



УДК 691.11:620.1

ВЛИЯНИЕ ЕСТЕСТВЕННОЙ ВЛАГИ НА ПРОЧНОСТЬ И ДОЛГОВЕЧНОСТЬ ДРЕВЕСНЫХ ПЛИТ

О.А. Киселева, А.А. Островская

THE EFFECT OF NATURAL MOISTURE ON THE STRENGTH AND DURABILITY OF WOOD COOKERS

O.A. Kiseleva, A.A. Ostrovskaya

Аннотация. Одним из факторов, приводящим к существенному падению прочности древесных плит является влага. Она воздействует на изделия, находящиеся как на улице, так и внутри помещения. Представленные в данной статье исследования посвящены изучению влияния влаги как в лабораторных условиях, так и в естественных (в виде осадков – дождя и снега) на прочность древесных плит. Представлены также данные по влиянию климатических факторов в виде ангармонического колебания температуры и влажности на долговечность древесностружечных плит.

Ключевые слова: *древесноволокнистые плиты; цементностружечные плиты прочность; водопоглощение; долговечность.*

Abstract. One of the factors leading to a significant drop in the strength of wood boards is moisture. It affects products that are both on the street and indoors. The studies presented in this article are devoted to the study of the effect of moisture both in laboratory conditions and in natural (in the form of precipitation - rain and snow) on the strength of wood boards. Data are also presented on the effect of climatic factors in the form of an anharmonic fluctuation of temperature and moisture on the durability of particle boards.

Keywords: *wood-fiber plates; cement-slabs strength; water absorption; durability.*

Введение

Древесные композитные материалы получили широкое применение в строительстве в качестве изделий или элементов конструкций. При этом в процессе эксплуатации они подвержены воздействию климатических факторов (многократного замораживания-оттаивания, постоянного колебания влажности (в течении года меняется от 40 до 95 %) и температуры (в течение суток изменяться на 7...10 °С, а в течение года находится в пределах от минус 30 до плюс 35 °С)). Оба фактора приводят к снижению прочности древесины и материалов на ее основе, но наиболее опасным является именно влажность. Наличие гигроскопической влажности в древесине способствует ее набуханию и снижению прочности [1].

Методы исследования. В ходе проведения экспериментов было проведено серии испытаний. Первая серия образцов подвергалась непрерывному воздействию влаги, в виде замачивания в воде в течение 30 мин. После чего образцы подвергались высушиванию в течение 16-24 часов. Вторая серия образцов подвергалась циклическому воздействию влаги, замачивание в воде в течение 30 мин, чередовалось с высушиванием образцов в течение 6 часов. Третья серия образцов находилась на улице и подвергалась действию осадкой в виде дождя и снега. Затем образцы просушивались в помещении в течение 16-24 часов. Температура сушки в первом и во втором составляла 20 °С. В процессе испытаний фиксировали изменение влажности, толщины образцов, а также их прочность при поперечном изгибе.

Обсуждение результатов

Действие воды на материал может быть непрерывным или циклическим, т.е. чередуется с этапом сушки. В работах [2, 3, 4] представлено влияние циклического замачивания на прочность древесных плит. Было установлено, что уже после 3 циклов замачивания-высушивания наблюдается значительное снижение прочности ДСП (на 42 %). Затем процесс замедляется и при 20 циклах наступает его стабилизация. После 30 циклов замачивания-высушивания прочность ДСП снижается на 69-78 % (в зависимости от его плотности), а при непрерывном замачивании в течение 30 часов материалом было потеряно только лишь 33 % прочности. Следует также отметить, что для ДСП при циклическом замачивании-высушивании и многократном замораживании-оттаивании зависимости практически совпадают [5]. При циклическом воздействии воды падение прочности ДВП наиболее интенсивно происходит в первые 10 циклов замачивания-высушивания. При этом прочность падает на 72-77 %. Дальнейшее увеличение количества циклов замачивания-высушивания практически не сказывается на прочности плит и через 100 циклов падение прочности достигает 78%. При непрерывном замачивании наиболее сильное снижение прочности ДВП наблюдается в первые семь дней замачивания (при этом теряется до 35 % прочности), после чего наступает стабилизация процесса.

Чем же вызвано снижение прочности древесных плит? В первые семь дней воздействия воды влага заполняет не только поры в древесноволокнистых плитах, но и проникает в стенки клеток самих древесных волокон, что проявляется в повышении влажности (до 35 %), в набухание образцов и существенном падении их прочности. Дальнейшее действие воды приводит только к увеличению влажности образцов (до 54 %), следовательно, предел гигроскопической влажности достигнут. Процесс снижения прочности тоже стабилизируется или полностью прекращается [2, 4].

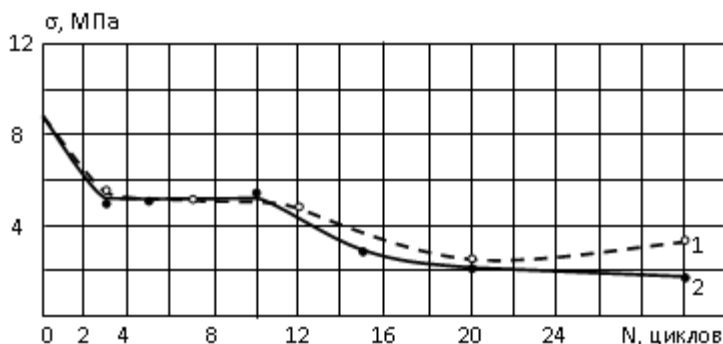


Рисунок 1 – Влияние на прочность ДСП плотностью 800 кг/м³ различных факторов:
1 – циклов замачивания, 2 – циклов переменного замораживания-оттаивания.

При циклическом замачивании рост гигроскопической влажности в материале происходит в течение первых десяти циклов при замачивании с продолжительностью 30 минут и более. При дальнейшем увеличении длительности замачивания и количества циклов влага проникает только в полости клеток древесного материала или поры композита [2].

В отличие от ДСП и ДВП для ЦСП зависимость изменения прочности от циклов замачивания-высушивания имеет линейный характер. При действии многократного замачивания-высушивания на древесину снижение прочности практически не происходит [4].

Все описанные выше результаты были получены в лабораторных условиях, но нас в большой степени интересует поведение материала в природных условиях, когда происходит одновременное изменение температуры и влаги. Поэтому далее были проведены опыты по изучению влияния климатических факторов на прочность и долговечности древесных плит на примере ДСП и ЦСП. В процессе испытаний образцы постоянно находились на улице непосредственно под дождем и снегом. Полученные результаты представлены в таблице 1.

Таблица 1 – Влияние влаги в виде осадков на прочность древесных плит

Материал	Продолжительность выдерживания на улице	Количество дней с осадками (дождь, снег)	Интервал температур, °С	Остаточная прочность, %
ДСП	66	5	от +6 до -10	95
	86	7	от +6 до -15	96
	128	12	от +16 до -10	85
ЦСП	37	3	от +6 до -10	96
	106	10	от +6 до -10	93
	128	12	от +16 до -10	90

Из таблицы видно, что снижение прочности древесных композитов, подвергающихся непосредственному влиянию влаги в естественных климатических условиях, происходит настолько интенсивно, как в лабораторных. Так за 1-2 месяца испытаний теряется только 4-5 % прочности, а в течении 4 месяцев – порядка 10-15 %. Это соответствует 2 циклам замачивания-высушивания, проводимых в лаборатории. На начальном этапе влага практически одинаково влияет на ДСП и ЦСП, но после 3 месяцев процесс потери прочности у ДСП происходит интенсивнее в 1,5 раза. Это вызвано тем, что в ДСП меньшее количество стружек обработано вяжущим веществом, поэтому влага может проникать в стенки клеток древесного наполнителя, приводя к снижению прочности. Замедленность процесса потери прочности в естественных условиях по сравнению с лабораторными испытаниями вызвано наличием продолжительного этапа сушки, который значительно превышает продолжительность осадков в виде дождя. Следовательно, гигроскопическая влага удаляется и композит частично восстанавливает свою прочность.

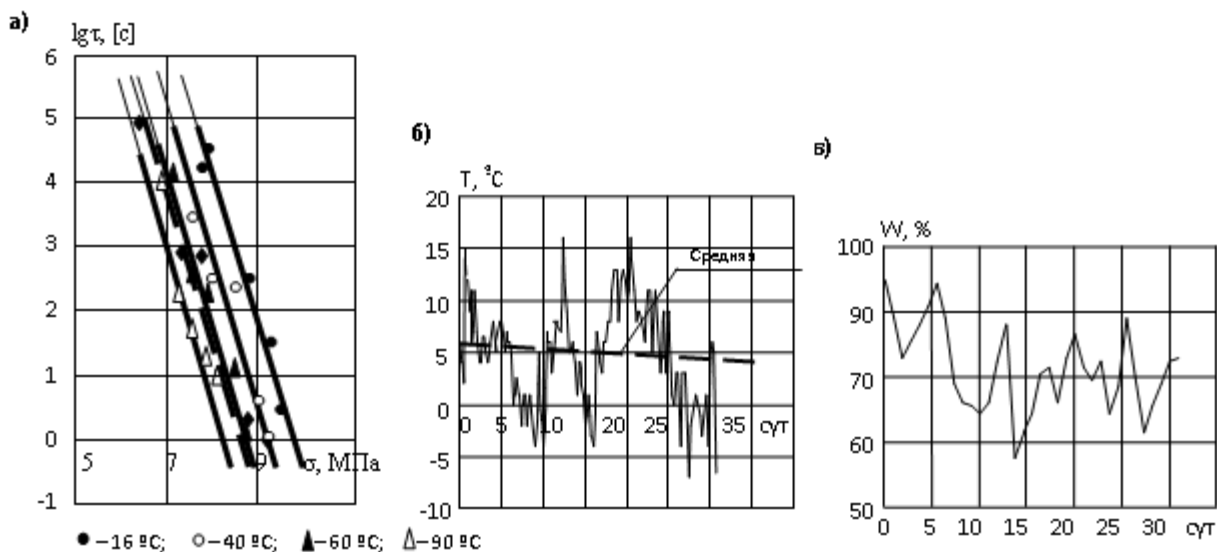


Рисунок 2 – а) Зависимость долговечности от напряжения при поперечном изгибе для древесностружечных плит плотностью 800 кг/м^3 в интервале температурот плюс 13 до минус $7 \text{ }^\circ\text{C}$ (— при постоянной температуре; - - - - при колебании температуры);
 Графики суточных колебаний температуры (б) и влажности (в)

В работе [6] было изучено влияние климатических условий (ангармоническое колебание температур) на долговечность ДСП. Испытания проводились в натуральных условиях при поперечном изгибе в режиме заданных постоянных напряжений и постоянном колебании температуры. Образцы были изолированы от непосредственного воздействия влаги. Из рисунка 2 видно, что при испытаниях в натуральных условиях для древесных плит зависимости логарифма долговечности от прочности имеют линейный характер и

долговечность ДСП снижается. Полученные прямые были нанесены на графики зависимости долговечности от напряжения для постоянных температур, которые описываются уравнениями (1)-(3). В таблице 2 представлены значения констант, входящих в данные уравнения [4]

$$\text{для ДСП с крупной стружкой} \quad \tau = \tau_m \exp \left[\frac{U_0 - \gamma \sigma \left(1 - \frac{T}{T_m} \right)}{2,3R} \right], \quad (1)$$

$$\text{для ДСП с мелкой стружкой} \quad \tau = \tau_* \exp \frac{U}{2,3RT} \exp(-\beta \sigma), \quad (2)$$

$$\text{для древесины и ДВП} \quad \tau = \tau_m^* \exp \frac{U_0^* - \gamma^* \sigma \left(\frac{T_m^*}{T} - 1 \right)}{2,3RT}, \quad (3)$$

где $\tau_m, U_0, \gamma T_m$ – физические константы материала: τ_m – минимальная долговечность (период колебания кинетических единиц – атомов, групп атомов, сегментов), с; U_0 – максимальная энергия активации разрушения, кДж/моль; γ – структурно-механическая константа, кДж/(моль×МПа); T_m – предельная температура существования твёрдого тела (температура разложения), К; R – универсальная газовая постоянная, кДж/(моль×К); β – структурно-механический коэффициент, 1/МПа; $\tau_*, U, \tau_m^*, U_0^*, \gamma^*, T_m^*$ – эмпирические константы; τ – время до разрушения (долговечность), с; σ – напряжение, МПа; T – температура, К.

Таблица 2 – Значения физических и эмпирических констант при поперечном изгибе

Материал	Плотность, кг/м ³	Физические и эмпирические константы				
		$\tau_m (\tau_*, \tau_m^*),$ с	$T_m (T_m^*),$ К	$U_0 (U, U_0^*),$ кДж/моль	$\gamma (\gamma^*),$ кДж/(МПа·моль)	$\beta,$ 1/МПа
ДСП	650 (с крупной стружкой)	10 ⁻³	571	194	12,8	–
	700 (с крупной стружкой)	10 ^{-2,9}	540	213	11,3	–
	800 (с мелкой стружкой)	10 ^{9,4}	–	70	–	2,25
ЦСП [6]		10 ^{9,4}	211	-14	-4,8	–
ДВП	850	10 ^{5,85}	182	-115	-9,16	–
древесина		10 ⁷	160	-131	-1,7	–

Влияние изменения температуры чаще всего приводит к значительному снижению долговечности материала. Для прогнозирования долговечности в режиме переменных температур были определены величины поправок [6], представленные в таблице 2. В таблице приведены поправки и к другим материалам на основе древесины.

Таблица 3 – Величины поправок, учитывающих действие колебаний температуры [6]

Вид материала	Интервал температур	Поправка, $\Delta \tau_{ср}$
Древесина	от +12 до –27 °С	-10 ^{0,107σ-7,41}
ДСП плотностью 800 кг/м ³	от +13 до –7 °С	-10 ^{2,56}
	от +5 до –25 °С	-10 ^{2,58}

Из таблицы видно, что колебания температур, как положительных, так и отрицательных одинаково влияют на снижение долговечности ДСП и древесины.

Заключение

Наиболее опасным фактором для древесных плит является действие циклического замачивания-высушивания. Исключение составляет древесина, для которой характерно полное восстановление прочности после любого воздействия влаги. Для испытаний, проводимых в естественных условиях, т.е. под действием осадков, наблюдается замедленность процесса потери прочности по сравнению с лабораторными испытаниями.

Полученные результаты позволяют прогнозировать прочность и долговечность древесных строительных материалов не только в широком интервале постоянных температур, но и при ангармонических колебаниях температуры и влажности, происходящих в реальных условиях эксплуатации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Рыбьев И.А. Строительное материаловедение: учебное пособие для строительных специальных вузов. М.: Высшая школа, 2004. 701 с.
2. Киселева О.А. Влияние режима сушки на свойства древесноволокнистых плит // Вестник науки и образования Северо-Запада России: электронный журнал. 2017. Т.3, № 1. URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1-Kiseleva.pdf>.
3. Киселева О.А., Груздева Е.А., Белякова Д.С. Влияние воды на прочность и долговечность древесноволокнистых плит // Безопасность строительного фонда России: материалы междунар. академических чтений. Курск: РААСН, 2011. С. 242-247.
4. Киселева О.А., Ярцев В.П. Физические основы работоспособности строительных материалов из древесины: монография. Тамбов: Изд-во Першина Р.В., 2007. 236 с.
5. Киселева О.А., Ярцев В.П. Влияние циклического действия температуры и влаги на прочность древесно-стружечных плит // Строительные материалы. 2004. № 4. С. 49.
6. Киселева О.А., Ярцев В.П., Сузюмов А.В. Влияние климатических воздействий на прочностную и деформационную работоспособность древесных пластиков // Пластические массы. 2006. № 2. С. 35-37.

REFERENCES

1. Ryb'ev I.A. *Stroitel'noe materialovedenie: uchebnoe posobie dlja stroitel'nyh special'nyh vuzov*. (Building Material Science: a textbook for building special universities). Moscow: Vysshaja shkola. 2004. 701 p.
2. Kiseleva O.A. *Vlijanie rezhima sushki na svojstva drevesnovoloknistyh plit* [Effect of the drying regime on the properties of wood fiber boards]. *Vestnik nauki i obrazovaniya Severo-Zapada Rossii: jelektronnyj zhurnal*. 2017. V. 3, No. 1 URL: <http://vestnik-nauki.ru/wp-content/uploads/2017/02/2017-No1-Kiseleva.pdf>.
3. Kiseleva O.A., Gruzdeva E.A., Beljakova D.S. *Vlijanie vody na prochnost' i dolgovechnost' drevesnovoloknistyh plit* [Effect of water on the strength and durability of fibreboard]. *Bezopasnost' stroitel'nogo fonda Rossii: materialy mezhdunar. akademicheskikh chtenij*. Kursk: RAASN, 2011, pp. 242-247.
4. Kiseleva O.A., Jarcev V.P. *Fizicheskie osnovy rabotosposobnosti stroitel'nyh materialov iz drevesiny: monografija* [Physical basis of working capacity of building materials from wood: monograph]. Tambov: Izd-vo Pershina R.V., 2007. 236 p.
5. Kiseleva O.A., Jarcev V.P. *Vlijanie ciklicheskogo dejstvija temperatury i vlagi na prochnost' drevesno-struzhechnyh plit* [Effect of cyclic action of temperature and moisture on the strength of wood-particle boards]. *Stroitel'nye materialy*. 2004. No. 4, p. 49.
6. Kiseleva O.A., Jarcev V.P., Suzjumov A.V. *Vlijanie klimaticheskikh vozdeystvij na prochnostnuju i deformacionnuju rabotosposobnost' drevesnyh plastikov* [Influence of climatic



influences on the strength and deformation performance of wood plastics]. *Plasticheskie massy*. 2006. No. 2, pp. 35-37.

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ

Киселева Олеся Анатольевна

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия, кандидат технических наук, доцент, доцент кафедры «Конструкции зданий и сооружений».

E-mail: kiseleva_oa@rambler.ru

KiselevaOlesyaAnatolyevna

Tambov State Technical University, Tambov, Russia, Candidate of Technical Science, docent, docent of the «Constructions of buildings and construction» department.

E-mail: kiseleva_oa@rambler.ru

Остроовская Анастасия Александровна

Тамбовский государственный технический университет, г. Тамбов, Россия, студент Института Архитектуры, Строительства и Транспорта.

Ostrovskaya Anastasia Alexandrovna

Tambov State Technical University, Tambov, Russia, student of the Institute of Architecture of Construction and Transport.

Корреспондентский почтовый адрес и телефоны для контактов с авторами:

392008, г. Тамбов, ул. Чичканова, д.68а, кВ.18, 89606685075,

E-mail: kiseleva_oa@rambler.ru