

ВЛИЯНИЕ МАССОВОЙ ДОЛИ УСКОРИТЕЛЯ В ЭПОКСИДНОЙ КЛЕЕВОЙ КОМПОЗИЦИИ НА ПРОЧНОСТЬ И ВРЕМЯ ОТВЕРЖДЕНИЯ КЛЕЕВОГО СОЕДИНЕНИЯ

**Екатерина Юрьевна Лыхина¹, Кирилл Васильевич Носоновских²,
Максим Владимирович Газеев³**

^{1, 2, 3} Уральский государственный лесотехнический университет, Екатеринбург,
Россия

¹ katya_kot7012002@@mail.ru

² kirya.nosonovskikh@mail.ru

³ gazeevmv@usfeu.ru

Аннотация. В статье представлены результаты исследования по склеиванию массивной древесины эпоксидной клеевой композицией с введением ускорителя. Определено влияние количества ускорителя, вводимого в клей, на сокращение времени отверждения клея. Построен график зависимости предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон от вводимого в клей ускорителя.

Ключевые слова: клей, эпоксидные смолы, прочность клеевого соединения, ускоритель

Для цитирования: Лыхина Е. Ю., Носоновских К. В., Газеев М. В. Влияние массовой доли ускорителя в эпоксидной клеевой композиции на прочность и время отверждения клеевого соединения // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века = Woodworking: technologies, equip-ment, management of the XXI century : материалы XX Международного евразийского симпозиума. Екатеринбург : УГЛТУ, 2025. С. 33–38.

Original article

INFLUENCE OF ACCELERATOR MASS FRACTION IN EPOXY ADHESIVE COMPOSITION ON STRENGTH AND CURING TIME OF ADHESIVE BONDING

Ekaterina Yu. Lykhina¹, Kirill V. Nosonovskikh², Maxim V. Gazeev³

^{1, 2, 3} Ural State Forest Engineering University, Ekaterinburg, Russia

¹ katya_kot7012002@@mail.ru

² kirya.nosonovskikh@mail.ru

³ gazeevmv@usfeu.ru

Abstract. The article presents the results of the research on gluing solid wood with an epoxy adhesive composition with the introduction of an accelerator. The influence of the accelerator amount introduced into the glue on reducing the curing time of the glue is determined. A graph of the dependence of the ultimate strength of the adhesive bonding during shear along the fibers on the accelerator introduced into the glue is constructed.

Keywords: glue, epoxy resins, adhesive bonding strength, accelerator

For citation: Lykhina E. Yu., Nosonovskikh K. V., Gazeev M. V. (2025) Vliyaniye massovoj doli uskoritelya v epoksidnoj kleevoj kompozicii na prochnost' i vremya otverzhdeniya kleeвого soedineniya [Influence of accelerator mass fraction in epoxy adhesive composition on strength and curing time of adhesive bonding] Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century [Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century : materials of the XX International eurasian symposium]. Ekaterinburg : USFEU, 2025. P. 33–28 (In Russ)

Клееная древесина становится все более популярной и находит широкое применение в строительстве, производстве мебели, столярных и других изделиях [1]. Поэтому исследования, направленные на снижение времени отверждения клеевых композиций и повышение прочности соединений, актуальны [2].

Цель эксперимента – определить влияние количества ускорителя, вводимого в эпоксидную клеевую композицию, на время ее отверждения и на предел прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон клееной массивной древесины.

При проведении эксперимента применялись следующие материалы и оборудование:

- сосновые бруски размером 30×30 мм и длиной 500 мм были склеены в заготовки для образцов;
- эпоксидная смола на основе бисфенола А;
- отвердитель и ускоритель аминного типа;
- комбинированный прибор Testo 606-2 для определения влажности склеиваемой древесины, температуры и влажности воздуха;
- электронные весы ACOM JW-1C для определения массы вводимых в смолу компонентов клеевой композиции и определения расхода клеевой композиции при нанесении на поверхность древесины кистью (расход составил 120–130 г/м²);
- предел прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины определяли на испытательной машине VEB Werkstoffprüfmascinen Leipzig.

Время перемешивания компонентов эпоксидной клеевой композиции после их добавления в состав в нужных пропорциях составляло 5 мин.

Время открытой выдержки смеси перед ее нанесением на заготовки – около 2 мин.

Технология склеивания массивных заготовок включала следующие этапы:

1. Очистка поверхности от пыли при помощи волосяной щетки.
2. Нанесение эпоксидной клеевой композиции на склеиваемые поверхности древесины кистью.
3. Прессование заготовок в винтовой вайме при давлении 0,4–0,6 МПа (рис. 1).
4. Технологическая выдержка после склеивания в вайме.

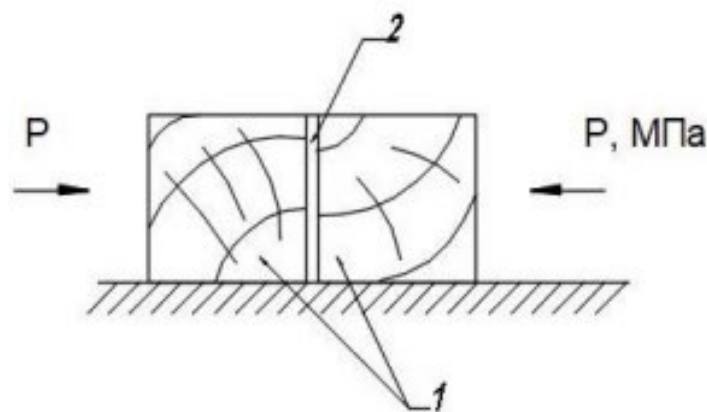


Рис. 1. Схема склеивания брусков:
1 – бруски сосны; 2 – клеевой слой

Из полученных после склеивания заготовок были выпилены образцы для испытания клеевого соединения на прочность при скалывании вдоль волокон древесины. Образцы для испытаний клеевого соединения на прочность выпиливались в соответствии с размерами и геометрическими параметрами, указанными в ГОСТ 33120–2014 [3].

Для определения предела прочности клеевого соединения каждый образец устанавливали в специальное приспособление (рис. 2) на испытательной машине, после чего образец непрерывно нагружали до разрушения. Разрушающую нагрузку фиксировали в килограммах по шкале испытательной машины, затем переводили значение в Ньютоны и рассчитывали предел прочности по формуле:

$$\sigma = P/F$$

где P – максимальная нагрузка, Н;

F – площадь скалывания на образце, мм².



Рис. 2. Образец, закрепленный в специальном приспособлении машины для испытаний

Эксперимент проводился для трех групп образцов, в которые вводился ускоритель в разном количестве. Контрольная группа образцов (КО) была склеена без введения ускорителя в состав эпоксидной клеевой композиции. Для других групп в смесь вводился ускоритель в различных пропорциях: 1 %, 2 % и 3 % от массы смолы для второй, третьей и четвертой групп соответственно. Контроль за временем отверждением клеевого слоя осуществлялся на отлип на дополнительных образцах. Результаты представлены в графической форме на рис. 3.

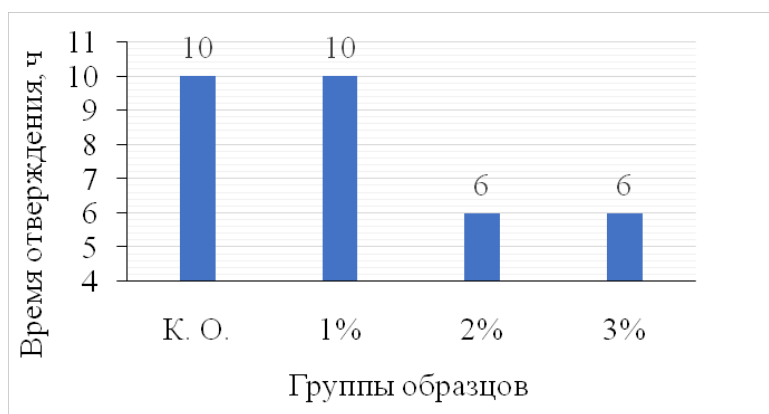


Рис. 3. Влияние количества введенного в смолу ускорителя на время ее отверждения

Результаты исследования показали, что добавление в эпоксидный клеевой состав ускорителя в количестве 2 % и 3 % от массы смолы сокращает до 40 % затраты времени на склеивание древесины.

Значения предела прочности клеевого соединения при скалывании вдоль волокон древесины для групп образцов с разным клеевым составом приведены графически на рис. 4.



Рис. 4. График зависимости прочности клеевого соединения от массовой доли ускорителя, введенного в клеевую композицию

Зависимость предела прочности склеивания массивной древесины эпоксидной клеевой композицией при скалывании вдоль волокон древесины от массовой доли ускорителя описывается линейным уравнением регрессии:

$$y = 0,28x^2 + 1,2x + 2,82,$$

и описывает ее с вероятностью $R^2 = 1$.

Показатель предела прочности контрольных образцов, склеенных без добавления ускорителя, составил 8,4 МПа.

По результатам проведенного эксперимента можно сформулировать следующие выводы:

Введение небольшого процента ускорителя (1–2 %) в эпоксидный клеевой состав приводит к снижению его прочностных показателей. Тогда как при добавлении 3 % ускорителя удалось получить значение предела прочности клеевого соединения массивной древесины, сопоставимое с контрольными образцами.

Таким образом, для снижения времени отверждения клеевого соединения, образуемого эпоксидной клеевой композицией до 40 %, и сохранения при этом ее адгезионных свойств рекомендуемая массовая доля ускорителя в смеси составляет 3 %. Для объяснения снижения предела прочности при использовании 1–2 % ускорителя необходимо проведение дальнейших исследований.

Список источников

1. Волынский В. Н. Технология клееных материалов. 2-е изд., исправ. и доп. Архангельск : АГТУ, 2003. 280 с.
2. Лыхина Е. Ю., Носоновских К. В., Газеев М. В. Интенсификация склеивания массивной древесины инфракрасным нагревом клеевого слоя // Сборник материалов XX Всероссийской научно-технической конференции студентов и аспирантов «Научное творчество молодежи – лесному комплексу России». Екатеринбург : УГЛТУ, 2024. С. 484–487.
3. ГОСТ 33120–2014. Конструкции деревянные клееные. Методы определения прочности клеевых соединений. М. : Стандартиформ, 2019. 20 с.

References

1. Volynsky V. N. Technology of glued materials. 2nd edition, revised and supplemented. Arkhangelsk : ASTU, 2003. 280 p.
2. Lykhina E. Yu., Nosonovskikh K. V., Gazeev M. V. Intensification of gluing of solid wood by infrared heating of the adhesive layer // Collection of materials of the XX All-Russian scientific and technical conference of students and postgraduates “Scientific creativity of youth – to the forest complex of Russia”. Ekaterinburg : Ural state forest engineering university, 2024. P. 484–487.
3. GOST 33120–2014. Glued wooden structures. Methods for determining the strength of adhesive bonds. M. : Standartinform, 2019. 20 p.