

УДК 674.048

А. А. Барташевич, Л. Г. Билош, С. С. Утгоф
Белорусский государственный технологический университет

О СВЯЗИ ОБЪЕМНОГО РАЗБУХАНИЯ ДРЕВЕСИНЫ С ПРОЧНОСТЬЮ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ

В статье приводятся данные по объемному разбуханию древесины в зависимости от влажности. За базовое значение влажности, относительно которой ведется отсчет изменений свойств, приняты величины 12 и 32%. При значениях влажности, отличных от 12 и 32%, разбухание древесины определяется с помощью поправочных коэффициентов. Установлено, что древесина березы при уменьшении влажности от 12 до 8% теряет коэффициент набухания несколько больше, чем древесина дуба. Величина этой разности мизерная, но она компенсируется за счет деформации клеевой прослойки, но при этом ее прочность уменьшается.

В ходе исследования была установлена связь объемного разбухания с характером изменения прочности клеевых соединений разных пород древесины. Такие случаи встречаются при изготовлении многослойного паркета, фанерных плит, при облицовывании пластей. Для минимизации воздействия перепадов влажности на клеевые соединения различных пород древесины рекомендуется увеличить продолжительность технологической выдержки деталей больших размеров после горячего прессования.

Ключевые слова: древесина, влажность, набухание, поправочные коэффициенты, напряжения скалывания, береза, дуб.

A. A. Bartashevich, L. G. Bilash, S. S. Utgof
Belarusian State Technological University

ON THE RELATIONSHIP OF VOLUMETRIC WOOD SWELLING WITH THE STRENGTH OF ADHESIVE JOINTS

The article provides data on the volume swelling of wood depending on humidity. The base value of humidity, relative to which changes in properties are counted, is assumed to be 12 and 32%. At humidity values other than 12 and 32%, wood swelling is determined using correction coefficients. It was found that birch wood loses the swelling coefficient slightly more than oak wood when the humidity decreases from 12 to 8%. The value of this difference is minuscule, but it is compensated by the deformation of the adhesive layer, while reducing its strength.

In the course of the study the relationship of volume swelling with the nature of changes in the strength of adhesive joints of different wood species was established. Such cases occur in the manufacture of multi-layer parquet, plywood boards, when facing layers. To minimize the impact of humidity changes on the adhesive joints of various types of wood, it is recommended to increase the duration of technological aging of large parts after hot pressing.

Keywords: wood, humidity, swelling, correction coefficients, shear stress, birch, oak.

Введение. Целью исследований является установление связи объемного разбухания с характером изменения прочности клеевых соединений. В производственной практике имеют место случаи склеивания между собой многих элементов различных пород: дуба и березы, березы и ольхи, ольхи и сосны и др. Такие случаи встречаются при изготовлении многослойного паркета, фанерных плит, при облицовывании и др. Представляет при этом интерес, как реагируют на такие случаи клеевые соединения.

Основная часть. С влажностью древесины и ее изменениями связаны внутренние напряжения.

Внутренние напряжения в древесине – это напряжение, которое возникает без приложения внешних усилий вследствие неоднородности деформации древесины во время роста дерева, при

сушке, увлажнении. Причиной их появления является неравномерное удаление связанной влаги из древесины. Возникающий перепад влажности вызывает появление внутренних напряжений. При сушке в поверхностной зоне сортамента возникает сначала растягивающее, а затем сжимающее напряжение. Внутри материала создаются напряжения противоположного знака. Полные внутренние напряжения представляют собой сумму влажностных и остаточных напряжений.

Свойства древесины принято давать при влажности 12 и 30%. При других значениях влажности свойства древесины корректируются с помощью поправочных коэффициентов. В таблице приведены поправочные коэффициенты для определения объемного разбухания древесины в пределах влажности от 5 до 30%.

**Поправочные коэффициенты для определения
объемного разбухания**

Влажность, %	Коэффициент объемного разбухания при плотности	
	0,6 г/см ³	0,5 г/см ³
5	0,976	0,969
6	0,979	0,974
7	0,983	0,978
8	0,986	0,982
9	0,990	0,987
10	0,993	0,991
11	0,996	0,996
12	1,00	1,00
13	1,003	1,004
14	1,006	1,008
15	1,01	1,012
16	1,013	1,016
17	1,016	1,020
18	1,019	1,024
19	1,022	1,028
20	1,025	1,031
21	1,028	1,036
22	1,031	1,040
23	1,034	1,044
24	1,037	1,047
25	1,040	1,051
26	1,043	1,055
27	1,046	1,058
28	1,052	1,062
29	1,052	1,062
30	1,054	1,069

Остаточные напряжения в высушенном материале приводят к его короблению при механической обработке. Рассмотрим случай склеивания образцов из древесины березы и дуба и изучим, как они поведут себя при изменении влажности. Размеры образцов в сечении – 100×25 мм. Они склеиваются между собой пластинами, образуя блок размером в сечении 100×50 мм.

Допустим, что при длительном хранении в постоянных условиях склеенный блок будет иметь влажность 12%. Напряжения в клеевом слое отсутствуют. Затем условия хранения образцов меняются, и влажность уменьшается от 12 до 8%. Как поведут себя при этом пластины из березы и дуба?

Образец из березы при влажности 12% имел коэффициент объемного разбухания $K_{12} = 0,62\%$ на 1% влажности. При уменьшении влажности блока до 8% коэффициент объемного набухания с учетом поправочного коэффициента на влажность стал равным $K_8 = 0,62 \cdot 0,986 = 0,6113$, где 0,986 – поправочный коэффициент. Разность между коэффициентами объемного разбухания при 12 и 8% равна: $0,62 - 0,6113 = 0,0087$.

Образец из дуба при влажности 12% имел коэффициент объемного разбухания $K_{12} = 0,52$. При уменьшении влажности до 8% он стал равным $K_8 = 0,52 \cdot 0,986 = 0,513$. Разность между коэффициентами объемного разбухания дуба при 12 и 8% составила $0,52 - 0,513 = 0,007$.

Разность между величинами изменений коэффициентов разбухания березы и дуба стала равной $0,0087 - 0,007 = 0,0017\%$. При ширине образца в поперечном сечении размером 100 мм величина $0,0017\%$ равна 0,0017 мм.

Так как коэффициент объемного разбухания березы больше, чем дуба, это означает, что образец из березы при изменении влажности от 12 до 8% стремится уменьшиться в размере больше, чем образец из дуба (на величину 0,0017%). Это незначительное изменение размера, но компенсация его (выравнивание величин деформаций) происходит не за счет древесины, а за счет деформации клеевого слоя.

На рисунке представлена паркетная доска, лицевой слой которой изготовлен из древесины дуба, а основание – из влагостойкой березовой фанеры.



Паркетная доска

Карбамидоформальдегидные клеи очень жесткие, и малейшая их деформация фактически недопустима. Это может быть одной из причин разрушения клеевых соединений.

Поливинилацетатные клеи более пластичные по сравнению с карбамидоформальдегидными, что является их положительным свойством. Для уменьшения внутренних напряжений и выравнивания их, а также снижения влажности по сечению сортировок дается технологическая выдержка после склеивания. По технологическим режимам горячего склеивания она рекомендуется 2 ч, или не менее 2 ч. Надо отметить, что за 2 ч щитовые детали в стопе далеко не полностью уменьшат температуру до необходимого уровня. При возможности технологическую выдержку желательнее увеличить, особенно при деталях большого размера.

Заключение. 1. На основании приведенных результатов изменений коэффициента набухания

в зависимости от влажности следует рекомендовать избегать случаев склеивания между собой элементов из древесины разных пород, которые отличаются величинами коэффициентов объемного разбухания. Это касается в первую очередь случаев, когда клеевые соединения воспринимают большие нагрузки в ответственных конструкциях.

2. Широко применяемые карбамидоформальдегидные клеи в твердом состоянии весьма жесткие и при колебаниях влажности могут ослаблять прочностные свойства клеевых соединений, вплоть до разрушения. Поэтому очень важно соблюдать технологические режимы склеивания и последующей технологической выдержки.

Список литературы

1. Хрулев В. М. Долговечность клееной древесины. М.: Лесная пром-сть, 1971. 160 с.
2. Иванов Ю. М., Лепарский Л. О., Сенчило Ю. Я. Прочность и напряжения клеевых соединений древесины. М.: Лесная пром-сть, 1973. 160 с.
3. Веретиков И. И. Влияние температурно-влажностных воздействий на прочностные показатели клеевых соединений // Труды БГТУ. 2015. № 2: Лесная и деревообаб. пром-сть. С. 170–173.
4. Древесина слоистая. Метод определения предела прочности при скалывании: ГОСТ 96–2493. Введ. 01.01.95. М.: Изд-во стандартов, 1994. 10 с.
5. Древесина слоистая клееная. Отбор образцов и общие требования при испытании: ГОСТ 9620–94. Введ. 01.01.96. М.: Изд-во стандартов, 1995. 8 с.
6. Справочник мебелистика / под ред. В. П. Бухтиярова. М.: МГУЛ, 2005. 600 с.
7. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине. М.: Лесная пром-сть, 1989. 294 с.
8. Барташевич А. А., Трофимов С. П. Конструирование мебели. Учебник. Минск: Совр. шк., 2006. 335 с.
9. Барташевич А. А., Игнатович Л. В., Шетько С. В. Технология изделий из древесины. Минск: БГТУ, 2015. 437 с.
10. Игнатович Л. В., Шетько С. В. Технология производства мебели и столярно-строительных изделий. Минск: БГТУ, 2017. 241 с.
11. Барташевич А. А., Игнатович Л. В. Материалы деревообрабатывающих производств. М.: Инфра-М, 2020. 306 с.
12. Уголев Б. Н. Контроль напряжений при сушке древесины. М.: Лесная пром-сть, 1980. 208 с.
13. Серговский П. С., Расев А. И. Гидротермическая обработка и консервирование древесины: учебник. М.: Лесная пром-сть, 1987. 360 с.
14. Пижурин А. А. Основы научных исследований в деревообработке. М.: МГУЛ, 2005. 305 с.
15. Ковальчук Л. М. Технология склеивания. М.: Лесная пром-сть, 2003. 208 с.
16. Гончаров Н. А., Башинский В. Ю., Буглай Б. М. Технология изделий из древесины: учебник. М.: Лесная пром-сть, 1990. 528 с.

References

1. Khrulev V. M. *Dolgovechnost' kleyenoy drevesiny* [The durability of laminated wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1971. 160 p.
2. Ivanov Yu. M., Leparskiy L. O., Senchilo Yu. Ya. *Prochnost' i napryazheniya kleevykh soyedineniy drevesiny* [Strength and stresses of glued wood joints]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1973. 160 p.
3. Veretikov I. I. Effects of temperature and moisture actions on strength factors of adhesive joints. *Trudy BGTU* [Proceedings of BSTU], 2015, no. 2: Forest and Woodworking Industry, pp. 170–173 (In Russian).
4. GOST 9624-93. Laminated wood. Method for the determination of ultimate strength in shearing. Moscow, Standartinform Publ., 1995. 10 p. (In Russian).
5. GOST 9620-94. Laminated wood. Sampling and general requirements for the test. Moscow, Standartinform Publ., 1995. 8 p. (In Russian).
6. Bukhtiyarov V. P. *Spravochnik mebel'shchika* [Furniture maker's guide]. Moscow, 2005. 600 p.
7. Borovikov A. M., Ugolev B. N. *Spravochnik po drevesine* [Wood reference]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1989. 294 p.
8. Bartashevich A. A., Trofimov S. P. *Konstruirovaniye mebeli* [The design of the furniture]. Minsk, Sovremennaya shkola Publ. 2006. 335 p.
9. Bartashevich A. A., Ignatovich L. V., Shet'ko S. V. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny* [Technology of wood products]. Minsk, BSTU Publ., 2015. 437 p.
10. Ignatovich L. V., Shet'ko S. V. *Tekhnologiya proizvodstva mebeli i stolyarno-stroitel'nykh izdeliy* [Technology of furniture and joinery production]. Minsk, BSTU Publ., 2017. 241 p.

11. Bartashevich A. A., Ignatovich L. V. *Materialy derevoobrabatyvayushchikh proizvodstv* [Materials of woodworking industries]. Moscow, Infra-M Publ., 2020. 306 p.
12. Ugolev B. N. Kontrol' napryazheniy pri sushke drevesiny [Stress monitoring during wood drying]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1980. 208 p.
13. Sergovskiy P. S., Rasev A. I. *Gidrotermicheskaya obrabotka i konservirovanie drevesiny* [Hydrothermal processing and preservation of wood]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1987. 360 p.
14. Pizhurin A. A. *Osnovy nauchnykh issledovaniy v derevoobrabotke* [Fundamentals of scientific research in woodworking]. Moscow, MGUL Publ., 2005. 305 p.
15. Koval'chuk L. M. *Tekhnologiya skleivaniya* [Bonding technology]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 2003. 208 p.
16. Goncharov N. A., Bashinskiy V. Yu., Buglay B. M. *Tekhnologiya izdeliy iz drevesiny* [Technology of wood products]. Moscow, Lesnaya promyshlennost' Publ., 1990. 528 p.

Информация об авторах

Барташевич Александр Александрович – кандидат технических наук, почетный доктор, профессор, профессор кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: BAArch_AABS@mail.ru

Билаш Людмила Григорьевна – магистрант, преподаватель Технологического отделения. Гомельский политехнический колледж (246050, г. Гомель, ул. Билецкого, 6, Республика Беларусь).

Утгоф Светлана Сергеевна – кандидат технических наук, старший преподаватель кафедры технологии и дизайна изделий из древесины. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова, 13а, Республика Беларусь). E-mail: utgof@belstu.by

Information about the authors

Bartashevich Aleksander Aleksandrovich – PhD (Engineering), Honoris Causa, Professor, Professor of the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: BAArch_AABS@mail.ru.

Bilash Lyudmila Grigoryevna – Master's degree student, lecturer of Technology Department. Gomel Polytechnic College (6, Biletskogo str., 246050, Gomel, Republic of Belarus).

Utgof Svetlana Sergeevna – PhD (Engineering), Senior Lecturer, the Department of Technology and Design of Wooden Articles. Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: utgof@belstu.by

Поступила 09.03.2020