

## Влияние циклического увлажнения на прочность многослойного материала клееного из шпона

*С. И. Миронова, П. С. Коваль, Е. В. Данилов, Т. Н. Казакевич*

*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет,  
Санкт-Петербург*

**Аннотация:** В работе представлено исследование влияния многократного циклического увлажнения на прочность при сжатии поперек волокон в плоскости слоев многослойного материала клееного из шпона (LVL), в течение длительного времени, выдержанного в условиях повышенной влажности. Доказано существенное снижение его прочностных свойств при циклическом увлажнении (до 18% за три цикла). Дана динамика роста трещин вследствие влияния влажностного фактора.

**Ключевые слова:** многослойный материал клееный из шпона, деревянные конструкции, прочность, циклическое увлажнение, усушечные трещины, гигроусталость.

Изменение влажности является весомым фактором, дестабилизирующим прочностные свойства для древесины и древесных материалов [1, 2]. Особенно сильно это может проявляться при циклическом увлажнении. Материал многослойный клееный из шпона (LVL) изготавливается из листов толстого (около 3 мм) шпона, содержащего микротрещины, при разбухании и усушке они подвержены росту. Причиной образования трещин является посечка – микротрещины, образующиеся в процессе лущения шпона. Посечка появляется из-за растягивания слоя древесины поперек волокон [3-5].

Общие требования для конструкций из древесины необходимо выполнять и для несущих элементов из композиционных материалов на ее основе. Для обеспечения надежной работы многослойного клееного бруса из шпона его влажность должна составлять 8...12% [6]. Однако, в процессе эксплуатации, показатели влажности превышают допустимые, что ведет к снижению прочности материала [7-9]. Кроме этого, LVL является относительно новым строительным материалом и недостаточный опыт длительной эксплуатации затрудняет детально охарактеризовать поведение

---

во времени [3]. Несмотря на то, что технологией производства бруса многослойного клееного из шпона предусматривается формирование лакокрасочного покрытия, содержащего воск, как способ повысить стойкость к негативному влиянию влажности [10], на обследуемых образцах данное покрытие отсутствует. На сегодняшний день, только 60% от объема выпускающей продукции подвергается обработке защитным средством.

С целью выявления влияния многократного циклического увлажнения на прочность при сжатии поперек волокон в плоскости слоев многослойного материала, клееного из шпона, проведены соответствующие испытания. Методика экспериментального исследования заключалась в следующем. В соответствии с ГОСТ 33124-2021, были изготовлены образцы размерами 135x31x31 мм, во внешних слоях которых отсутствовали видимые дефекты (сучки). Схема представлена на рис. 1. В качестве материала для изготовления образцов применялся однонаправленный LVL толщиной 31 мм из соснового шпона, в течение длительного времени (более 10 лет) выдержанный в условиях повышенной влажности среды – свыше 75% и в течение двух месяцев кондиционированный в лабораторных условиях (температура 20°C, влажность воздуха до 65%). Влажность материала после кондиционирования – 12±2%. Контрольные образцы тех же размеров были выполнены из нового материала, кондиционированного в течение двух месяцев в лабораторных условиях.

Во внешних слоях шпона длительно выдержанного LVL невооруженным взглядом заметны трещины (рис. 2), размеры которых определены при помощи цифрового микроскопического исследования. Максимальная ширина раскрытия трещин составила до 2 мм вблизи крупных сучков. В целом, вся поверхность шпона покрыта параллельными микротрещинами различной длины. В 20% контрольных образцов из

---

невыдержанного LVL были зафиксированы микротрещины шириной раскрытия до 0,2 мм и длиной до 40 мм.

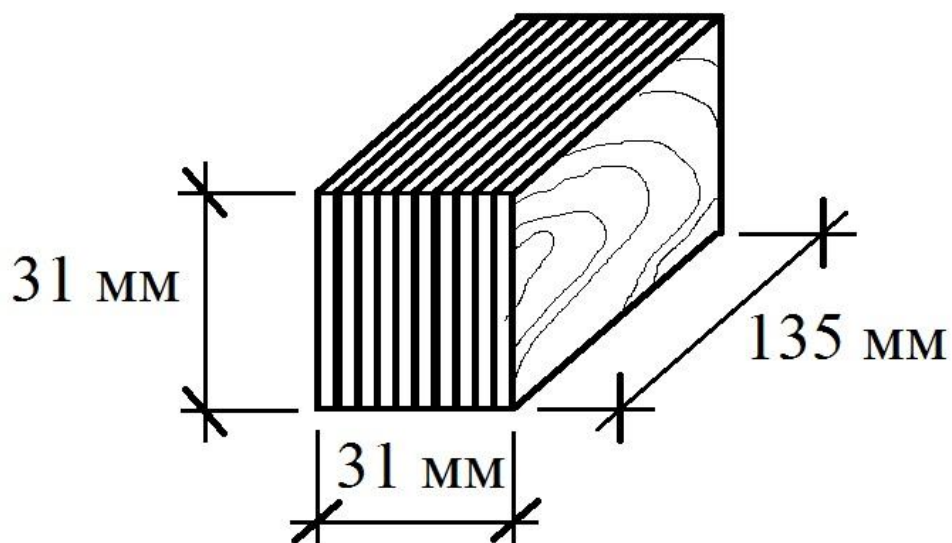


Рис. 1. Схема образцов для испытания LVL на сжатие поперек волокон в плоскости слоев шпона



Рис. 2. Трещины в наружных слоях LVL

После кондиционирования в лабораторных условиях контрольные образцы из невыдержанного LVL (10 шт.) были подвергнуты механическим испытаниям по определению предела прочности при сжатии поперек волокон в плоскости слоев шпона в универсальной электромеханической испытательной машине Instron 5969 со скоростью перемещения нагружающей головки системы 4 мм/мин. В процессе испытания определялись деформации сжатия по перемещению штока машины. Образцы из выдержанного материала вымачивались в воде с температурой  $20\pm 2^\circ\text{C}$  в

соответствии с ГОСТ 33121-2014 тремя сериями по 20 шт.: с выдержкой в течение 1, 2 и 3 циклов по 48 часов. Вода покрывала образцы на 2-3 см, что обеспечивалось их пригрузкой. По истечении времени выдержки 1 цикла (48 часов) образцы извлекали из воды и протирали чистой сухой тканью. Половину образцов из серии (10 шт.) подвергали обмеру и механическим испытаниям по определению предела прочности при сжатии поперек волокон в плоскости слоев шпона, все остальные образцы высушивали при нормальном температурно-влажностном режиме (кондиционировали в климатической камере при температуре 20°C и влажности воздуха 65%) до достижения начальной влажности  $12\pm 2\%$  в течение 10 суток (рис. 3).

Вторую половину образцов из серии (10 шт.) после высушивания также испытывали на сжатие поперек волокон в плоскости слоев шпона. Образцы остальных серий спустя 10 суток в климатической камере вновь замачивали при тех же условиях (2 цикл). По прошествии 48 часов, они извлекались из воды, протирались, 10 шт. подвергали обмеру и механическим испытаниям, все остальные – высушивали в климатической камере 10 суток. После этого 10 шт. образцов испытывались на сжатие поперек волокон в плоскости слоев шпона, а остальные замачивались и испытывались в аналогичном порядке (3 цикл).

Измерение микротрещин в образцах 1-3 серий (после 1, 2 и 3 цикла замачивания соответственно) в поверхностных слоях шпона производилось после их кондиционирования. В результате получено:

- после 1 цикла длина – до 40 мм, ширина раскрытия – до 0,838 мм;
- после 2 цикла длина – до 135 мм, ширина раскрытия – до 1,812 мм;
- после 3 цикла длина – до 135 мм, ширина раскрытия – свыше 2,0 мм.

После третьего цикла увлажнения наблюдалось отслоение древесины шпона по границе годовичного кольца. Фотофиксация представлена на рис. 4.

При испытании образцов разрушение проходило по трещинам, открывшимся вследствие циклического изменения влажности, а также наблюдалось расслоение по клеевому шву (рис. 5).



Рис. 3. Кондиционирование образцов в климатической камере



*a*



б

Рис. 4. Фотофиксация трещин шпона:

а – после 2-го цикла замачивания; б – после 3-го цикла замачивания



Рис. 5. Разрушенные образцы

Нормативное сопротивление на сжатие определяли в соответствии с СП 64.13330.2017. По результатам определения предела прочности на сжатие поперек волокон в плоскости слоев шпона наблюдалось существенное его снижение с ростом количества циклов замачивания-высушивания (до 18% после трех циклов). Результаты представлены в таблице 1.

Графическая интерпретация полученных результатов представлена на рисунке 6.

Исследование свойств материала многослойного клееного из шпона на предмет влияния циклического увлажнения на его целостность и изменения прочностных свойств показало значительное уменьшение предела прочности при сжатии поперек волокон в плоскости слоев шпона, сопровождающееся

Таблица 1 – Результаты испытаний

№ цикла увлажнения	Вид образцов	Прочность на сжатие поперек волокон, МПа
--------------------	--------------	------------------------------------------

-	Контрольные образцы	6,64
1	Влажные образцы	2,17
	Образцы после кондиционирования	4,68
2	Влажные образцы	1,89
	Образцы после кондиционирования	4,19
3	Влажные образцы	1,78
	Образцы после кондиционирования	3,85

растрескиванием наружных слоев шпона толщиной 3,2 мм каждый. Таким образом, при отсутствии защиты от влаги поверхностные слои материала подвержены сплошному растрескиванию, что фактически уменьшает

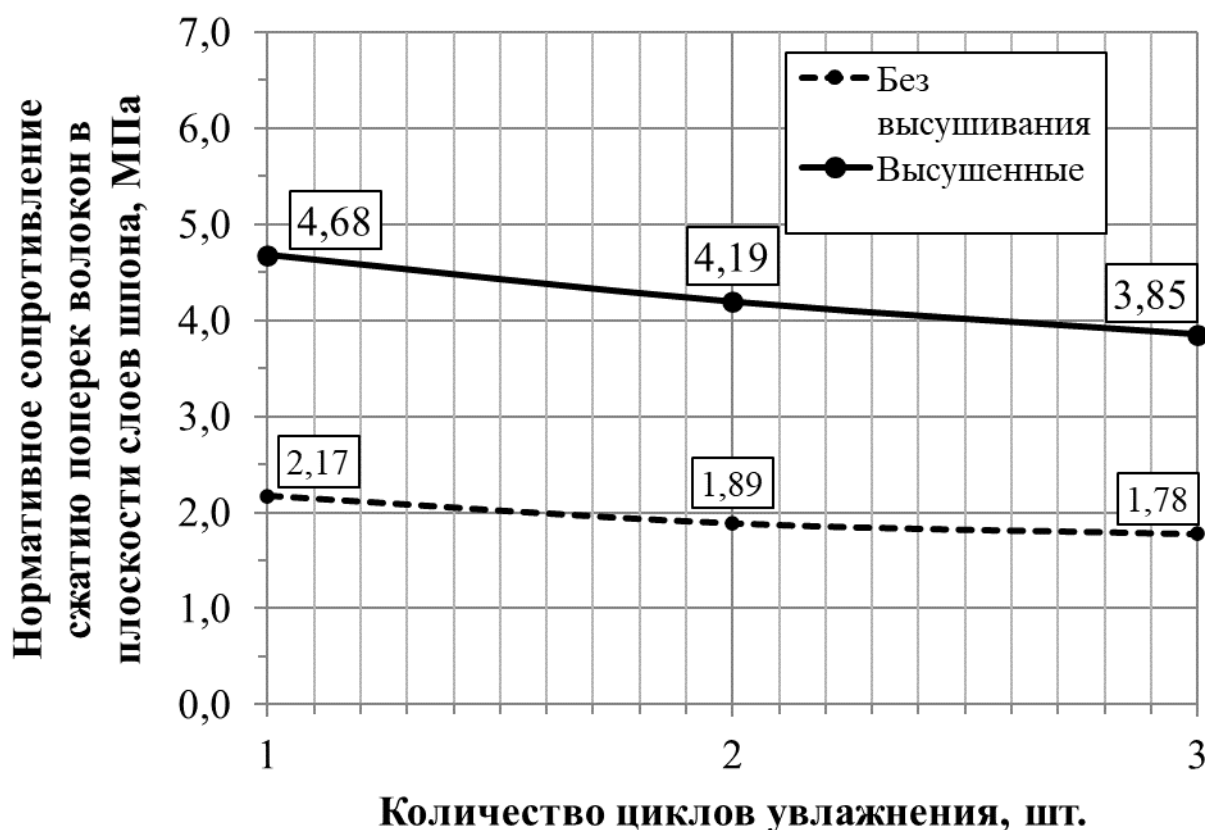


Рис. 6. Изменение прочности LVL в зависимости от количества циклов увлажнения

площадь их поперечного сечения. Отсутствие на поверхности образцов обработки воскодержащими составами также способствует процессу образования трещин.

## Литература

1. Черных, А. Г., Корольков Д.И., Пакина А. С. Оценка результатов расчета остаточного ресурса здания с применением технологии информационного моделирования. Инновации в деревянном строительстве: Материалы 11-й Международной научно-практической конференции, Санкт-Петербург, 22–23 апреля 2021 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2021. С. 229-243.

2. Кулинич, А. В., Ануфрович В.В., Кутузов Е.Н. Влияние влажности на трещиностойкость древесины. Ресурсосбережение и экология строительных материалов, изделий и конструкций сборник научных трудов 2-й Международной научно-практической конференции: в 2 томах, Курск, 01 октября 2019 года. Том 1. Курск: Юго-Западный государственный университет, 2019. С. 234-238.

3. Миронова, С. И., Нижегородцев Д. В. Скрытые особенности нового строительного материала. Архитектура - строительство - транспорт: Материалы 74-й научной конференции профессорско-преподавательского состава и аспирантов университета, в 2-х частях, Санкт-Петербург, 03–05 октября 2018 года. Санкт-Петербург: Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, 2018. С. 23-29.

4. Pot G., Denaud L., Collet R., Girardon S., Cottin F. Influence of veneer lathe checks on the mechanical properties of LVL. Conference: 22th International Wood Machining Seminar, At Quebec City, Canada, 2015. URL: [sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/10219/LABOMAP\\_IWMS22\\_2015\\_POT.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/10219/LABOMAP_IWMS22_2015_POT.pdf?sequence=4&isAllowed=y).

5. Palubicki B., Marchal R., Butaud J.C, Denaud L., Bl'eron L., Collet R., Kowaluk G. A method of lathe checks measurement; SMOF device and its software. European Journal of Wood and Wood Products. 2010. Vol.68, №2, pp. 151-159.

---



6. Рощина, С. И. Прочность и деформативность клееных армированных деревянных конструкций при длительном действии нагрузки: специальность 05.23.01 "Строительные конструкции, здания и сооружения": диссертация на соискание ученой степени доктора технических наук. Рощина Светлана Ивановна. Москва, 2009. 330 с.

7. Черных, А. Г., Корольков Д.И. Определение остаточного ресурса деревянных конструкций. Устойчивое развитие региона: архитектура, строительство и транспорт: Материалы IX-ой Международной научно-практической конференции, посвящённой памяти академика РААСН Чернышова Е.М., Тамбов, 21–22 сентября 2022 года. Тамбов: Издательство ИП Чеснокова А.В., 2022. С. 317-321.

8. Ломакин, А. Д. Особенности защиты несущих клееных деревянных конструкций. Вестник НИЦ Строительство. 2014. № 11. С. 30-39.

9. Кудрявцев, И. А. Циклические изменения влажности древесины и их влияние на длительную прочность материала. Тенденции развития науки и образования. 2022. № 86-2. С. 77-79.

10. Иванов А. В., Шендриков М. А., Бабенкова Е. А., Поздняков Е. В. Технология получения клееной древесины повышенной прочности. Лесной и химический комплексы - проблемы и решения: Сборник статей по материалам Всероссийской научно-практической конференции посвященной 80-летию университета, Красноярск: Сибирский государственный технологический университет, 2010. С. 256-259.

## References

1. Cherny`x, A. G., Korol`kov D.I., Pakina A. S. Innovacii v derevyannom stroitel`stve: Materialy` 11-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, Sankt-Peterburg, 22–23 aprelya 2021 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arxitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2021. pp. 229-243.

---

2. Kulinich, A. V., Anufrovich V.V., Kutuzov E.N. Resursosberezhenie i e`kologiya stroitel`ny`x materialov, izdelij i konstrukcij: sbornik nauchny`x trudov 2-j Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii: v 2 tomah, Kursk, 01 oktyabrya 2019 goda. Tom 1. Kursk: Yugo-Zapadny`j gosudarstvenny`j universitet, 2019. pp. 234-238.

3. Mironova, S. I., Nizhegorodcev D. V. Arxitektura - stroitel`stvo - transport: Materialy` 74-j nauchnoj konferencii professorsko-prepodavatel`skogo sostava i aspirantov universiteta, v 2-x chastyax, Sankt-Peterburg, 03–05 oktyabrya 2018 goda. Sankt-Peterburg: Sankt-Peterburgskij gosudarstvenny`j arxitekturno-stroitel`ny`j universitet, 2018. pp. 23-29.

4. Pot G., Denaud L., Collet R., Girardon S., Cottin F. Conference: 22th International Wood Machining Seminar, At Quebec City, Canada, 2015. URL: [sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/10219/LABOMAP\\_IWMS22\\_2015\\_POT.pdf?sequence=4&isAllowed=y](http://sam.ensam.eu/bitstream/handle/10985/10219/LABOMAP_IWMS22_2015_POT.pdf?sequence=4&isAllowed=y)

5. Pałubicki B., Marchal R., Butaud J.C, Denaud L., Bl`eron L., Collet R., Kowaluk G. European Journal of Wood and Wood Products. 2010. Vol.68, №2, pp. 151-159.

6. Roshhina, S. I. Prochnost` i deformativnost` kleeny`x armirovanny`x derevyanny`x konstrukcij pri dlitel`nom dejstvii nagruzki [Strength and deformability of glued reinforced wooden structures under long-term load action]: special`nost` 05.23.01 "Stroitel`ny`e konstrukcii, zdaniya i sooruzheniya": dissertaciya na soiskanie uchenoj stepeni doktora texnicheskix nauk. Roshhina Svetlana Ivanovna. Moskva, 2009. 330 p.

7. Cherny`x, A. G., Korol`kov D.I. Ustojchivoe razvitie regiona: arxitektura, stroitel`stvo i transport: Materialy` IX-oy Mezhdunarodnoj nauchno-prakticheskoy konferencii, posvyashhyonnoj pamyati akademika RAASN Cherny`shova E.M., Tambov, 21–22 sentyabrya 2022 goda. Tambov: Izdatel`stvo IP Chesnokova A.V., 2022. p. 317-321.

---



8. Lomakin, A. D. Vestnik NICz Stroitel'stvo. 2014. № 11. pp. 30-39.

9. Kudryavcev, I. A. Tendencii razvitiya nauki i obrazovaniya. 2022. № 86-2. pp. 77-79.

10. Ivanov A. V., Shendrikov M. A., Babenkova E. A., Pozdnyakov E. V. Sbornik statej po materialam Vserossijskoj nauchno-prakticheskoj konferencii posvyashhennoj 80-letiyu universiteta, Krasnoyarsk: Sibirskij gosudarstvennyj tekhnologicheskij universitet, 2010. pp. 256-259.