

## Стойкость клеевых соединений деревянных конструкций на отечественных меламино-мочевино-формальдегидных клеях к циклическим температурно-влажностным воздействиям

*А.Г. Черных<sup>1</sup>, С.И. Миронова<sup>1</sup>, Т.Н. Казакевич<sup>1</sup>, С.Е. Кирютина<sup>2</sup>, В.В. Белов<sup>3</sup>*

<sup>1</sup>*Санкт-Петербургский государственный архитектурно-строительный университет, Санкт-Петербург*

<sup>2</sup>*ООО СДМиК, Санкт-Петербург*

<sup>3</sup>*АО "Атомэнергопроект"*

**Аннотация:** В работе представлено исследование стойкости соединений несущих клееных деревянных конструкций на отечественных меламино-мочевино-формальдегидных клеях (ММФК) к циклическим температурно-влажностным воздействиям. Описана методика циклических испытаний. Дана оценка стойкости ММФК к температурно-влажностным воздействиям и соответствие выбранного клея требованиям, установленным для производства большепролетных несущих конструкций.

**Ключевые слова:** меламино-мочевино-формальдегидные клеи, деревянные конструкции, стойкость клеевых соединений к циклическим температурно-влажностным воздействиям, прочность.

В 2019 г был разработан и в 2020 г введен в действие новый СП 452.1325800.2019 здания жилые многоквартирные с применением деревянных конструкций, согласно которому из дерева можно возводить здания высотой до 28 м. Кроме того, согласно Плану деятельности Министерства строительства и жилищно-коммунального хозяйства Российской Федерации, уже в 2022 году строительство не менее 20 % жилья и социально-культурных объектов должно осуществляться с использованием деревянных конструкций [1].

Для решения этой задачи проводилась исследовательская работа по выбору трех рациональных рецептур меламино-мочевино-формальдегидного клея отечественного производства на основе испытаний на прочность и стойкость клеевых соединений древесины [2]. Данный вид клеевых систем используется для изготовления несущих конструкций разных типов, длины и кривизны, и разных категорий ответственности [3]. По нормативной

документации ММФ-системы применяются при изготовлении конструкций из клееной древесины и должны соответствовать ГОСТ Р 57999-2017/EN 301:2013 «Клеи для несущих деревянных конструкций. Фенопласты и аминопласты. Классификация и требования» [4].

В связи с тем, что на настоящий момент в РФ представлен один отечественный клей торговой марки «ProtoMin2» компании «Профи», испытания проводились с разными рецептами данного клея.

Рецептуры принимались с учетом данных производителя. В ТУ 20.52.10-001-19299941-2022 «Двухкомпонентные аминопластиковые клеевые системы «ProtoMin»» (Приложение Б) заявлены рабочие соотношения клей/отвердитель 100:20, 100:50, 100:100. По итогам предварительных исследований прочности, водостойкости, теплостойкости, морозостойкости была выбрана рецептура №2 с соотношением клей: отвердитель 100: 50.

Испытания по определению циклической стойкости клеевых соединений [5] проводились по ГОСТ 33121-2014, п. 7. Положительным фактором данных исследований является незначительные временные затраты для формирования заключения об изменении свойств клеевых соединений в процессе эксплуатации при различных условиях [6, 7]. Факторами климатического старения в данном случае являются: температура и влажность воздуха. Данный вид исследования предполагает испытание образцов циклами: последовательно имитируется воздействие положительной температуры и влажности воздуха, отрицательной температуры, перепадов температуры за год, несколько лет или за всю продолжительность эксплуатации. После испытаний определяется изменение значения прочности образцов на скалывание вдоль волокон, исследуется характер разрушения клеевого соединения [8 - 10].

С целью определения прочности клеевых соединений и характера их разрушения проводилось 10 циклов воздействий (рис. 1).

---

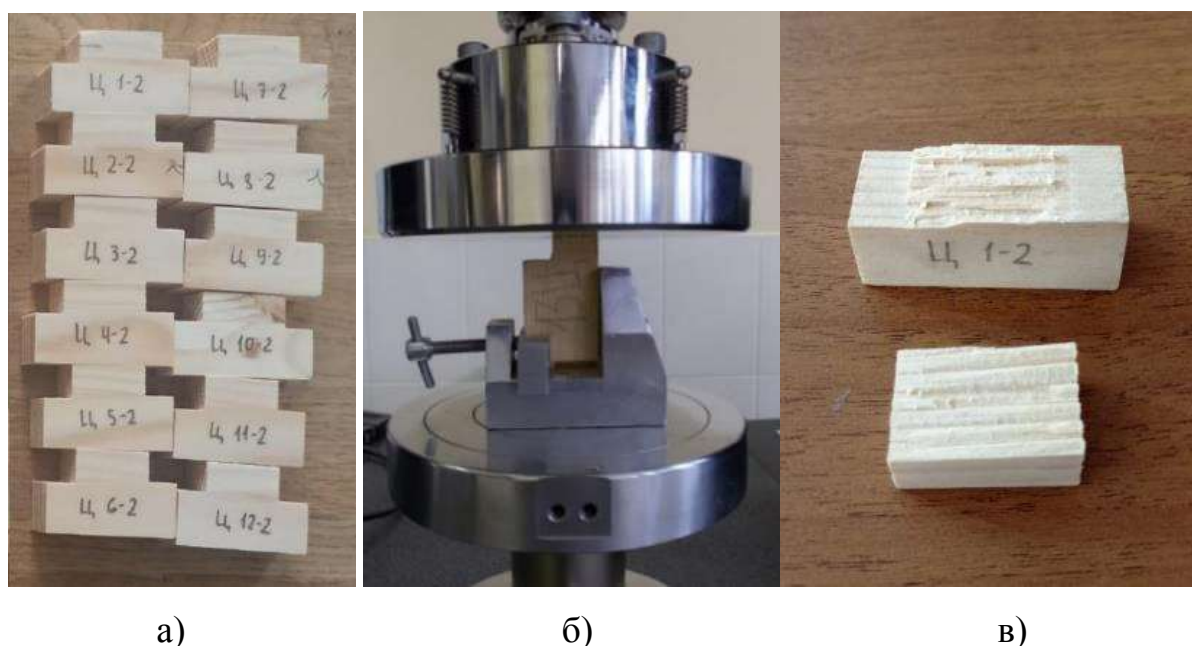


Рис. 1. Проведение циклических испытаний,  
а) – вид образцов малой формы для определения прочности, б) –  
испытания на скалывание в установке Instron 5969, в) – характер разрушения  
образцов.

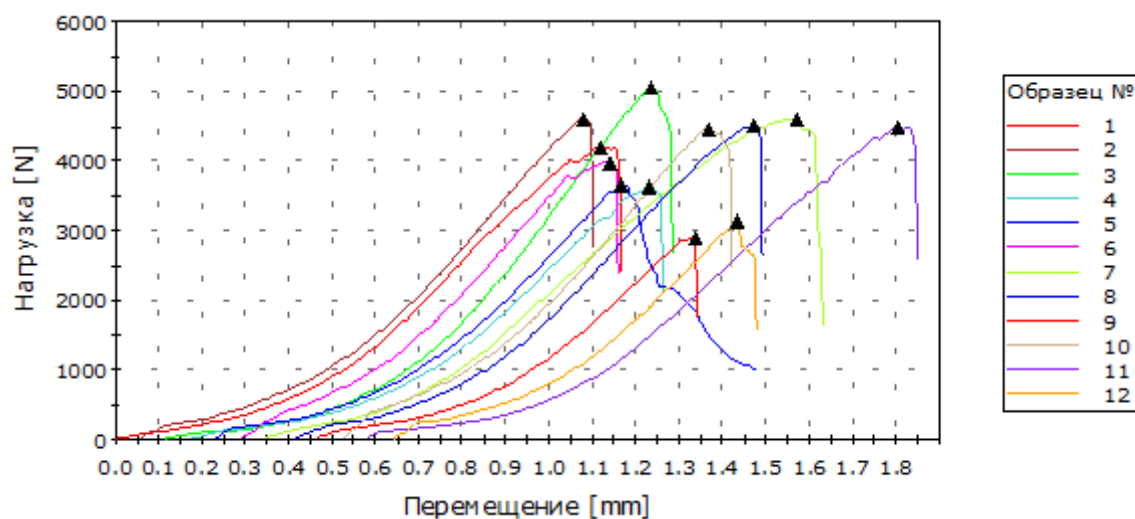


Рис. 2. Диаграммы испытаний образцов  
Диаграммы испытаний образцов после циклических температурных  
воздействий показаны на рис. 2. Результаты испытаний после циклических  
температурных воздействий показаны в таблице 1.

Таблица 1. Результаты испытаний после циклических температурных воздействий

№ п/п	Маркировка образца	Максимум Нагрузка [Н]	R сжатия [МПа]	Толщина [мм]	Ширина [мм]	Примечание (характер разрушения)
1	Ц 1-2	4199,68	6,66	30,9	20,4	100% по дереву
2	Ц 2-2	4605,37	7,45	30,4	20,4	100% по дереву
3	Ц 3-2	5043,76	8,21	30,6	20	100% по дереву
4	Ц 4-2	3621,95	5,9	30,5	20,1	100% по дереву
5	Ц 5-2	3652,59	6,87	27	19,7	100% по дереву
6	Ц 6-2	3981,33	7,32	27,1	20,1	100% по дереву
7	Ц 7-2	4597,68	7,44	30,4	20,3	100% по дереву
8	Ц 8-2	4504,77	7,21	30,5	20,5	100% по дереву
9	Ц 9-2	2897,52	4,68	30,6	20,3	100% по дереву
10	Ц 10-2	4464,63	7,45	30,4	19,7	100% по дереву
Среднее		4156,9	6,9			

Анализ полученных данных после проведенных испытаний на стойкость клеевых соединений образцов из древесины сосны на ММФ-клею по рецептуре № 2, к циклическим температурно - влажностным воздействиям, выявил следующее: после кондиционирования образцов прочность на скалывание вдоль волокон практически не изменилась, разрушение соединений произошло 100 % по древесине, клеевая прослойка сохраняет целостность.

Полученные данные подтверждают высокую стойкость данного клея к климатическому старению, и соответствие эксплуатационных характеристик данного клея требованиям, установленным для производства большепролетных несущих конструкций.



## Литература

1. Есауленко, И. В. Перспективы развития высотного деревянного домостроения в России на примере зарубежного опыта. Архитектура, строительство, транспорт. 2021. № 4. С. 17-25.
2. Lukina A., Lisyatnikov M., Martinov V., Kunitskya O., Chernykh A., Roschina S. Mechanical and microstructural changes in post-fire raw wood. Architecture and Engineering. 2022. V. 7. № 3. P. 44-52.
3. Рязанов, Д. В. Современные технологии модифицирования древесины. Вестник науки. 2022. Т. 3, № 2(47). С. 63-77.
4. Волинский В.Н. Технология клееных древесных материалов. Учебное пособие для вузов. Архангельск: Изд-во Архангельского ГТУ, 1998. 299 с.
5. Миронова С. И., Тихомиров А. В., Кирютина С. Е. Изучение стойкости клеевых соединений деревянных конструкций на основе однокомпонентного полиуретанового клея к температурно-влажностным воздействиям. Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2(61). С. 90-95.
6. Винокуров, А. А., Докторов И. А., Лавров М. Ф. Влияние отрицательной температуры и влаги на прочность цельной и клееной древесины. Вестник Якутского государственного университета. 2006. Т. 3, № 3. С. 71-77.
7. Миронова С. И., Тихомиров А. В., Кирютина С. Е. Изучение стойкости клеевых соединений деревянных конструкций на основе однокомпонентного полиуретанового клея к температурно-влажностным воздействиям. Вестник гражданских инженеров. 2017. № 2(61). С. 90-95.
8. Lukina A., Lisyatnikov M., Lukin M., Vatin N., Roshchina S. Strength properties of raw wood after a wildfire Magazine of Civil Engineering. 2023. № 3 (119). P. 11907.



9. Мамедов Ш. М., Шабикова Е. Г., Нижегородцев Д. В., Казакевич Т. Н. Методика расчета панелей из перекрестно клееной древесины. Вестник гражданских инженеров. 2020. № 5(82). С. 66-71.

10. Мазаник, Н. В., Божелко И.К. Эксплуатационные характеристики клеев для составных деревянных конструкций. Труды БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая промышленность. 2016. № 2(184). С. 136-139.

10. Фрейдин А.С., Вуба К.Т. Прогнозирование свойств клеевых соединений древесины. Москва: Лесная Промышленность, 1980. 223 с.

### References

1. Esaulenko, I. V. Arxitektura, stroitel`stvo, transport. 2021. № 4. pp. 17-25.

2. Lukina A., Lisyatnikov M., Martinov V., Kunitskya O., Chernykh A., Roschina S. Architecture and Engineering. 2022. V. 7. № 3. pp. 44-52.

3. Ryazanov, D. V. Sovremenny`e tehnologii modifitsirovaniya drevesiny`. Vestnik nauki. 2022. T. 3, № 2(47). pp. 63-77.

4. Voly`niskij V.N.: Tekhnologiya kleeny`x drevesny`x materialov. Uchebnoe posobie dlya vuzov [Glulam technology]. Arxangel`sk: Izd-vo Arxangel`skogo GTU, 1198. 299 p.

5. Mironova S. I., Tixomirov A. V., Kiryutina S. E. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2017. № 2(61). pp. 90-95.

6. Vinokurov, A. A., Doktorov I. A., Lavrov M. F. Vestnik Yakutskogo gosudarstvennogo universiteta. 2006. T. 3, № 3. pp. 71-77.

7. Lukina A., Lisyatnikov M., Lukin M., Vatin N., Roshchina S. Magazine of Civil Engineering. 2023. № 3 (119). P. 11907.

8. Mamedov Sh. M., Shabikova E. G., Nizhegorodcev D. V., Kazakevich T. N. Vestnik grazhdanskix inzhenerov. 2020. № 5(82). pp. 66-71.



9. Mazanik, N. V., Bozhelko I.K. Trudy` BGTU. Lesnaya i derevoobrabaty`vayushhaya promy`shlennost`. 2016. № 2(184). pp. 136-139.

10. Frejdin A.S., Vuba K.T. Prognozirovaniye svoystv kleevy`x soedinenij drevesiny` [Prediction of properties of adhesive joints in wood]. Moskva: Lesnaya Promy`shlennost`, 1980. 223 p.