

# СТРОИТЕЛЬНЫЕ КОНСТРУКЦИИ, ЗДАНИЯ И СООРУЖЕНИЯ



УДК 666.982+666.97

DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.01

**М. С. БАЛАБАНОВ**  
**С. А. БУТЕНКО**  
**А. С. ЛЕОНЕНКО**

## ИЗМЕНЕНИЕ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ И ДЕРЕВЯННЫХ КОНСТРУКЦИЙ ВО ВРЕМЕНИ

CHANGES IN THE STRENGTH OF WOOD AND WOODEN STRUCTURES IN TIME

Сохранение культурного наследия является одной из важнейших задач в современном мире. Проведение реставрационных работ зданий и сооружений требует всестороннего изучения памятника архитектуры, его внешнего облика, строительных материалов, из которых он изготовлен, а также его конструктивных особенностей. При ремонтно-реставрационных работах необходимо знать физико-механические характеристики материалов, в том числе древесины. Кроме того, требуется знать породу, из которой выполнена конструкция. Это можно сделать используя только комплекс исследований – химических, макрометрических и микрометрических. При помощи химических реакций определяют, к какому виду пород относится та или иная древесина – к хвойным или лиственным. Макрометрическим методом определяют такую особенность лиственных пород древесины, как их рассеянно-сосудистое или кольце-сосудистое строение. Микрометрический анализ позволяет более тонко исследовать полученные образцы и по их структуре однозначно определить конкретную породу, из которой изготовлена конструкция. Кроме того, выявлено изменение прочности древесины, эксплуатируемой более ста лет, по сравнению со справочными данными для этих пород.

**Ключевые слова:** ремонтно-реставрационные работы, древесина, деревянные конструкции, хвойные породы древесины, лиственные породы, прочность при изгибе, прочность при сжатии, прочность при скалывании, средняя прочность, плотность

The preservation of cultural heritage is one of the most important tasks in the modern world. Carrying out restoration work of buildings and structures requires a comprehensive study of an architectural monument, its appearance, building materials from which it is made, as well as its design features. During repair and restoration work, it is necessary to know the physical and mechanical characteristics of materials, including wood. In addition, you need to know the breed from which the structure is made. This can be done using only a set of studies – chemical, macrometric and micrometric. With the help of chemical reactions, it is determined what type of species this or that wood belongs to – coniferous or deciduous. The macrometric method determines such a feature of hardwood species as their diffuse-vascular or ring-vascular structure. Micrometric analysis makes it possible to study the obtained samples more subtly and, by their structure, unambiguously determine the specific rock from which the structure is made. In addition, a change in the strength of wood that has been used for more than a hundred years has been revealed, compared with reference data for these species.

**Keywords:** repair and restoration works, wood, wooden structures, coniferous wood, hardwood, bending strength, compressive strength, chipping strength, average strength, density

Реставрация и восстановление исторического облика зданий и сооружений является одной из первоочередных задач сохранения

исторического наследия. Именно старые здания создают неповторимый облик поселений и позволяют увидеть истинное лицо

городов и поселков, имеющих вековую историю [1–3].

На данный момент многие исторические здания и сооружения восстанавливаются, на них проводятся ремонтно-реставрационные работы. Большинство этих зданий были возведены либо из древесины, либо с применением конструкций из древесины. Это ограждающие конструкции, несущие балки покрытий и перекрытий, стропильные конструкции, стойки, а в отдельных случаях встречаются деревянные фундаменты. Естественно, возникают вопросы – возможно ли использовать эти конструкции или необходимо их заменять на новые, как изменились их характеристики по прошествии времени.

Сотрудниками кафедр производства строительных материалов, изделий и конструкций (ПСМИК) и металлических и деревянных конструкций (МДК) Академии строительства и архитектуры Самарского государственного технического университета (АСА СамГТУ) были проведены исследования основных характеристик образцов древесины, отобранных из элементов деревянных конструкций различных зданий – Доходный дом Шихобалова, г. Самара, ул. Ленинградская, 77 (рис. 1) и ветряная мельница первой половины XIX в. (рис. 2), которые сравнивались со справочными значениями для тех же пород.

При помощи макроскопического, микроскопического и химического анализа опреде-

лялись породы древесины, из которых были выполнены конструкции. Основные отличительные признаки пород и видов древесины определялись на образцах, взятых с указанных выше сооружений.

Химическим методом была установлена принадлежность древесины к хвойным или лиственным породам, для чего применили реакцию Мейле [4]. Суть методики заключается в реакции проб древесины на различные химические реагенты. После обработки химическими растворами марганца, соляной кислоты и аммиака древесина лиственных пород окрашивается в красный цвет, а хвойных – в желтый.

Для определения породы древесины использовался микроструктурный анализ с применением микроскопа Levenhuk 3L NG, оборудованного цифровой камерой Levenhuk M35 BASE Series, подключенной к ноутбуку, с установленным программным обеспечением LevenhukLite.

Использование микроскопического анализа позволяет более точно определить принадлежность древесины конструкции к той или иной породе.

Наличие однорядного расположения окаймленных пор (ОП) трахеид (рис. 3) свидетельствует о том, что исследуемый образец может быть отнесен к хвойным породам древесины – сосна или ель.



Рис. 1. Доходный дом Шихобалова, г. Самара, ул. Ленинградская, 77

Двухрядное расположение окаймленных пор трахеид означает, что образец отобран из изделия, выполненного из лиственницы (рис. 4).

Кроме определения различий хвойных пород, микрометрическое исследование позволяет определить, к какому типу лиственных пород относится исследуемый образец. Так, в качестве примера можно оценить срез березы с ее рассеянно-сосудистой структурой (рис. 5).

Макроструктурный анализ также позволяет определить породу использованной в конструкции древесины, примером может служить проба, отобранная из опорной стойки рамы мельницы (рис. 6). Её изучение свидетельствует о том, что данная конструкция выполнена из древесины дуба, что подтверждается наличием четко выраженных сердцевидных лучей (рис. 7), сосудов, расположенных вдоль годичных колец (кольцесосудистая древесина) (рис. 8), а также характерным кислым запахом при обработке.

Для того чтобы отличить древесину сосны от древесины ели, необходимо определить наличие (сосна) или отсутствие (ель) ядра у имеющейся пробы древесины, для этого необходим полный поперечный срез ствола, что не всегда возможно. Ведь чаще всего для анализа представляется лишь небольшая часть, щепы или

брусков, где отсутствует срединная часть ствола. В этом случае определение проводят исходя из цвета, рассматривается частота и размер ветвей, частота расположения годовых колец.

Физико-механические методы применялись для определения следующих показателей: плотность, кг/м<sup>3</sup>; водопоглощение, %; влажность, %; предел прочности при статическом изгибе, МПа; предел прочности при сжатии вдоль и поперек волокон, МПа.

Для определения этих показателей отобранные из различных конструкций пробы распиливались на отдельные образцы согласно нормам ГОСТа:

- для определения прочности на сжатие вдоль и поперек волокон выпиливались образцы с размерами 20x20x30 мм согласно ГОСТ 16483.10-73 и ГОСТ 16483.11-72\*, соответственно;

- для определения прочности при статическом изгибе выпиливались образцы с размерами 20x20x300 мм по ГОСТ 16483.3-84;

- для определения прочности при скалывании вдоль волокон выпиливались образцы специальной Т-образной формы по ГОСТ 16483.5-73\*.

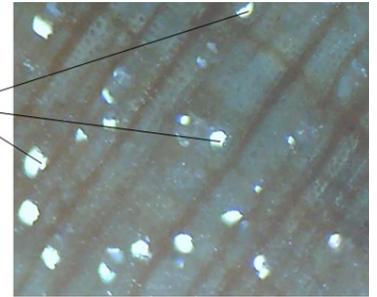
Результаты проведенных испытаний приведены в таблице. В ней же приведены справочные значения [5, 6].

Сводная таблица результатов испытаний

Порода древесины	Физико-механические характеристики древесины								Изменение характеристик, %			
	Средние значения при испытаниях				Средние справочные значения [6]							
	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R <sub>12</sub> ), МПа	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R <sub>12</sub> ), МПа	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R <sub>12</sub> ), МПа	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R <sub>12</sub> ), МПа	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R <sub>12</sub> ), МПа	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R <sub>12</sub> ), МПа	Плотность	Среднее значение прочности на сжатие вдоль волокон (R <sub>12</sub> )	Среднее значение предела прочности при статическом изгибе (R <sub>12</sub> )	Среднее значение предела прочности при скалывании вдоль волокон (R <sub>12</sub> )
Сосна	537	46,7	79,2	6,4	500	48,5	86,0	7,3	+7	-3,7	-7,9	-12,3
Лиственница	657	53,2	81,3	7,76	660	64,5	111,5	9,4	-0,5	-17,5	-27,1	-17,4
Ель быкновенная	446	36,1	46,6	6,38	445	44,5	79,5	6,8	+0,2	-18,9	-41,4	-6,2
Дуб	650	52,5	89,3	9,37	690	57,5	107,5	10,2	-5,8	-8,7	-16,9	-8,1



Рис. 2. Ветряная мельница первой половины XIX в., Самарская область, с. Бариновка



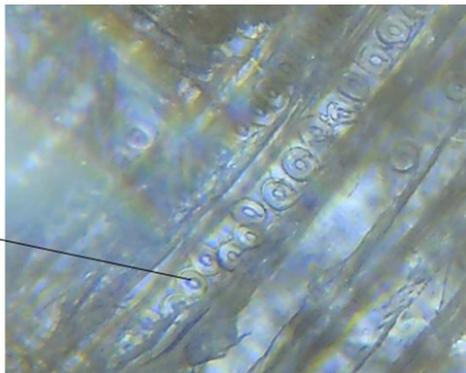
Хаотичное расположение сосудов

Рис. 5. Рассеянно-сосудистая структура березы



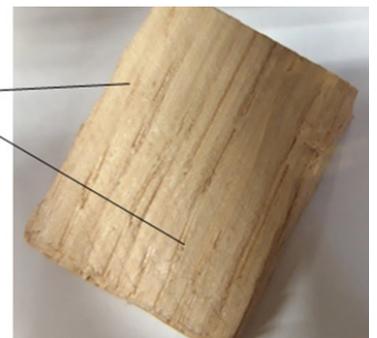
Место отбора пробы

Рис. 6. Место отбора пробы (Опорная стойка рамы мельницы в селе Бариновка)



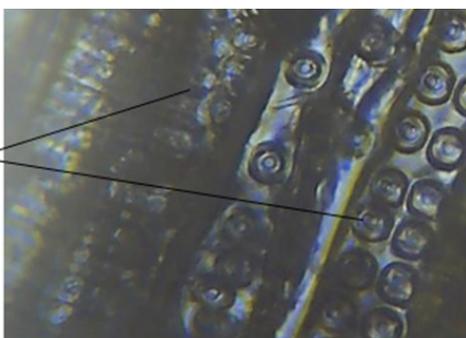
ОП

Рис. 3. Окаймленные поры (ОП) трахеиды (сосна, ель)



Сердцевинные лучи

Рис. 7. Сердцевидные лучи древесины дуба



ОП

Рис. 4. Двухрядное расположение окаймленных пор (ОП) трахеид лиственницы



Сосуды, расположенные вдоль годовых колец

Рис. 8. Макроструктура кольцесосудистой древесины

Из полученных значений следует, что при нахождении в равных условиях древесина сосны сохранила свои эксплуатационные свойства и изменение её физико-механических характеристик составило 5–10 %, изменение прочностных характеристик дуба колеблется в пределах 6–17 %, лиственницы – 17–27 %. Наибольшие изменения показателей прочности наблюдаются у ели обыкновенной и характеризуются значениями от 6 до 42 %. Необходимо отметить, что результаты испытаний образцов, приведенные в таблице, указаны с учетом пересчета испытаний древесины с влажностью древесины в конструкции на влажность, требуемую по ГОСТу, равную 12 %.

**Выводы.** 1. При проведении ремонтно-реставрационных работ необходимо проводить комплексное исследование деревянных конструкций, которое позволит реально оценить их способность выполнять свои функции.

2. Эксплуатация зданий и сооружений, а также использование древесины с возрастом более ста лет возможна и в наше время, но при проведении обследовательских и реставрационных работ, так как происходит снижение их прочностных показателей, что необходимо учитывать при расчетах.

3. Сравнительный анализ прочностных характеристик образцов древесины сосны, отобранных из конструкций, находящихся на улице (среднее значение прочности нескольких конструкций «Мельница с. Бариновка») и в помещении (балка перекрытия «Дом Шихобалова»), говорит о том, что результаты различаются в среднем на 3 %.

4. Для возможности точного прогнозирования изменения прочностных характеристик деревянных конструкций необходимо провести масштабные исследования в этой области.

## БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Бутенко С.А. Реставрация зданий старой Самары // Градостроительство и архитектура. 2021. Т. 11. №2. С. 94–100. DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.14.
2. Культурное наследие Самарской области. Том 1. Объекты архитектурного наследия. Самара, 2020. 704 с.
3. Синельник А.К. Градостроительная история Самарского края / СамГАСА. Самара, 2000. 192 с.
4. Микроскопические и оптические методы определения качества древесины / А.В. Быков, Л.В. Межуева, Л.А. Быкова. Оренбург: ОГУ, 2012. 34 с.
5. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине / под ред. Б.Н. Уголева. М.: Лесная промышленность, 1989. 296 с.

6. Диагностические признаки древесины и целлюлозных волокон (атлас) / под ред. Г.М. Козубова, Н.П. Зотовой-Спановской. Петрозаводск: Карельский филиал АН СССР, 1976. 152 с.

## REFERENCES

1. Butenko S.A. Restoration of Buildings of Old Part of the Samara City. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2021, vol. 11, no. 2, pp. 94–100. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2021.02.14
2. *Kul'turnoe nasledie Samarskoj oblasti. Tom 1. Obekty arhitekturnogo nasledija* [Cultural heritage of the Samara region. Volume 1. Architectural Heritage Sites]. Samara, 2020. 704 p.
3. Sinel'nik A.K. *Gradostroitel'naja istorija Samarskogo kraja* [Urban Planning History of Samara Territory], Samara, SAMGASA, 2000. 192 p.
4. Bykov A.V., Mezhueva L.V., Bykova L.A. *Mikroskopicheskie i opticheskie metody opredelenija kachestva drevesiny* [Microscopic and optical methods for determining wood quality]. Orenburg, 2012. 34 p.
5. Borovikov A. M., Ugolev B. N. *Spravochnik po drevesine* [Wood Reference Book]. Moscow, Forest Industry, 1989. 296 p.
6. Kozubova G.M., Zotova-Spanovskaja N.P. *Diagnosticheskie priznaki drevesiny i celljuloznych volokon (atlas)* [Diagnostic Features of Wood and Cellulose Fibers (Atlas)]. Petrozavodsk, Karelian branch of the USSR Academy of Sciences, 1976. 152 p.

Об авторах:

**БАЛАБАНОВ Михаил Сергеевич**

старший преподаватель кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

**BALABANOV Mikhail S.**

Senior Lecturer of the Construction Materials, Products and Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: bms-796@rambler.ru

**БУТЕНКО Сергей Александрович**

кандидат технических наук, старший научный сотрудник кафедры производства строительных материалов, изделий и конструкций, доцент кафедры строительных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: butenko.s.2020@mail.ru

**BUTENKO Sergey A.**

PhD in Engineering Science, Senior Researcher of the Production of Building Materials, Product and Structures Chair, Associate Professor of the Reinforced Concrete Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: butenko.s.2020@mail.ru

**ЛЕОНЕНКО Александра Сергеевна**

кандидат технических наук, доцент кафедры металлических и деревянных конструкций Самарский государственный технический университет Академия строительства и архитектуры 443100, Россия, г. Самара, ул. Молодогвардейская, 244 E-mail: leonenko\_as@mail.ru

**LEONENKO Alexandra S.**

Associate professor of the Metal and Wooden Structures Chair Samara State Technical University Academy of Civil Engineering and Architecture 443100, Russia, Samara, Molodogvardeyskaya str., 244 E-mail: leonenko\_as@mail.ru

Для цитирования: Балабанов М.С., Бутенко С.А., Леоненко А.С. Изменение прочности древесины и деревянных конструкций во времени // Градостроительство и архитектура. 2023. Т. 13, № 2. С. 4–9. DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.

For citation: Balabanov M.S., Butenko S.A., Leonenko A.S. Changes in the Strength of Wood and Wooden Structures in Time. *Gradostroitel'stvo i arhitektura* [Urban Construction and Architecture], 2023, vol. 13, no. 2, pp. 4–9. (in Russian) DOI: 10.17673/Vestnik.2023.02.1.