

УДК 674-419.32

**И. И. Веретиков**

Белорусский государственный технологический университет

**ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ  
НА ПРОЧНОСТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ КЛЕЕВЫХ СОЕДИНЕНИЙ**

Произведены опытные исследования по влиянию температурно-влажностных факторов на значения предела прочности при скалывании образцов фанеры различных марок. Проведен анализ полученных данных, построены и проанализированы графические зависимости, сделаны выводы о влиянии температурно-влажностных факторов на прочностные значения клееных материалов.

Для изготовления конкретных видов образцов использовали два типа фанеры: фанеру марки ФК толщиной 4 мм сорт IV/IV (трехслойная) и фанеру марки ФСФ толщиной 4 мм сорт III/IV (трехслойная). Древесная порода – береза. Испытания проводили на сухих образцах без предварительной обработки и на образцах, прошедших температурно-влажностную обработку.

Температурно-влажностная обработка образцов фанеры была проведена в климатической камере ТХВ-225. Данный тип оборудования обеспечивает поддержание в замкнутом объеме заданной температуры или температуры и влажности, а также их изменение по программе в соответствии с приведенными характеристиками.

В результате проведенной работы установлено, что температурно-влажностное воздействие приводит к снижению предела прочности при скалывании фанеры марок ФК и ФСФ. При этом, чем выше температура обработки, тем в большей степени снижается прочность клеевого соединения. Зависимости предела прочности на скалывание от условий обработки могут быть описаны линейными уравнениями, что делает температурно-влажностную обработку удобным способом внешнего воздействия для разработки методики оценки долговечности клеевых соединений.

**Ключевые слова:** клеевое соединение, термическая обработка, влажность, прочность, климатическая камера, увлажнение воздуха, автоматическое регулирование температуры

**I. I. Veretikov**

Belarusian State Technological University

**EFFECTS OF TEMPERATURE AND MOISTURE ACTIONS  
ON STRENGTH FACTORS OF ADHESIVE JOINTS**

Experiments on the effect of temperature and humidity factors on the value of shear strength limit of plywood samples of different brands were conducted. The analysis of the data received was conducted, graphic dependences were constructed and analyzed conclusions about the influence of temperature and humidity factors on the strength values of laminated materials were drawn.

For the manufacture of specific types of samples they used 2 types of plywood: urea-formaldehyde plywood 4mm, grade IV / IV (3 layer) and phenol-formaldehyde plywood 4 mm thick, grade III / IV (3-layer). Tree species is birch. Tests were carried out on dry samples without pretreatment and on samples that have passed the temperature-humidity treatment.

Temperature and humidity treatment of the plywood samples was carried out in a climatic chamber ТХВ-225. This type of equipment ensures the keep up of the set temperature or temperature and humidity in the closed volume, as well as their program change in accordance with specifications. As the result of this work it is found out that values of bond strength with these types of thermal and humidity effects that allow you to compare the strength characteristics of various grades of plywood under operational impacts. Also described proposals weaken the adhesive joint, as a result of heat treatment, which may act as a factor used to assess the durability of adhesive joints.

**Keywords:** adhesive bonding, thermal treatment, the humidity, the strength, the climate chamber, humidification, automatic temperature control.

**Введение.** Изучение отечественной и зарубежной литературы по применению такого композиционного материала как фанера, показывает, что он является одним из прогрессивных и перспективных, нашедших широкое применение в различных областях промышленности.

Фанеру используют как для внутренних, так и для наружных работ в автомобиле- и вагоностроении, данный материал служит также для производства тары.

Как композиционный материал, фанера обладает высокой механической прочностью, стабильностью форм, повышенной износостойкостью,

водостойкостью, является экологически безопасным и эстетичным материалом.

Актуальность данного вида исследований обусловлена тем, что температурно-влажностное воздействие может разрушить клеевые соединения в фанере. Это, в свою очередь, сопровождается снижением прочностных показателей, уменьшением периода эксплуатации фанеры в целом.

**Основная часть.** В процессе эксплуатации клеевые соединения подвержены как воздействию факторов климата (температура, влажность, суточные, сезонные перепады температуры), так и воздействию тепловых (рабочие температуры) и механических нагрузок. Стойкость клеевых соединений к действию механических нагрузок оценивается по результатам испытаний на длительную прочность при разных уровнях нагрузки или усталостную прочность. Влияние эксплуатационных температур (тепловой ресурс) оценивается по результатам термостарения образцов клеевых соединений путем непосредственной выдержки их при рабочих температурах в течение времени, рекомендованного на основании сроков эксплуатации [1].

Оперативную информацию о работоспособности клеевых соединений получают из ускоренных методов испытаний. Под ускоренным старением понимается циклическое действие на образцы клеевых соединений широкого интервала влажности и температур, имитирующих условия эксплуатации клеевых изделий в атмосферных условиях [2].

В процессе проведения ускоренных испытаний снимается кинетика изменения показателей, определяющих работоспособность материала, по которой прогнозируется срок хранения-эксплуатации при заданном уровне снижения показателей или уровень снижения при заданном сроке службы.

Для объективной оценки прочности клеевых соединений необходимо использовать оптимальный вид механических испытаний с соответствующими типами образцов, а также методы воздействий, наиболее близкие к эксплуатационным.

В качестве оптимального воздействия на образцы фанеры была проведена температурно-влажностная обработка в климатической камере, предназначенной для проведения климатических испытаний и других лабораторных исследований. Она обеспечивает поддержание в замкнутом объеме заданной температуры или температуры и влажности, а также их изменение по программе в соответствии с приведенными характеристиками (рис.1).



Рис. 1. Закладка образцов в климатическую камеру

Основными элементами конструкции климатической камеры являются: рабочая камера (РК), машинное отделение и блок управления (БУ).

Увлажнение воздуха в рабочей камере осуществляется парогенератором. Парообразование происходит за счет нагрева воды. Осушение происходит за счет конденсирования влаги на охлаждаемой поверхности.

Предназначена камера для работы в закрытых отапливаемых помещениях при температуре окружающего воздуха от +15°C до +25°C и относительной влажности до 80% при температуре +25°C.

Подготовку образцов для последующего температурно-влажностного воздействия осуществляли следующим способом. Нагревание образцов проводили выдерживанием в климатической камере ТХВ-225 при температуре 40, 60 и 80°C на протяжении 6 часов. При этом в камере поддерживали влажность воздуха 45%.

После оказанного температурно-влажностного воздействия образцы выдерживали в течение (10±1) мин при комнатной температуре перед испытанием на разрывной машине. На каждый этап температурно-влажностного воздействия образцы закладывали партиями в количестве 10 шт. соответственно. Для определения предела прочности при скалывании согласно ГОСТ 9624 заранее изготавливали образцы фанеры марок ФК и ФСФ. Отбор образцов, их изготовление и подготовку к испытаниям осуществляли по ГОСТ 9620. Форма и размеры образцов для испытаний на скалывание по клеевому слою представлены на рис. 2.

Предел прочности при скалывании по клеевому слою  $\tau_{ск}$  и по древесине  $\tau_{др}$  вычисляли в МПа по формулам:

$$\tau_{ск} = \frac{P_{max}}{b \cdot l_1}; \quad (1)$$

$$\tau_{ск} = \frac{P_{max}}{b \cdot l_2}; \quad (2)$$

где  $P_{\max}$  – максимальная нагрузка, Н;  $b$  – ширина плоскости скалывания, мм;  $l_1$  и  $l_2$  – длина плоскости скалывания.

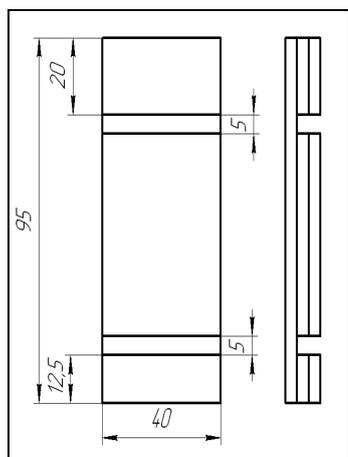


Рис. 2. Форма и размеры образцов фанеры

За результат испытаний каждой серии образцов принимали среднее арифметическое показателей предела прочности при скалывании всех образцов, прошедших испытание.

Перед температурно-влажностным воздействием была зафиксирована также масса контрольных образцов. Данные представлены в табл. 1.

Таблица 1

**Средние значения массы контрольных образцов**

Номер серии	Среднее значение массы образцов фанеры ФК, г	Среднее значение массы образцов фанеры ФСФ, г
1	9,35	10,31
2	9,68	10,33
3	9,49	10,18

По отклонению массы образцов судили об однородности подготовки образцов к испытаниям. Наибольшее отклонение массы образцов фанеры ФК от среднего значения составило 10,33%. Для образцов фанеры марки ФСФ эти же значения составили 10,07%. Полученный результат говорит о том, что различия в плотности отдельных образцов невелики и не должны сказываться на результатах определения предела прочности на скалывание.

Контрольные образцы фанеры марок ФК и ФСФ также испытывали на предел прочности при скалывании. Испытания проводили на партиях образцов по 10 шт. соответственно. Условия проведения опытов были следующими: температура окружающей среды составляла 22°C, относительная влажность воздуха – 82%.

Предел прочности при скалывании контрольных образцов фанеры марки ФК в среднем

составляет 1,72 МПа, а фанеры марки ФСФ – 2,27 МПа.

Водостойкость и атмосферостойкость – это основные показатели, определяющие эксплуатационные характеристики клееной древесины. Атмосферные воздействия, жесткие условия эксплуатации, в том числе и повышенная влажность, ускоряют в ней процессы старения, которые обусловлены нарушением структуры и строения макромолекул связующего вещества. Эта проблема особенно актуальна для КФ смол, отличительной особенностью которых является повышенная чувствительность к воздействию влаги, проявляющейся в гидролитическом разрушении клеевых соединений [3].

Наиболее важный практический интерес представляют исследования стойкости клеевых соединений, циклических температурно-влажностных воздействий и атмосферостойкости. Из вышеперечисленного следует, что температурно-влажностное воздействие сильнее всего отражается на прочности клеевых соединений фанеры.

Результаты определения предела прочности при скалывании образцов фанеры марок ФК и ФСФ, подвергнутых температурно-влажностному воздействию при различной температуре обобщены в табл. 2.

Таблица 2

**Результаты определения предела прочности при скалывании**

Температура обработки, °С	Предел прочности при скалывании, МПа, фанеры марок	
	ФК	ФСФ
–	1,72	2,27
40	1,53	1,33
60	1,32	1,41
80	1,13	1,19

При выборе условий температурно-влажностной обработки фанеры, параметры обработки задавали таким образом, чтобы значения равновесной влажности фанеры находились в пределах эксплуатационных норм. Из приведенной на рис. 3 диаграммы равновесной влажности древесины видно, что при температуре обрабатываемой среды 40, 60 и 80°C и относительной влажности 45% равновесная влажность древесины изменяется в пределах от 6,3 до 8%. Таким образом, сушка образцов во время обработки происходить не должна, а значит, влажностные внутренние напряжения, возникающие при усушке не должны искажать результат определения предела прочности при скалывании.

Анализ данных табл. 2 показывает, что увеличение температуры температурно-влажностной обработки приводит к уменьшению предела

прочности при скалывании. Сказанное справедливо как для фанеры марки ФК, так и марки ФСФ.

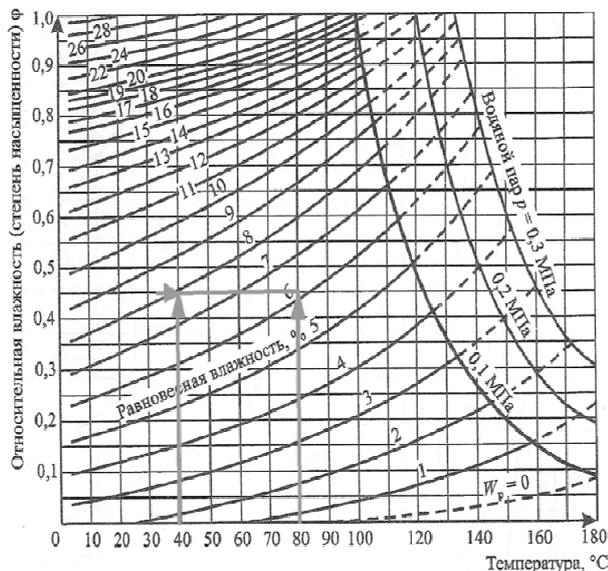


Рис. 3. Диаграмма равновесной влажности

На рис. 4 представлены графические зависимости предела прочности фанеры при скалывании от температуры обработки, полученные по данным табл. 2.

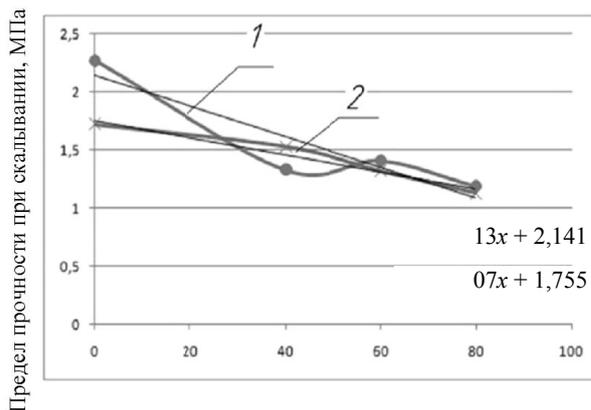


Рис. 4. Графические зависимости предела прочности фанеры

**Закключение.** Температурно-влажностное воздействие приводит к снижению предела прочности при скалывании фанеры марок ФК и ФСФ. При этом, чем выше температура обработки, тем в большей степени снижается прочность клевого соединения. Зависимости предела прочности на скалывание от условий обработки могут быть описаны линейными уравнениями, что делает температурно-влажностную обработку удобным способом внешнего воздействия для разработки методики оценки долговечности клеевых соединений.

**Литература**

1. Хрулев В. М. Долговечность клееной древесины (изд. 2-е, переработанное) / В. М. Хрулев. – М.: Лесная промышленность. 1971. 160 с.
2. Ефимов В. А. Ускоренные испытания клеевых соединений / В. А. Ефимов, А. П. Петрова, Л. И. Аниховская // «Клеи. Герметики. Технологии». 2005. №7
3. Винокуров А. А. Влияние отрицательной температуры и влаги на прочность цельной и клееной древесины / А. А. Винокуров, И. А. Докторов, М. Ф. Лавров // ВЕСТНИК ЯГУ. 2006. том 3. №3. С.71–77

**References**

1. Khrulev V. M. The durability of laminated wood (ed. 2nd, revised) / V. M. Khrulev. [M.: timber industry], 1971, pp. 160 (in Russian)
2. Efimov V. A. Accelerated testing of adhesive joints / V. A. Efimov, A. P. Petrova, L. I. Anikhovskaya // [Adhesives. Sealants. Technology], 2005. №7 (in Russian)
3. Vinokurov A. A. Influence of negative temperature and humidity on the strength of solid and laminated wood / A. A. Vinokurov, I. A. Doktorov, M. F. Lavrov // [Vestnik YAGU], 2006. tom 3. №3 pp.71–77 (in Russian)

**Информация об авторах**

**Веретиков Игорь Иванович** – магистрант, ассистент кафедры технологии деревообрабатывающих производств. Белорусский государственный технологический университет (220006, г. Минск, ул. Свердлова 13 а, Республика Беларусь). E-mail: veretikov\_i\_i@belstu.by

**Information about the authors**

**Veretikov Igor Ivanovich** – M.Sc. (Engineering), assistant lecturer, Department of technology wood-working industries, Belarusian State Technological University (13a, Sverdlova str., 220006, Minsk, Republic of Belarus). E-mail: veretikov\_i\_i@belstu.by

Поступила 20.02.2015