

К достоинствам предложенного метода, по сравнению с процедурой простого сжигания отходов, можно отнести: исключение выброса продуктов сгорания в окружающую природу, что предотвращает ее загрязнение и причинение вреда здоровью; дешевое и доступное сырье; продукты разложения не содержат агрессивных элементов; после проведения пиролиза образуется меньший объем материала нежели при обычном сжигании; процесс утилизации безотходный.

ЛИТЕРАТУРА

1. Физико-химический процесс пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bloglesorub.ru/piroliz-drevesiny/>. – Дата обращения: 15.06.2025.
2. Пиролиз древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://himya.ru/piroliz-drevesiny.html>. – Дата обращения: 15.06.2025.
3. Технология пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://wood-prom.ru/clauses/derevoobrabotka/piroliz-drevesiny>. – Дата обращения: 10.10.2024.
4. Тимербаев Н.Ф., Сафин Р.Г., Саттарова З.Г. Техника и технологии термической переработки отходов деревообрабатывающей промышленности. Казань: КГТУ, 2010. – 172 с.
5. Продукты пиролиза древесины [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <https://bigenc.ru/chemistry/text%203140758>. – Дата обращения: 10.10.2024.
6. Тимербаев Н.Ф. Комплексная энерготехнологическая переработка древесных отходов с применением прямоточной газификации. Казань: КНИТУ, 2011. – 252 с.
7. Саламонов А.А. Установки для сжигания и газификации древесных отходов // Промышленная энергетика, 1985. № 2. – С. 52–54.

УДК 674.038

А. А. Титунин, д-р техн. наук, доц., К. А. Чумак, асп.
(КГУ, г. Кострома, Россия)

ВЛИЯНИЕ МАКРОСТРУКТУРЫ И ТЕМПЕРАТУРНО-ВЛАЖНОСТНОГО СОСТОЯНИЯ БЕРЕЗОВОГО ШПОНА НА ЕГО СМАЧИВАЕМОСТЬ КЛЕЕВЫМИ СОСТАВАМИ

В российской деревообрабатывающей промышленности производство березовой фанеры занимает стратегически важное положение. Поэтому в Стратегии развития лесного комплекса РФ не случайно в качестве прогнозного значения указано увеличение объемов производства фанеры к 2030 году до 6,5 млн м³ [1]. В текущих условиях

ключевыми задачами являются повышение конкурентоспособности готовой продукции и внедрение энергосберегающих технологий на фанерных предприятиях. Конкурентоспособность фанеры определяется не только ценовой политикой, но и качеством, которое формируется комплексом прочностных, эксплуатационных и экологических характеристик.

Несмотря на значительный объем накопленного опыта в производстве фанерной продукции как в России, так и за рубежом, в ходе технологического процесса полностью исключить образование внутренних расслоений, или "пузырей", внутри пакета шпона, вызванных избыточным давлением парогазовой смеси, не представляется возможным. Ключевой причиной возникновения "пузырей" считается повышенная влажность шпона, которая приводит к увеличению продолжительности желатинизации клеевого состава и снижению концентрации реакционноспособных групп на поверхности шпона [2]. Проблема "пузырей" в фанере, производимой пакетным способом горячего прессования, является серьезным источником брака (3–7%). Данный дефект особенно выражен при склеивании шпона из березовой древесины с ложным ядром, влажность которого, даже после стандартной технологической сушки, составляет 11–12 %. На предприятии такой шпон направляют на досушивание, что приводит к повышенному расходу тепловой энергии и, соответственно, к повышению себестоимости фанеры. Поэтому совершенствование технологии горячего прессования фанеры и вовлечение в переработку шпона повышенной влажности является актуальной задачей.

Согласно исследованиям, проведенным в Уральском лесотехническом институте в 1970-1980-х годах, древесина ложного ядра характеризуется недостаточным содержанием молекул целлюлозы, что ведет к уменьшению числа образующихся водородных связей между древесиной и адгезивом [3, с.52]. На основании этих данных, а также результатов, полученных Криворотовой А.И. [4], Русаковым Д.С., Варанкиной Г.С., Чубинским А.Н. [5] и другими исследователями [2, 3], в Костромском государственном университете совместно со специалистами фанерного комбината были проведены комплексные исследования, направленные на изучение и преодоление указанных проблем.

Целью работы являлось определение влияния макроструктуры и температурно-влажностного состояния березового шпона на его смачиваемость клеевым составом на основе карбамидоформальдегидной смолы. Эти исследования проводились в рамках разработки технологических режимов двухэтапного склеивания фанеры [6]. Как показал

анализ исследований российских и зарубежных ученых, влажность древесины оказывает большое влияние на прочность клеевого соединения. Поэтому одним из ключевых методов изучения было определение краевого угла смачивания. Для экспериментов отбирались листы березового шпона толщиной 1,5 мм одинаковой плотности. Часть шпона высушивалась до влажности 6 % (сухой шпон), другая часть – до влажности 11 % (влажный шпон). Определение краевого угла смачивания проводилось с использованием цифрового микроскопа Dino-Lite AM413FVT2 с кратностью увеличения до 90х. Связующее наносилось на поверхность шпона с помощью пипетки.

О влиянии макроструктуры древесины и температурно-влажностного состояния поверхности шпона на краевой угол смачивания можно судить по результатам, приведенным в таблице. Угол измерялся с интервалом 30 с.

Таблица – Краевой угол смачивания березового шпона в зависимости от его макроструктуры и температурно-влажностного состояния, градус

Состояние шпона	Время фиксации краевого угла смачивания, с		
	0	30	60
Температура шпона T=20–25 °C			
Сухой, вдоль волокон	118,0	106,5	97,4
Сухой, поперек волокон	129,2	120,2	116,9
Влажный, вдоль волокон	73,4	36,5	18,1
Влажный, поперек волокон	79,3	66,9	41,6
Температура шпона T=40–45 °C			
Сухой, вдоль волокон	58,6	55,2	50,8
Сухой, поперек волокон	70,4	66,9	59,3

Из таблицы видно, что влажный шпон (11%) обладает лучшей смачиваемостью по сравнению с сухим (6%). Это, казалось бы, должно способствовать лучшему растеканию клея. Однако, основываясь на предыдущих исследованиях, была выдвинута гипотеза, что, несмотря на улучшенное смачивание, повышенная влажность может негативно влиять на химическое взаимодействие клея с древесиной, уменьшая количество доступных для реакции гидроксильных групп.

Направление волокон, как показатель макроструктуры древесины, следует учитывать при выборе способа нанесения клеевого состава на поверхность шпона.

При экструзионном способе рекомендуется подавать шпон к экструдеру, ориентируя листы так, чтобы направление годичных слоев было перпендикулярно направлению подачи. В этом случае благодаря лучшему растеканию связующего вдоль волокон будет обеспечено равномерное его распределение по поверхности шпона. При нанесении клея с помощью вальцов листы шпона подаются с учетом схемы сборки пакета.

В ходе исследований было подтверждено, что смачиваемость шпона с влажностью 6% значительно хуже, что препятствует равномерному распределению клеевого состава. На влажном шпоне краевой угол смачивания быстро снижается (например, вдоль волокон с 73° до 18° за 30 секунд), в то время как на сухом шпоне это снижение гораздо менее выражено (вдоль волокон со 118° до 97°).

Повышение температуры поверхности шпона выше 45 °С не рекомендовано технологическим регламентом по производству фанеры на карбамидоформальдегидных смолах, поскольку при повышенных температурах реакция поликонденсации связующего протекает гораздо быстрее, чем при температуре шпона 20–25 °С. С точки зрения влияния смачиваемости поверхности шпона на прочность клеевого соединения можно отметить, что в исследованиях отечественных авторов отмечается, что лучшая смачиваемость напрямую связана с хорошей адгезией. На начальном этапе процесса, повышенное содержание влаги в шпоне способствует оптимальному растеканию и равномерному распределению связующего. В случае нанесения адгезива на шпон с температурой 42–45 °С наблюдается интенсификация образования ковалентных и водородных связей между молекулами адгезива и полимерными компонентами древесины (целлюлозой, лигнином, гемицеллюлозами). Эти выводы подтверждают ранее установленные закономерности о негативном влиянии продолжительного хранения древесных материалов на их смачиваемость клеевыми составами, а также согласуются с концепцией образования инактивированного слоя на поверхности шпона в процессе сушки, который препятствует эффективному смачиванию [7].

Для практического применения полученных результатов рекомендуется при нанесении клеевого состава на шпон с температурой 40–45 °С необходимо снизить общее время открытой выдержки и не допускать задержек при загрузке набранных пакетов в пресс.

ЛИТЕРАТУРА

1. Распоряжение Правительства РФ от 11.02.2021г. №312–р Об утверждении Стратегии развития лесного комплекса Российской Федерации до 2030 года. URL: <https://www.garant.ru/products/ipo/prime/doc/400235155/?ysclid=lfhqs45tec576308195> (дата обращения 19.02.2026)
2. Engelhardt M., Böger T., Gigl M., Chen M., Soprunyuk V., Schranz W., Richter K., Sánchez-Ferrer A. Interactions of hydrophilic birch wood (*Betula pendula* Roth) extractives with adhesives for load-bearing timber structures // *International Journal of Adhesion and Adhesives*, 2023, Vol. 125. P. 103447. DOI: 10.1016/j.ijadhadh.2023.103447.
3. Перехожих Г. И., Лазарева А. Д., Коршунова Н. П.,

Петри В. Н. Получение пластика из древесины березы с ложным ядром // Технология древесных плит и пластиков : межвузовский сборник. Уральский лесотехнический институт им. Ленинского комсомола, 1979, Вып. VI. – С. 49–54.

4. Криворотова А. И. Исследование адгезионного взаимодействия жидкого клея с древесиной: дис. ... канд. техн. наук: 05.21.05. Красноярск, 1999. – 144 с.

5. Русаков Д.С., Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Теоретическое и экспериментальное обоснование характера взаимодействия модифицированных связующих с древесиной // Известия высших учебных заведений. Лесной журнал, 2022. № 6(390). – С. 153-163. [https:// doi.org/10.37482/0536-1036-2022-6-153-163](https://doi.org/10.37482/0536-1036-2022-6-153-163).

6. Чумак К.А., Титунин А.А. Технологические аспекты двухэтапного способа получения фанеры с использованием влажного шпона // Вестник Поволжского государственного технологического университета. Серия: Материалы. Конструкции. Технологии, 2024. № 3(31). – С.69–79. <https://doi.org/10.25686/2542-114X.2024.3.69>.

7. Мурзин В.С., Ищенко Т.Л., Лавлинская О.В. Исследование смазываемости поверхности шпона и других композиционных материалов // Лесотехнический журнал, 2012. № 3(7). – С. 14–20.

УДК 630·381.2

М. Г. Глазунова, ст. преп., Т. А. Круль, асп.
(ФГБОУ ВПО «СПбГЛТУ им. С. М. Кирова», г. Санкт-Петербург, Россия)

РАЦИОНАЛЬНАЯ УТИЛИЗАЦИЯ ЛИГНОСОДЕРЖАЩИХ ОТХОДОВ В СТРОИТЕЛЬНОЙ ОТРАСЛИ

Современные тенденции устойчивого развития предусматривают реализацию стратегических инициатив, направленных на внедрение экологически ориентированных («зелёных») технологий в деятельность крупных промышленных комплексов. В лесопромышленном комплексе под «зелёными» технологиями понимается рациональное и комплексное использование древесных ресурсов, включая глубокую переработку отходов лесозаготовки, механической обработки древесины, а также целлюлозно-бумажного и лесохимического производств. Данный подход отражает приоритетность научных исследований в области ресурсосбережения и минимизации техногенного воздействия на окружающую среду. Актуальность изучения и практического применения лигнина и его производных в качестве модифицирующих добавок к строительным материалам определяется совокупностью экологических, экономических и технологических факторов.