

ТЕХНОЛОГИИ, МАШИНЫ И ОБОРУДОВАНИЕ ДЛЯ ЛЕСНОГО ХОЗЯЙСТВА И ПЕРЕРАБОТКИ ДРЕВЕСИНЫ/TECHNOLOGIES, MACHINES AND EQUIPMENT FOR FORESTRY AND WOOD PROCESSINGDOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.74> EDN: WZIZZI**ОЦЕНКА ВЛИЯНИЯ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ КАК НАПОЛНИТЕЛЯ КЛЕЯ НА ГЛУБИНУ ПРОНИКНОВЕНИЯ ЕГО В ЛУЩЕНЫЙ ШПОН ИЗ ДРЕВЕСИНЫ ЛИСТВЕННИЦЫ**

Научная статья

Бегункова Н.О.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-5069-9604;¹ Тихоокеанский государственный университет, Хабаровск, Российская Федерация

* Корреспондирующий автор (natali-beg[at]mail.ru)

Предложена: 12.06.2026; Принята: 30.06.2026; Опубликовано: 17.08.2026

Аннотация

В статье отражены результаты работы по изучению влияния древесной муки (без мела) как наполнителя клея на глубину его проникновения в древесину лущеного шпона из лиственницы на примере фенолоформальдегидной смолы СФЖ-3013. Наполнитель способствует снижению себестоимости фанеры, но не должен уменьшать ее прочность, на которую влияет глубина проникновения клея в древесину шпона. Лущеный шпон имеет дефекты, связанные с особенностями производства, строения древесины. Эти дефекты, нарушая однородность материала, являются источником возмущений поля напряжений и деформаций в фанере и одной из причин снижения ее прочности. Заполнение дефектов клеем позволяет создавать более однородную структуру древесины-клея. При этом клей с наполнителем не должен сильно уменьшать глубину его проникновения в древесину шпона по сравнению с клеем на чистой смоле. При давлении 1,4 МПа глубина проникновения клея в шпон стабилизируется на уровне 0,10–0,11 мм. В статье установлено, что клей с древесной мукой в качестве наполнителя существенно не ограничивает глубину его проникновения в древесину шпона. Поэтому его можно рекомендовать для применения в производстве конструкционной фанеры; давление подпрессовки — 1,0–1,4 МПа и вязкость клея — 60–120 с по ВЗ-246.

Ключевые слова: фанера, лущеный шпон, фенолоформальдегидный клей, наполнитель, проницаемость.**EVALUATION OF THE INFLUENCE OF WOOD FLOUR AS AN ADHESIVE FILLER ON THE PENETRATION DEPTH OF ADHESIVE INTO PEELED LARCH VENEER**

Research article

Begunkova N.O.^{1,*}¹ ORCID : 0000-0001-5069-9604;¹ Pacific National University, Khabarovsk, Russian Federation

* Corresponding author (natali-beg[at]mail.ru)

Suggested: 12.06.2026; Accepted: 30.06.2026; Published: 17.08.2026

Abstract

This article presents the results of a research on the influence of wood flour (without chalk) used as an adhesive filler on the depth of adhesive penetration into peeled larch veneer, using SFZh-3013 phenol-formaldehyde resin as an example. The filler helps reduce the plywood's cost but should not reduce its strength, which is influenced by the depth of adhesive penetration into the veneer wood. Peeled veneer has defects associated with production characteristics and wood structure. These defects, by disrupting the material's homogeneity, are a source of stress field disturbances and deformations in the plywood and one of the reasons for its reduced strength. Filling the defects with adhesive allows for the creation of a more homogeneous wood-adhesive structure. At the same time, the adhesive with a filler should not significantly reduce the depth of its penetration into the veneer wood compared to pure resin adhesive. At a pressure of 1.4 MPa the depth of adhesive penetration into the veneer stabilizes at 0.10–0.11 mm. The article establishes that adhesive with wood flour as a filler does not significantly limit its penetration depth into the veneer wood. Therefore, it can be recommended for use in the production of structural plywood; a pressing pressure is 1.0–1.4 MPa and an adhesive viscosity is 60–120 s according to VZ-246.

Keywords: plywood, peeled veneer, phenol-formaldehyde adhesive, filler, permeability.**Введение**

Водостойкая фанера на фенолоформальдегидных клеях широко используется в строительстве, например, в деревянном домостроении. Специальная многослойная большеформатная фанера с различными покрытиями может заменить сталь и пиломатериалы при производстве различных изделий. Поэтому вопрос снижения себестоимости фанеры является достаточно актуальным. На долю клея в себестоимости фанеры приходится около 20%. Один из способов снижения себестоимости — использование наполнителей. Для фенолоформальдегидных смол, в частности, СФЖ-3013 и СФЖ-3024 рекомендуется древесная мука с мелом. Но, снижая себестоимость, нельзя забывать о влиянии наполнителя на прочность фанеры, т. к. в последнее время она в основном используется как конструкционный материал.

Известно, что в силу особенностей самой древесины и технологического процесса производства лущеного шпона (основного структурного элемента фанеры) он имеет трещины, пустоты, обусловленные пористой структурой древесины, чередующиеся слои ранней и поздней древесины и другие дефекты. Они нарушают однородность древесины, могут существенно влиять на прочность фанеры.

Наличие в шпоне трещин и других дефектов является источником возмущений поля напряжений и деформаций в фанере и одной из причин уменьшения ее прочности. Поэтому клей может выступать как средство, уменьшающее размеры трещин и создающее более однородную структуру древесины-клей, заполняя также другие дефекты получения шпона. В работах [1], [2] для березового шпона было установлено, что заполнение образовавшихся в процессе изготовления березового шпона дефектов клеем повышает прочность лущеного шпона и фанеры в 1,3–1,5 раза при определенном режиме склеивания. С этих позиций наполнитель не должен препятствовать созданию более однородной структуры древесины-клей, т. е. клей с наполнителем не должен сильно уменьшать глубину его проникновения в древесину шпона по сравнению с клеем на чистой смоле. Влияние наполнителя на прочность клеевых соединений отражено в ряде работ [3], [4], [5], [6], [7].

В проведенных ранее нами предварительных экспериментах было установлено, что наполнитель, состоящий из древесной муки и мела, существенно ограничивает проникновение такого клея в древесину шпона и рекомендовано провести исследования, применяя в качестве наполнителя только древесную муку.

Цель работы — исследование глубины проникновения клея без наполнителя и клея с древесной мукой в качестве наполнителя в лущеный шпон из древесины лиственницы. Решаемые при этом задачи: определить глубину проникновения клея с наполнителем (древесной мукой) в шпон из лиственницы, дать оценку древесной муке в качестве наполнителя фенолоформальдегидных клеев для производства конструкционной фанеры.

Методы и принципы исследования

Для приготовления клея использовалась фенолоформальдегидная смола СФЖ-3013 по ГОСТ 20907. Наполнителем в клее была древесная мука по ГОСТ 16361 в количестве 2 мас. ч.

В экспериментах использовалась тонкодисперсная древесная мука марки 140, имеющая по ГОСТ 16361 массовую долю остатка на ситах 0,1 мм — 18%, 0,14 мм — 2%, 0,2 мм — 0%. Приблизительный размер частиц — 0,13 мм.

Влияние наполнителя на глубину проникновения клея в древесину шпона оценивалось путем сравнения полученных результатов с глубиной проникновения в древесину шпона клея на чистой смоле. Сравнимость данных поддерживалась установлением одинаковой вязкости клеевых составов.

При отборе образцов учитывали зависимость проницаемости древесины от структурных направлений [8], [9]. Поэтому по возможности старались учитывать это обстоятельство и подбирали образцы с текстурой, близкой к тангенциальной. При этом использовали эталонные образцы. Клей наносился на обратную сторону образцов лущеного шпона. Образцы изготавливались круглой формы диаметром 48 мм. На кромку образца наносили эпоксидную смолу для предотвращения просачивания клея через его торцы. Процесс изучался на приборе конструкции Баженова В.А., Харук Е.В., Клещева Т.И. [8], используемого при определении проницаемости древесины жидкостями и газами. Давление создавалось с помощью инертного газа. На образец наносился «неограниченный» условно расход клея. Добавление фенолового красного индикатора увеличивало контрастность клея на торцевых срезах образцов.

После проведения испытаний на проницаемость на специальном приборе изготавливали образец размером 20x10x2,2 мм для измерения на большом инструментальном микроскопе глубины проникновения клея в древесину шпона. В среднем на каждом таком образце делали 20 замеров и находили среднее арифметическое значение, характеризующее глубину проникновения клея в древесину шпона. На микроскопе измеряли линейные размеры с погрешностью $\pm 0,005$ мм. Калибровка отсчетной системы микроскопа проводилась с помощью эталонных мер длины (концевых или штриховых мер). Увеличение основного микроскопа — 10х, 15х, 30х, 50х.

Проницаемость оценивали по глубине проникновения клея в древесину шпона по площадкам между трещин $h_{м.т.}$ (рис. 1).

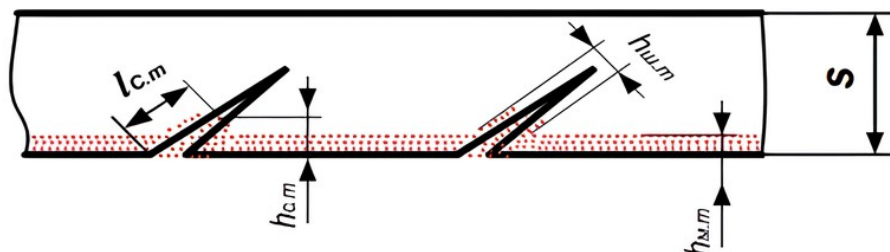


Рисунок 1 - Схема измерения параметров
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.74.1>

В экспериментах для определения глубины проникновения клея без наполнителя в качестве постоянных факторов приняты: порода древесины — лиственница, марка клея — СФЖ-3013, влажность шпона — $8 \pm 2\%$, время выдержки под давлением — 120 с. Переменные факторы и условия проведения эксперимента даны в табл. 1.

Таблица 1 - Переменные факторы эксперимента

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.74.2>

Наименование фактора	Значения фактора	Число опытов	Число повторений опытов	Число результатов одного опыта	Общее число результатов
Вязкость, с по ВЗ-246	60; 100; 220	12	5	20	1200
Давление, МПа	0,6; 1,0; 1,4; 1,8				

В исследованиях глубины проникновения клея с наполнителем приняты постоянными следующие факторы: порода древесины — лиственница, марка клея — СФЖ-3013, влажность шпона — $8 \pm 2\%$, время выдержки под давлением — 120 с, наполнитель — древесная мука (2 мас. ч.). Переменные факторы и условия проведения эксперимента те же (табл. 1).

Выходной параметр в экспериментах — глубина проникновения клея в шпон ($h_{м.т.}$), мм (рис. 1).

Основные результаты

Зависимость глубины проникновения в шпон клея с наполнителем и без него от вязкости по площадкам между трещинами представлена на графиках (рис. 2 и 3).

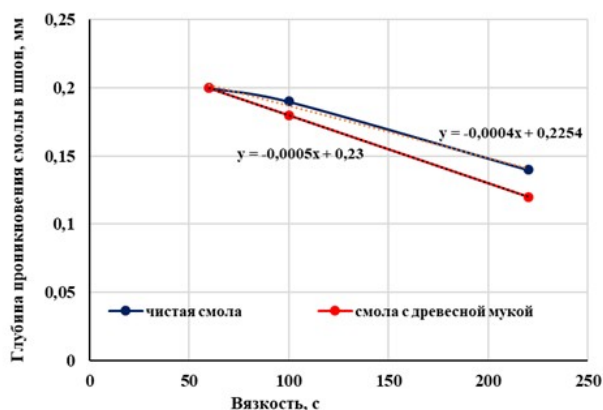


Рисунок 2 - График глубины проникновения в шпон клея с наполнителем и без в зависимости от вязкости при давлении 1,8 МПа

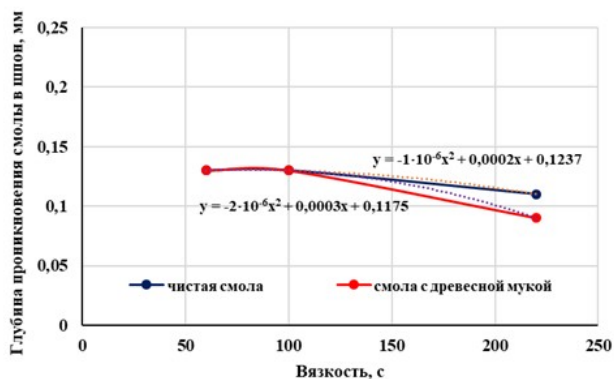
DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.74.3>

Рисунок 3 - График глубины проникновения в шпон клея с наполнителем и без в зависимости от вязкости при давлении 0,6 МПа

DOI: <https://doi.org/10.60797/IRJ.2026.170.74.4>



Данные зависимости отражают, что глубина проникновения клея с древесной мукой в качестве наполнителя несколько меньше по сравнению с клеем на чистой смоле и, как показали результаты экспериментов, данная тенденция соблюдается также при давлениях 1 и 1,4 МПа.

В предварительных опытах, выполненных нами ранее, когда в качестве наполнителя использовали древесную муку с мелом, последний, заполняя все возможные пути проникновения клея в древесину (сердцевинные лучи, смоляные ходы, полости трахеид), существенно ограничивает дальнейшее проникновение клея в шпон.

Иная картина наблюдается при изучении влияния вязкости и давления на глубину проникновения смолы с древесной мукой (рис. 2 и 3). Здесь сохраняется тенденция увеличения глубины проникновения с уменьшением вязкости и увеличением давления. Причем разница в глубине проникновения клея на чистой смоле и клея с наполнителем (древесной мукой) небольшая.

Следовательно, исходя из необходимости обеспечения максимального проникновения клеевой массы в шпон, можно рекомендовать для наполнения клея древесную муку.

Заключение

На основании проведенных экспериментальных исследований можно дать оценку древесной муке как наполнителя для фенолоформальдегидных клеев в производстве конструкционной фанеры. Клей с древесной мукой в качестве наполнителя существенно не ограничивает глубину проникновения его в древесину шпона. Причем это характерно для изменения вязкости в диапазоне 60–120 с и давления 0,6–1,8 МПа. Следует также учитывать, что оптимальное заполнение трещин клеем на 65–80% обеспечивает высокую прочность фанеры [1], [2], [10], а при давлении 1,4 МПа стабилизируется глубина проникновения клея в шпон ($h_{\text{г.м.}}$) на уровне 0,10–0,11 мм. Можно предположить, что при данном давлении будет обеспечена необходимая степень заполнения трещин и других дефектов клеем с испытываемым наполнителем, позволяющая в дальнейшем изготавливать фанеру конструкционного назначения с приемлемой себестоимостью. Для производства рекомендуется давление подпрессовки 1,0–1,4 МПа и вязкость клея — 60–120 с, допустимая дозировка древесной муки — 2–3 мас. ч., шпон подготавливается в соответствии с требованиями ГОСТ 99-2016.

Конфликт интересов

Не указан.

Рецензия

Все статьи проходят рецензирование. Но рецензент или автор статьи предпочли не публиковать рецензию к этой статье в открытом доступе. Рецензия может быть предоставлена компетентным органам по запросу.

Conflict of Interest

None declared.

Review

All articles are peer-reviewed. But the reviewer or the author of the article chose not to publish a review of this article in the public domain. The review can be provided to the competent authorities upon request.

Список литературы / References

1. Кириллов А.Н. Конструкционная фанера / А.Н. Кириллов. — М.: Лесн. пром-сть, 1981. — 112 с.
2. Бирюков В.Г. Исследование и разработка технологии склеивания березовой фанеры марки ФСФ из шпона с ложным ядром dis... ..Candidate of Technical Sciences: 05.21.01 : защищена 1976-03-20 : утв. 1976-10-11 / В.Г. Бирюков. — М.: 1976. — 220 с.
3. Русаков Д.С. Теоретическое и экспериментальное обоснование характера взаимодействия модифицированных связующих с древесиной / Д.С. Русаков, Г.С. Варанкина, А.Н. Чубинский // Известия вузов. Лесной журнал. — 2022. — № 6. — С. 153–163. — DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-153-163.
4. Ковальчук Л.М. Производство деревянных клееных конструкций / Л.М. Ковальчук. — М.: ООО РИФ «Стройматериалы», 2005. — 336 с.
5. Лукаш А.А. Технология новых клееных материалов: учебное пособие / А.А. Лукаш. — СПб.: Лань, 2022. — 304 с.
6. Чернышев О.Н. Наполнители и их влияние на свойства клеевых систем / О.Н. Чернышев, Е.С. Синегубова, С.М. Иржигитова и др. // Деревообработка: технологии, оборудование, менеджмент XXI века: труды XVII Международного евразийского симпозиума; под ред. В.Г. Новоселова — Екатеринбург: УГЛТУ, 2023. — С. 80–84. — URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12535/1/Der-23_13.pdf (дата обращения: 22.05.26).
7. Абрамовских А.О. Исследование влияния наполнителя клея на физико-механические свойства фанеры / А.О. Абрамовских, М.В. Газеев, С.В. Щепочкин и др. // Леса России и хозяйство в них. — 2025. — № 4 (95). — С. 157–164. — DOI: 10.51318/FRET.2025.95.4.015.
8. Уголев Б.Н. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник / Б.Н. Уголев. — М.: ГОУ ВПО МГУЛ, 2007. — 351 с.
9. Леонтьев Л.Л. Древесиноведение и лесное товароведение: учебник для вузов / Л.Л. Леонтьев. — СПб.: Лань, 2022. — 416 с.
10. Apsari A.N. Effects of glue spreading rate and veneer density on sugi (*Cryptomeria japonica*) plywood adhesive penetration / A.N. Apsari, T. Tanaka // Maderas. Ciencia y tecnología. — 2023. — Vol. 25. — P. 1–10. — DOI: 10.4067/s0718-221x2023000100408.



Список литературы на английском языке / References in English

1. Kirillov A.N. Konstrukcionnaya fanera [Structural plywood] / A.N. Kirillov. — M.: Lesn. prom-st', 1981. — 112 p. [in Russian]
2. Biryukov V.G. Issledovanie i razrabotka tekhnologii skleivaniya berezovoj fanery' marki FSF iz shpona s lozhny'm yadrom [Research and development of technology for gluing birch plywood grade FSF from veneer with a false core] dis....of PhD in : 05.21.01 : defense of the thesis 1976-03-20 : approved 1976-10-11 / В.Г. Бирюков. — M.: 1976. — 220 p. [in Russian]
3. Rusakov D.S. Teoreticheskoe i e'ksperimental'noe obosnovanie xaraktera vzaimodejstviya modifitsirovanny'x svyazuyushhix s drevesinoj [Theoretical and experimental substantiation of the nature of interaction between modified binders and wood] / D.S. Rusakov, G.S. Varankina, A.N. Chubinskij // Proceedings of Universities. Russian Forestry Journal. — 2022. — № 6. — P. 153–163. — DOI: 10.37482/0536-1036-2022-6-153-163. [in Russian]
4. Koval'chuk L.M. Proizvodstvo derevyanny'x kleeny'x konstrukcij [Production of wooden glued structures] / L.M. Koval'chuk. — M.: OOO RIF «Strojmaterialy'», 2005. — 336 p. [in Russian]
5. Lukash A.A. Tekhnologiya novy'x kleeny'x materialov: uchebnoe posobie [Technology of new glued materials: manual] / A.A. Lukash. — Spb.: Lan', 2022. — 304 p. [in Russian]
6. Cherny'shev O.N. Napolniteli i ix vliyanie na svoystva kleevy'x sistem [Fillers and their influence on the properties of adhesive systems] / O.N. Cherny'shev, E.S. Sinegubova, S.M. Irzhigitova et al. // Woodworking: technologies, equipment, management of the XXI century: proceedings of the XVII International Eurasian Symposium; edited by V.G. Novoselova — Ekaterinburg: UGLTU, 2023. — P. 80–84. — URL: https://elar.usfeu.ru/bitstream/123456789/12535/1/Der-23_13.pdf. (accessed: 22.05.26). [in Russian]
7. Abramovskix A.O. Issledovanie vliyaniya napolnitelya kleya na fiziko-mexanicheskie svoystva fanery' [Investigation of the influence of the glue filler on physical and mechanical properties of plywood] / A.O. Abramovskix, M.V. Gazeev, S.V. Shhepochkin et al. // Forests of Russia and economy of them. — 2025. — № 4 (95). — P. 157–164. — DOI: 10.51318/FRET.2025.95.4.015. [in Russian]
8. Ugolev B.N. Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie: uchebnik [Wood science and forest commodity science: textbook] / B.N. Ugolev. — M.: GOU VPO MGUL, 2007. — 351 p. [in Russian]
9. Leont'ev L.L. Drevesinovedenie i lesnoe tovarovedenie: uchebnik dlya vuzov [Wood science and forest commodity science: textbook for universities] / L.L. Leont'ev. — Spb.: Lan', 2022. — 416 p. [in Russian]
10. Apsari A.N. Effects of glue spreading rate and veneer density on sugi (*Cryptomeria japonica*) plywood adhesive penetration / A.N. Apsari, T. Tanaka // Maderas. Ciencia y tecnología. — 2023. — Vol. 25. — P. 1–10. — DOI: 10.4067/s0718-221x2023000100408.