

Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 165–170.
Forests of Russia and economy in them. 2024. № 1 (88). P. 165–170.

Научная статья
УДК 674.028.9
DOI: 10.51318/FRET.2023.88.1.017

УСЛОВИЯ ПРИМЕНЕНИЯ МАЛОТОКСИЧНЫХ КАРБАМИДОФОРМАЛЬДЕГИДНЫХ КЛЕЕВ ПРИ СКЛЕИВАНИИ МЕБЕЛЬНЫХ ЩИТОВ

Денис Олегович Чернышев¹, Александр Андреевич Лукаш²,
Виктор Александрович Романов³, Алексей Алексеевич Пыкин⁴,
Александр Владимирович Седых⁵

¹ Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург, Россия

^{2, 3, 4, 5} Брянский государственный инженерно-технологический университет, Брянск, Россия

Автор, ответственный за переписку: Денис Олегович Чернышев,
chernyshevdo@m.usfeu.ru

Аннотация. В статье рассмотрены вопросы применения малотоксичных карбаминоформальдегидных клеев для склеивания массивной древесины. Целью исследований является установление возможности использования для удешевления продукции менее дорогих малотоксичных карбаминоформальдегидных клеев вместо традиционно применяемой поливинилацетатной дисперсии. Вязкость и концентрация этих карбаминоформальдегидных клеев ниже, чем у поливинилацетатной дисперсии, вследствие чего наблюдается повышенное их впитывание в древесину, что может привести к снижению прочности склеивания. Для повышения вязкости и концентрации КФ-клеев предлагается применять наполнители, такие как древесная мука, гипс, каолин. Обоснованы наполнители, которые наиболее целесообразно применять при склеивании мебельных щитов из массивной древесины сосны малотоксичными карбаминоформальдегидными клеями.

Проведено исследование влияния вида и количества наполнителей на прочность склеивания. Найдены зависимости, адекватно описывающие влияние наполнителей на прочность при скалывании по клеевому слою. Установлено, что с увеличением количества древесной муки, гипса и каолина прочность склеивания снижается, причем древесная мука оказывает наибольшее влияние на целевую функцию. Доказано, что для обеспечения возможности применения малотоксичных низкоконцентрированных карбаминоформальдегидных клеев рекомендуется вводить древесную муку в количестве 1–2 мас.ч. на 100 мас.ч. клея, чтобы обеспечить прочность склеивания, сравнимую с прочностью массивной древесины сосны на скалывание вдоль волокон.

Ключевые слова: древесина, карбаминоформальдегидный клей, прочность, склеивание, наполнители

Для цитирования: Условия применения малотоксичных карбаминоформальдегидных клеев при склеивании мебельных щитов / Д. О. Чернышев, А. А. Лукаш, В. А. Романов [и др.] // Леса России и хозяйство в них. 2024. № 1 (88). С. 165–170.

Original article

CONDITIONS FOR THE USE OF LOW-TOXIC UREA-FORMALDEHYDE ADHESIVES WHEN GLUING FURNITURE PANELS

Denis O. Chernyshev¹, Alexander A. Lukash², Victor A. Romanov³,
Alexey A. Pykin⁴, Alexander V. Sedykh⁵

¹ Ural State Forest Engineering University, Yekaterinburg, Russia

^{2, 3, 4, 5} Bryansk State University of Engineering and Technology, Bryansk, Russia

Corresponding author: Denis Chernyshev,
chernyshevdo@m.usfeu.ru

Abstract. The article discusses the use of low-toxic urea-formaldehyde adhesives for gluing solid wood. The aim of the research is to establish the possibility of using less expensive low-toxic carbamide-formaldehyde adhesives instead of the traditionally used polyvinyl acetate dispersion to reduce the cost of products. The viscosity and concentration of these carbamide-formaldehyde adhesives are lower than that of polyvinyl acetate dispersion. As a result, their increased absorption into the wood is observed, which can lead to a decrease in the bonding strength. To increase the viscosity and concentration of CF adhesives, it is proposed to use fillers such as wood flour, gypsum, kaolin. The fillers that are most appropriate to use when gluing furniture boards made of solid pine wood with low-toxic carbamide-formaldehyde adhesives are substantiated.

The influence of the type and quantity of fillers on the bonding strength has been studied. Dependences have been established that adequately describe the effect of fillers on strength when chipping along the adhesive layer. It was found that with an increase in the amount of wood flour, gypsum and kaolin, the bonding strength decreases, and wood flour has the greatest effect on the target function. It is proved that in order to ensure the possibility of using low-toxic, low-concentrated carbamide-formaldehyde adhesives, it is recommended to introduce wood flour in an amount of 1–2 m.h. per 100 m.h. glue to ensure the bonding strength comparable to the strength of solid pine wood for chipping along the fibers.

Keywords: wood, urea-formaldehyde glue, strength, gluing, fillers

For citation: Conditions for the use of low-toxic urea-formaldehyde adhesives when gluing furniture panels / D. O. Chernyshev, A. A. Lukash, V. A. Romanov [et al.] // Forests of Russia and economy in them. 2024. № 1 (88). P. 165–170.

Введение

Корпусная мебель с фасадами из массивной древесины является относительно новым видом продукции. Такую мебель отличает изысканность и оригинальность. При изготовлении фасадов из мебельных щитов используют древесину твердых лиственных пород и хвойных пород – сосны (последнюю чаще применяют из-за меньшей дефицитности древесного сырья). В качестве клея хорошо зарекомендовала себя поливинилацетатная дисперсия.

Для повышения конкурентоспособности необходимо снизить производственные издержки, в частности путем замены традиционно применяемого ПВА на менее дорогой карбамидоформальдегидный клей, используемый в производстве фанеры и ДСтП. Малотоксичные КФ-клеи обладают хорошей адгезией к древесине, однако имеют низкую концентрацию, что обуславливает необходимость учета этого фактора при разработке условий склеивания массивной древесины этими клеями.

Цель, задача, методика и объекты исследования

Целью работы является обоснование возможности использования при склеивании массивной древесины малотоксичных карбаминоформальдегидных клеев с низкой концентрацией. Задача исследований – установление условий применения для склеивания мебельных щитов малотоксичных карбаминоформальдегидных клеев, используемых в производстве фанеры или ДСтП. Методика – определение предела прочности при скалывании по клеевому слою согласно ГОСТ 33120–2014. Объект исследований – прочность склеивания. Материалы: порода – сосна; карбаминоформальдегидная смола КФ120-65(Ф) ТУ2311–001–00252569–944; наполнители – древесная мука, гипс, каолин; отвердитель – лимонная кислота 4 мас. ч. на 100 мас. ч. смолы.

Результаты

Низкая концентрация способствует повышенному впитыванию клея в древесину, что в ряде случаев может привести к «голодному склеиванию» – уменьшению количества клея на поверхности и, как следствие, к снижению прочности склеивания. Для повышения концентрации применяют наполнители, которые, кроме повышения концентрации клея, способствуют уменьшению его впитывания в древесину (Куликов, 1976). Наполнители – тонкодисперсные вещества органического или неорганического происхождения, различны по форме, структуре, природе, свойствам поверхности и способу получения (Иржигитова и др., 2023). Кроме повышения вязкости клея и уменьшения его проникновения в древесину, наполнители обеспечивают снижение усадки клея, достижение равномерного распределения напряжений в клеевом слое и уменьшение влияния толщины клеевого слоя на прочность клеевого соединения. А. А. Лукаш (2014) считает, что наполнители – древесная мука, гипс и каолин – оказывают наилучшее влияние на свойства отвержденных клеев.

В настоящее время не выработано единого мнения об условиях взаимодействия клея с наполнителями и их влияния на свойства наполненных композиций. Это объясняется разнообразием факторов,

влияющих на характер взаимодействия полимера (клея) с наполнителем, трудностями оценки природы образующихся связей. Нет данных об эффективности наполнителей и их совместного влияния на прочность склеивания. Поэтому проведено исследование по установлению влияния вида и состава наполнителей на прочность склеивания массивной древесины сосны.

Исследования проводились в условиях кафедры «Лесное дело и технология деревообработки» ФГБУ ВО «БГИТУ». Постоянные факторы: расход клея – 180–200 г/м²; порода – сосна; продолжительность склеивания – 6 ч; марка смолы – КФ120-65(Ф).

При реализации исследований применялся трехфакторный план Бокса В3, который имеет хорошие статистические характеристики и включает небольшое число экспериментов (Пижурин, Пижурин, 2005) Переменные факторы и уровни их варьирования, а также матрица планирования эксперимента и результаты исследования приведены в таблице.

Построение математической модели, описывающей влияние вида и количества наполнителей на прочность склеивания, включающей в себя зависимости количества древесной муки Д (0–6 мас. ч.), количества каолина К (0–8 мас. ч.) и количества гипса Г (0–8 мас. ч.), выполнялось методом композиционного планирования эксперимента (КПЭ) с помощью компьютерных программ PlanExp B-D13, Excel и SigmaPlot. Получено уравнение регрессии, адекватно описывающее влияние вида и количества наполнителей на прочность склеивания:

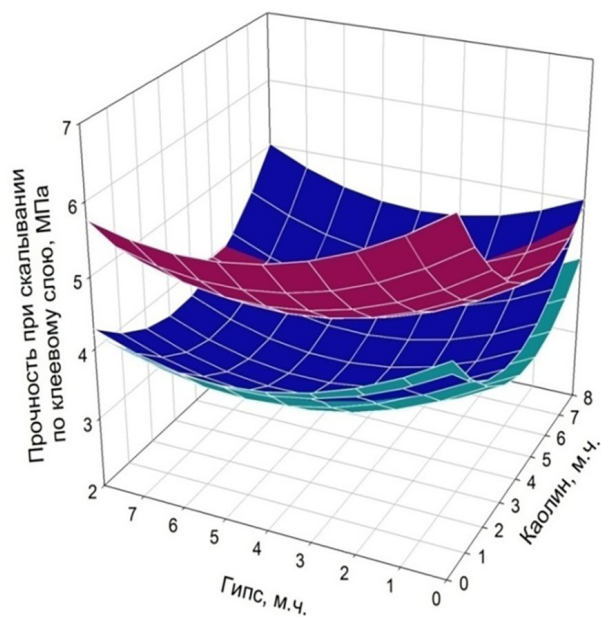
$$y = 2,687 - 0,34x_1 - 0,28x_2 - 0,25x_3 + 0,82x_1^2 + 1,00x_2^2 + 0,61x_3^2 + 0,525x_1x_2 + 0,125x_1x_3 + 0,125x_2x_3. \quad (1)$$

Графическая интерпретация результатов исследований проиллюстрирована на рисунке.

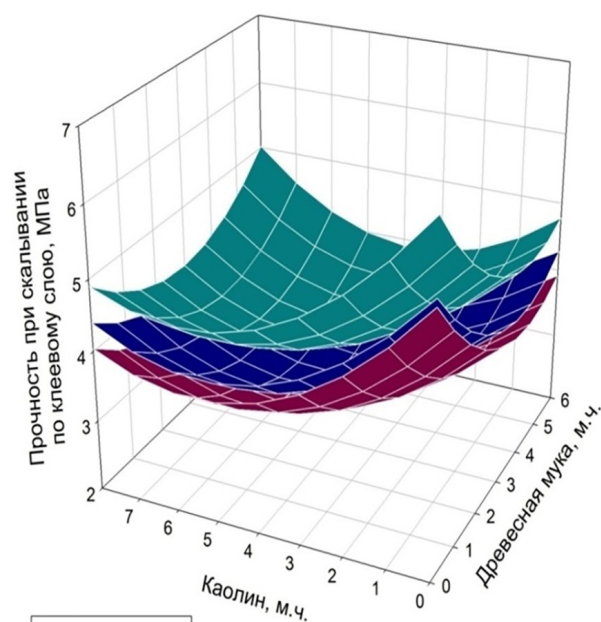
Установлено, что с увеличением количества наполнителей прочность при скалывании по клеевому слою снижается. Это объясняется тем, что исследуемые наполнители являются инертными, и поэтому с увеличением их количества прочность склеивания снижается. Целевая функция описывается уравнением параболы. Наибольшее влияние на прочность склеивания в исследуемом диапазоне оказывает древесная мука.

Матрица планирования трехфакторного эксперимента
Experiment planning matrix

№	Кодированный вид Coded view			Натуральный вид Naturalview			Прочность при скалывании по клеевому слою, МПа Shear strength along the adhesive layer, MPa
	x_1	x_2	x_3	Д	К	Г	
1	-	-	-	0	0	0	6,9
2	+	-	-	6	0	0	4,3
3	-	+	-	0	8	0	4,1
4	+	+	-	6	8	0	4,8
5	-	-	+	0	0	8	5,3
6	+	-	+	6	0	8	4,4
7	-	+	+	0	8	8	4,2
8	+	+	+	6	8	8	2,3
9	-	0	0	0	4	4	4,1
10	+	0	0	6	4	4	3,5
11	0	-	0	3	0	4	4,3
12	0	+	0	3	8	4	3,7
13	0	0	-	3	4	0	3,7
14	0	0	+	3	4	8	3,2
15	0	0	0	3	4	4	4,5



■ Древесная мука - 0 м.ч.
■ Древесная мука - 3 м.ч.
■ Древесная мука - 6 м.ч.



■ Гипс - 0 м.ч.
■ Гипс - 4 м.ч.
■ Гипс - 8 м.ч.

Влияние наполнителей на прочность склеивания
The effect of fillers on the bonding strength

Интенсивное снижение прочности происходит при увеличении количества древесной муки до 2 мас. ч, а при дальнейшем увеличении количества древесной муки снижение прочности происходит менее интенсивно.

Известно, что клеевое соединения считается хорошим, если его значение прочности при скалывании по клеевому слою сравнимо с прочностью при скалывании вдоль волокон. Максимальное значение предела прочности при скалывании по клеевому слою составило 6,8 МПа, что сравнимо с прочностью при скалывании вдоль волокон древесины сосны – 6,9 МПа (Уголев, 2007), т. е. прочность склеенной древесины практически равна прочности массивной древесины. Склеивание мебельных щитов считается качественным, прочность склеивания сравнима с прочностью древесины. Все факторы примерно одинаково влияют на прочность склеивания как инертные наполнители. Однако древесная мука обеспечивает некоторое увеличение целевой функции. Поэтому для обеспечения возможности применения малотоксичных низкоконцентрированных карбамидоформальдегидных клеев рекомендуется вводить древесную муку в количестве не более 2 мас. ч. на 100 мас. ч. карбамидоформальдегидного клея

для повышения концентрации и снижения его впитывания в древесину.

Выводы

1. Обоснованы наполнители, которые наиболее целесообразно применять при склеивании мебельных щитов из массивной древесины малотоксичными карбамидоформальдегидными клеями. Проведено исследование влияния вида и количества наполнителя на прочность склеивания. Установлены зависимости, адекватно описывающие влияние вида и количества наполнителей на прочность при скалывании по клеевому слою. Установлено, что с увеличением количества древесной муки, гипса и каолина прочность склеивания снижается, причем древесная мука оказывает наибольшее влияние на целевую функцию.

2. Для обеспечения возможности применения малотоксичных низкоконцентрированных карбамидоформальдегидных клеев рекомендуется вводить древесную муку в количестве до 2 мас. ч. на 100 мас. ч. клея, чтобы снизить впитывание клея в древесину и обеспечить прочность склеивания, сравнимую с прочностью древесины сосны при скалывании вдоль волокон.

Список источников

- Иржигитова С. М., Яцун И. В., Чернышев О. Н.* Влияние наполнителей на свойства клеев при изготовлении клееных деревянных конструкций // Научное творчество молодежи – лесному комплексу России : матер. XIX Всерос. (нац.) науч.-техн. конф. студ. и аспирантов. Екатеринбург, 2023. С. 412–416.
- Куликов В. А.* Производство фанеры. М. : Лесн. пром-сть, 1976. 368 с.
- Лукаш А. А.* Технология клееных материалов. СПб. : Лань, 2014. 144 с.
- Пижурин А. А., Пижурин А. А.* Основы научных исследований в деревообработке. М. : МГУЛ, 2005. 304 с.
- Уголев Б. Н.* Древесиноведение с основами лесного товароведения: учебник для вузов. Изд. 3-е, перераб. и доп. М. : МГУЛ, 2007. 340 с.

References

- Irzhigitova S. M., Yatsun I. V., Chernyshev O. N.* The influence of fillers on the properties of adhesives in the manufacture of glued wooden structures // Scientific creativity of youth – the forest complex of Russia : Materials of the XIX All-Russian (national) Scientific and Technical Conference of Students and postgraduates. Yekaterinburg, 2023. P. 412–416. (In Russ.)
- Kulikov V. A.* Plywood production. Moscow : Lesn. prom-st, 1976. 368 p.

- Lukash A. A. Technology of glued materials. St. Petersburg : Lan Publishing House, 2014. 144 p.
- Pyzhurin A. A., Pyzhurin A. A. Fundamentals of scientific research in woodworking. Moscow : MGUL, 2005. 304 p.
- Ugolev B. N. Wood science with the basics of forest commodity science: textbook for universities. 3rd edition, revised. and additional. Moscow : MGUL, 2007. 340 p.

Информация об авторах

- О. Н. Чернышев – кандидат технических наук, доцент,*
chernyshevdo@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>;
- А. А. Лукаш – доктор технических наук, профессор,*
mr.luckasch@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>;
- В. А. Романов – кандидат технических наук, доцент,*
vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>;
- А. А. Пыкин – кандидат технических наук, доцент,*
alexem87@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0003-1369-4884>;
- А. В. Седых – аспирант,*
sedykhav@icloud.com, <https://orcid.org/0009-0007-0595-5665>.

Information about the authors

- O. N. Chernyshev – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
chernyshevdo@m.usfeu.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5802-2697>;
- A. A. Lukash – Doctor of Technical Sciences, Professor,*
mr.luckasch@yandex.ru; <http://orcid.org/0000-0002-5675-6304>;
- V. A. Romanov – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
vromanov62@mail.ru, <http://orcid.org/0009-0006-1794-7956>;
- A. A. Pykin – Candidate of Technical Sciences, Associate Professor,*
alexem87@yandex.ru; <https://orcid.org/0000-0003-1369-4884>;
- A. V. Sedykh – graduate student,*
sedykhav@icloud.com; <https://orcid.org/0009-0007-0595-5665>.

Статья поступила в редакцию 02.10.2023; принята к публикации 12.11.2023.
The article was submitted 02.10.2023; accepted for publication 12.11.2023.
