

<https://doi.org/10.26160/2474-5901-2025-46-104-108>

ОСОБЕННОСТИ ОПРЕДЕЛЕНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ СВОЙСТВ ТЕРМИЧЕСКИ МОДИФИЦИРОВАННОЙ ДРЕВЕСИНЫ КАК СТРОИТЕЛЬНОГО МАТЕРИАЛА

Скуратов Н.В., Соболев А.В., Усов Д.В.

*Московский государственный технический университет им. Н.Э. Баумана –
Мытищинский филиал, Мытищи, Россия*

Ключевые слова: древесина, термическое модифицирование, прочность при статическом изгибе, изотерма сорбции, равновесная влажность, сосна.

Аннотация. Термическое модифицирование существенно влияет на физико-механические свойства древесины, что нужно учитывать при ее испытаниях. В частности, из-за снижения гигроскопичности в результате обработки древесина имеет низкую равновесную влажность. В данной работе показано, что для объективной оценки свойств термически модифицированной древесины ее следует испытывать при влажности, которую она будет иметь после кондиционирования в воздушной среде с температурой $20\pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $65\pm 5\%$.

FEATURES OF DETERMINING THE PROPERTIES OF THERMALLY MODIFIED WOOD AS A CONSTRUCTION MATERIAL

Skuratov N.V., Sobolev A.V., Usov D.V.

Bauman Moscow State Technical University – Mytishchi branch, Mytishchi, Russia

Keywords: wood, thermal modification, static bending strength, sorption isotherm, equilibrium moisture content, pine.

Abstract. Thermal modification significantly affects the physical and mechanical properties of wood, which should be taken into account when testing it. In particular, due to the decrease in hygroscopicity as a result of processing, wood has low equilibrium moisture content. This paper shows that for an objective assessment of the properties of thermally modified wood, before testing it should be conditioned in an air environment with a temperature of $20\pm 2^\circ\text{C}$ and a relative humidity of $65\pm 5\%$.

При проектировании и анализе температурно-влажностного режима будущего здания выполняется ряд расчетов, в которых в качестве исходных данных используются соответствующие показатели свойств строительных материалов. Применение древесины в строительных конструкциях основано на известных численных значениях ее физико-механических и эксплуатационных свойств. Повышение надежности и долговечности работы древесных компонентов в составе зданий и сооружений предполагает стабильность показателей прочности нагруженных элементов на возможно больший период их эксплуатации. Неизбежные колебания внешних температурно-влажностных условий существенным образом сказываются на состоянии древесины, в ряде случаев вызывая негативные последствия. Прежде всего это относится к влажности, повышение которой снижает прочностные и деформационные характеристики древесины. Поэтому

возможность направленного изменения сорбционных свойств древесины, как конструкционного материала, уже на стадии ее подготовки к сборке в конструкцию или до выполнения строительно-монтажных работ, имеет большую практическую значимость.

Термически модифицированная древесина (ТМД), как продукт контролируемого воздействия на древесину высоких температур без доступа кислорода, была получена сравнительно недавно, но уже прочно завоевала определенную нишу на рынке строительных материалов. ТМД является натуральным экологически чистым продуктом, свойства которого, при сопоставлении с обычной древесиной, оказываются существенно «сдвинутыми» по шкале значений, в направлении весьма перспективном для применения в строительстве. В частности, такая древесина обладает малой гигроскопичностью и, как следствие, пониженной равновесной влажностью, устойчивостью к гниению, высокой стабильностью размеров.

Рассматривая ТМД как строительный материал, необходимо располагать объективными данными о ее свойствах, в том числе и эксплуатационных. Эти сведения применяются при разработке проектов зданий, в которых, кроме традиционных строительных материалов, используется и древесина. Основными исходными данными при расчете конструкций являются значения нормативных временных сопротивлений чистой древесины при различных напряженных состояниях, которые корреляционно связаны с показателями пределов прочности, полученных при проведении стандартизованных испытаний малых чистых образцов установленных размеров и формы [1]. В результате этих испытаний получают численные значения основных, наиболее важных для строительных конструкций показателей, таких как пределы прочности при статическом изгибе и сжатии, твердости, способности удерживать металлические крепления и ряд других.

Важной методологической особенностью испытаний древесины и древесных материалов является предварительная подготовка образцов, предполагающая их выдержку (кондиционирование) перед испытаниями с целью приведения к нормализованной влажности. Нормализованной называется равновесная влажность, приобретаемая древесиной при длительной выдержке в воздушной среде с температурой $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $\varphi = 65 \pm 5\%$. Нормализованная влажность в среднем для всех пород древесины равна 12% [2]. Фактические значения влажности образцов определяют после проведения испытаний и фиксируют в протоколе.

Стандарты допускают проведение испытаний на образцах, не подвергавшихся кондиционированию при нормальных условиях состояния воздуха и, как следствие, имеющих влажность ниже предела насыщения клеточных стенок, отличающуюся от нормализованной [3]. Но затем полученные значения пределов прочности пересчитывают на влажность 12% для получения сопоставимых результатов. Такой подход является вполне обоснованным для нативной древесины, приобретаемая равновесная

влажность которой не зависит от породы и принимает одинаковые значения для фактических параметров воздуха (относительной влажности и температуры). Более того, определенный практический интерес представляет характер зависимости величин пределов прочности древесины для различных видов напряженного состояния от фактической влажности. Знание этих параметров особенно важно для строительного направления применения древесины, поскольку в процессе эксплуатации параметры окружающего воздуха могут изменяться в достаточно широких пределах.

Сорбционная способность ТМД по отношению к водяному пару, содержащемуся в воздухе, выражена значительно слабее, чем у нативной древесины, что неизбежно отражается на ее равновесной влажности. Это необходимо учитывать при анализе результатов ее испытаний. Например, после термической обработки древесины сосны, установлено снижение ее прочности при статическом изгибе на 15...20%, при этом равновесная влажность образцов составляла 4...5% [4]. Лиственная древесина более чувствительна к температурным воздействиям. Приобретаемая равновесная влажность термически модифицированной древесины березы, дуба и ясеня в нормальных условиях кондиционирования может опускаться до 3-4%, что в несколько раз меньше, чем у обычной древесины. Прочность при статическом изгибе древесины этих пород при этом снижается, максимум на 38,7% [5].

В результате термической обработки физико-механические свойства древесины изменяются не только из-за изменения ее структуры, но и вследствие существенного снижения ее равновесной влажности [6]. В связи с этим возникает вопрос, связанный с выбором влажности ТМД при проведении различных испытаний с тем, чтобы иметь возможность корректно сравнивать показатели свойств обработанной и не обработанной древесины. Для того, чтобы ответить на этот вопрос следует рассмотреть изотермы сорбции. На рисунке 1 в качестве примера приведены кривые сорбции нативной и обработанной по классам Thermo S и Thermo D древесины дуба [7]. Из графиков видно, что для достижения нормализованной влажности 12% термодуб S и термодуб D нужно кондиционировать в среде с относительной влажностью 78% и 93% соответственно. После длительного нахождения в воздухе с высокой относительной влажностью образцы ТМД существенно увлажняются, и показатели их механических свойств соответственно снизятся. Очевидно, что результаты испытаний в таких условиях не могут быть признаны объективными. Испытывать нативную древесину такой же влажности, что и ТМД (3-5%) не имеет практического смысла для реальных показателей состояния воздушной среды, обуславливающих условия эксплуатации строительных конструкций, в составе которых может использоваться древесина. Так, например, равновесную влажность, равную 5%, древесина, не подвергнутая термообработке, может приобрести в диапазоне температур от 10 до 40°C только при относительной влажности воздуха (ϕ) в диапазоне 15-25%. Но такие условия возникают крайне редко и соответствуют районам пустынь. Рассматривая жилые помещения, следует

отметить, что оптимальным для них является значения ϕ в диапазоне от 30 до 45%, для которых равновесная влажность древесины равная 5% достигается при температурах выше 60°C. Поэтому, можно сказать, что нативная древесина столь низкой влажности нигде не используется. Представляется, что для объективной оценки свойств ТМД, изготовленные из нее образцы следует кондиционировать при тех же условиях, что и образцы из нативной древесины, влажность которых при длительной выдержке в воздушной среде с температурой $t = 20 \pm 2^\circ\text{C}$ и относительной влажностью $\phi = 65 \pm 5\%$ становится равной 12%. В этом случае образцы, например, из ТМД дуба будут иметь влажность 6-7% (рис. 1).

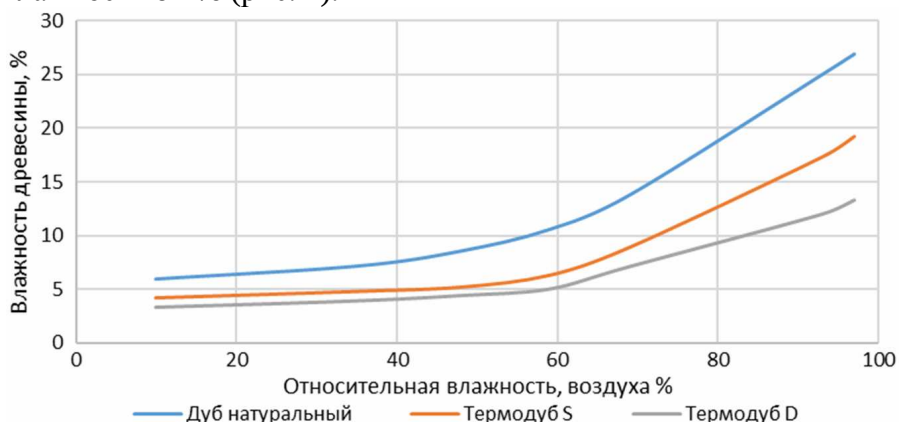


Рис 1. Изотермы сорбции нативной и термически модифицированной древесины дуба при 20°C

Учитывая, что условия эксплуатации строительных конструкций одинакового функционального назначения будут идентичны, корректным фактором при сравнительной оценке свойств ТМД и нативной древесины, будет не фактическое значение влажности, а внешние условия ее достижения. Реализация такого подхода предполагает кондиционирование образцов в одинаковых условиях, затем проведение испытаний и, по их завершению, определение влажности образцов.

Список литературы

1. ГОСТ 23431-79. Древесина. Строение и физико-механические свойства. Термины и определения. – Введ. 1980-01-01. – М.: Госстандарт России; Изд-во стандартов, 1979. – 22 с.
2. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение. – М.: Издательский центр «Академия», 2011. – 272 с.
3. ГОСТ 16483.3-84 Древесина. Метод определения предела прочности при статическом изгибе. – Введ. 1984-13-04. – М.: Госстандарт России; Изд-во стандартов, 1984. – 6 с.
4. Владимирова Е.Г. Исследование предела прочности при изгибе термически модифицированной древесины сосны (*Pinus sylvestris*) // Лесной вестник. – 2011. – №. 5. – С. 102-104.

5. Соболев А.В., Скуратов Н.В., Усов Д.В. Прочность термически модифицированной древесины березы, дуба и ясеня при статическом изгибе // Journal of Advanced Research in Technical Science. – 2022. – № 28. – С. 134-137.
6. Hill Callum, Michael Altgen, Lauri Rautkari. Thermal modification of wood – A review: Chemical changes and hygroscopicity // Journal of Materials Science. 2021, vol. 56, pp. 6581-6614.
7. Усов Д.В., Скуратов Н.В. Особенности изотерм сорбции термически модифицированной древесины // Ежегодная национальная научно-техническая конференция профессорско-преподавательского состава, аспирантов и студентов Мытищинского филиала МГТУ им. Н.Э. Баумана по итогам научно-исследовательских работ за 2020 г.: Сборник тезисов докладов. – Красноярск: ООО "Научно-инновационный центр", 2021. – С. 111-113.

References

1. GOST 23431-79. Wood. Structure and physical and mechanical properties. Terms and definitions. – Introduction. 1980-01-01. – М.: Gosstandart of Russia; Publ. house of standards, 1979. – 22 p.
2. Ugolev B.N. Wood science and forest commodity science. – М.: Publ. center "Academy", 2011. – 272 p.
3. GOST 16483.3-84 Wood. Method for determining the ultimate strength in static bending. – Introduced 1984-13-04. – М.: Gosstandart of Russia; Publ. house of standards, 1984. – 6 p.
4. Vladimirova E.G. Study of the bending strength limit of thermally modified pine wood (*Pinus sylvestris*) // Forestry Bulletin. 2011, no. 5, pp. 102-104.
5. Sobolev A.V., Skuratov N.V., Usov D.V. Strength of thermally modified birch, oak and ash wood under static bending // Journal of Advanced Research in Technical Science. 2022, iss. 28, pp. 134-137.
6. Hill Callum, Michael Altgen, Lauri Rautkari. Thermal modification of wood – A review: Chemical changes and hygroscopicity // Journal of Materials Science. 2021, vol. 56, pp. 6581-6614.
7. Usov D.V., Skuratov N.V. Features of sorption isotherms of thermally modified wood // Annual national scientific and technical conference of the faculty, graduate students and students of the Mytishchi branch of Bauman Moscow State Technical University on the results of research work for 2020: Collection of abstracts of reports. – Krasnoyarsk: LLC "Scientific Innovation Center", 2021. – P. 111-113.

Скуратов Николай Владимирович – кандидат технических наук, доцент	Skuratov Nikolay Vladimirovich – candidate of technical sciences, associate professor
Соболев Андрей Викторович – кандидат технических наук, доцент	Sobolev Andrey Viktorovich – candidate of technical sciences, associate professor
Усов Дмитрий Владимирович – аспирант	Usov Dmitry Vladimirovich – graduate student
skuratov@bmstu.ru	

Received 20.02.2025