не только снизить потери, но и увеличить выход качественной продукции.

Для обнаружения дефектов в деревянных конструкциях могут быть использованы различные методы, в том числе: анализ структуры невооруженным глазом, с помощью оптической и акустической спектроскопии, а также спектроскопии в инфракрасном и рентгеновском диапазонах. В реальной жизни качество древесины обычно оценивается на основе ее физических и механических свойств. Важную роль играют методы, чувствительные к структуре, такие как внутреннее трение, которые позволяют обнаруживать и количественно оценивать внутренние изменения в материалах. Анализ поглощения энергии и гашения механических вибраций в процессе внутреннего трения древесины дает ценную информацию о ее структуре и свойствах, которые чрезвычайно важны с точки зрения науки и практики. Неполное понимание процессов внутреннего трения древесины и рассеивания энергии может стать препятствием для разработки новых методов обработки древесины и композитов на ее основе.

Внутреннее трение (*internal friction*) – общее название механизмов превращения упругой энергии в тепловую, оно играет роль демпфирующего фактора. Понятие демпфирующей способности, зависящей от амплитуды колебаний, или затухание колебаний является синонимом внутреннего трения. Внутреннее трение определяется через добротность. Добротность – безразмерная характеристика колебательной системы, которая определяется отношением энергии, накопленной в колебательной системе, к энергии, которую расходует система за один период колебания. Добротность характеризует качество колебательной системы, потому что чем она больше, тем меньше потери энергии. Обозначается добротность символом  $Q$  (от англ. *quality factor*). Величина внутреннего трения принимается обратной добротности  $Q^{-1}$  [1, 2]

$$Q^{-1} = \frac{\Delta W}{2\pi W}, \quad (1)$$

где  $W$  – максимальная энергия в заданном объеме, запасенная за один период, Дж,

$\Delta W$  – рассеянная энергия в заданном объеме за один период, Дж.

Внутреннее трение также можно выразить через логарифмический декремент затухания колебаний

$$Q^{-1} = \frac{\delta}{\pi} = \frac{1}{\pi} \ln \left( \frac{A_n}{A_{n+1}} \right), \quad (2)$$

где  $\delta$  – логарифмический декремент колебаний, безразмерная величина,  $A_n$  и  $A_{n+1}$  – амплитуды соседних периодов колебаний.

Методика эксперимента описана в литературе [1, 2]. Проведенное обоснование выбора натуральной древесины в радиальном и тангенциальном направлениях обращено к определению физических свойств, выражаемых коэффициентом внутреннего трения древесины. Эксперименты показали, что анализ радиального и тангенциального внутреннего трения различных пород древесины позволяет оценить неоднородность ее структуры. Изучая величину внутреннего трения натуральной древесины в процессе изгиба при свободном затухании вибрации, можно определить разницу между коэффициентом внутреннего трения каждой древесины в радиальном и тангенциальном направлениях (рис. 1 и 2). Вертикальная ось – это логарифмический декремент затухания, горизонтальная ось – время обработки соответствующим физическим полем.

Особое внимание в работе уделено получению количественной оценки величины внутреннего трения для натуральной древесины с учетом воздействия температуры, влажности, ультразвука и импульсного магнитного поля.

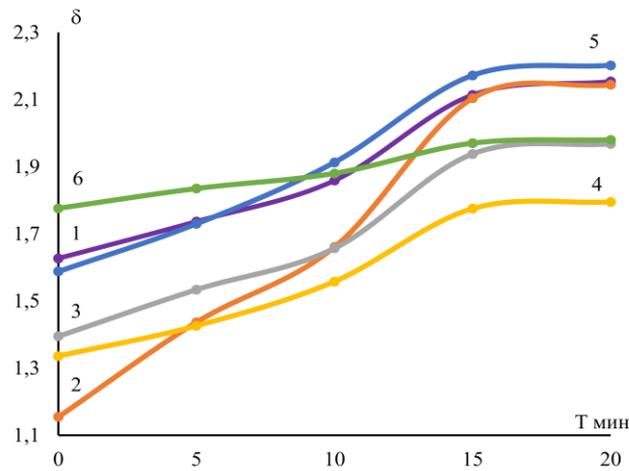


Рис. 1. Влияние ультразвука на величину  $\delta$  натуральной березы:  
 1 – радиальное направление; 2 – тангенциальное направление натурального дуба;  
 3 – радиальное направление; 4 – тангенциальное направление мореного дуба;  
 5 – радиальное направление; 6 – тангенциальное направление

Эксперименты показали, что влияние этих физических воздействий на древесину в зависимости от типа древесины обеспечивает уменьшение разницы в значениях внутреннего трения в радиальном и тангенциальном направлениях. Эти результаты могут быть использованы для оценки и контроля качества древесного сырья на предприятиях лесного хозяйства с учетом их физических характеристик [1].

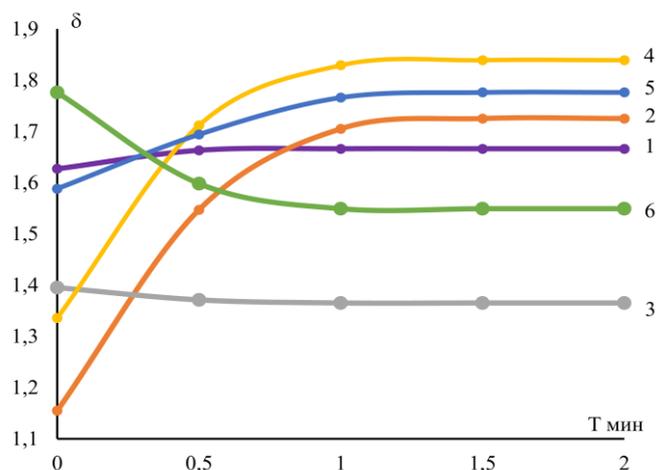


Рис. 2. Влияние импульсного магнитного поля на величину  $\delta$  натуральной березы:  
 1 – радиальное направление; 2 – тангенциальное направление натурального дуба;  
 3 – радиальное направление; 4 – тангенциальное направление мореного дуба;  
 5 – радиальное направление; 6 – тангенциальное направление

Экспериментально также установлено, что воздействие ультразвука и импульсного магнитного поля на натуральную древесину, имеющую внутренние пороки и дефекты, приводит к снижению величины внутреннего трения на 8–10 %.

## Основные выводы

1. В натуральной древесине установлено отличие между величинами внутреннего трения для радиального и тангенциального направлений в зависимости от древесной породы на 12–24 %. При воздействии физических полей на внутреннее трение в натуральной древесине это отличие в величине внутреннего трения снижается на 3–8 %.

2. Воздействие ультразвуковой обработки в течение первых 15 мин экспозиции на натуральную в зависимости от породы может повышать или понижать величину внутреннего трения на 46–72 % как в радиальном, так и тангенциальном направлении.

3. Воздействие импульсной магнитной обработки в течение первых 60 с экспозиции на натуральную в зависимости от породы может повышать или понижать величину внутреннего трения на 9–25 % как в радиальном, так и тангенциальном направлении.

## Список источников

1. Руссу А. В., Шамаев В. А., Зимелис А. Трещинообразование натуральной и модифицированной прессованием древесины березы повислой (*Betula pendula Roth*): эффект показателя внутреннего трения под влиянием внешних возмущений // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 3 (51). С. 219–235.

2. Исследование внутреннего трения натуральной и модифицированной прессованием древесины березы повислой (*Betula pendula Roth*) / А. В. Руссу, В. А. Шамаев, Е. М. Разиньков, А. Зимелис // Лесотехнический журнал. 2023. Т. 13, № 1 (49). С. 236–256.

3. Древесно-полимерные композиты с тростниковой мукой / А. Е. Шкуро, В. В. Глухих, В. Г. Буриндин, О. Ф. Шишлов // Вестник Технологического университета. 2021. Т. 24, № 3. С. 34–38.

## References

1. Russu A. V., Shamaev V. A., Zimelis A. Crack formation in natural and compression-modified wood of silver birch (*Betula pendula Roth*): the effect of the internal friction indicator under the influence of external disturbances // Forestry Journal. 2023. Vol. 13, No. 3 (51). P. 219–235.

2. Study of internal friction of natural and compression-modified wood of silver birch (*Betula pendula Roth*) / A. V. Russu, V. A. Shamaev, E. M. Razinkov, A. Zimelis // Forestry Journal. 2023. Vol. 13, No. 1 (49). P. 236–256.

3. Wood-polymer composites with cane flour / A. E. Shkuro, V. V. Glukhikh, V. G. Buryndin, O. F. Shishlov // Bulletin of the Technological University. 2021. Vol. 24, No. 3. P. 34–38.