

Е. В. Коробко, В. А. Билык, М. А. Барташевич, А. А. Барташевич\*

## ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ ХАРАКТЕРИСТИК УПЛОТНЕННОГО ШПОНА

**Введение.** Деревообработка в Республике Беларусь получает все более широкое распространение [1–4]. Особенно в больших объемах перерабатывают древесину при производстве мебели и в домостроении. В производстве мебели широко применяют древесностружечные плиты, плиты МДФ, фанеру, мебельные щиты, натуральную древесину мягколиственных пород. В целях обеспечения необходимого качества изделий детали из плитных материалов и низкосортной древесины облицовывают строганым шпоном, поливинилхлоридными пленками или пленками на основе пропитанных текстурных бумаг [5]. Наиболее высокое качество обеспечивается строганым шпоном. Все пленочные материалы и древесина мягколиственных пород имеют сравнительно низкие прочностные показатели. Это ограничивает долговечность бездефектной эксплуатации изделий из данных материалов, допускает возможность появления в процессе эксплуатации таких дефектов, как местное смитие от случайных ударов, царапины, трещины. Строганный или луцёный шпон нельзя использовать при облицовывании профильных деталей с малыми радиусами кривизны из-за растрескивания шпона вдоль волокон при его изгибе во время приклеивания к основе, что ограничивает возможности формообразования изделий. Улучшить все важнейшие эксплуатационные показатели и долговечность многих мебельных и столярно-строительных деталей в изделиях и изделий в целом можно за счет уплотнения шпона. Зарубежных источников научно-технической информации по уплотнению шпона прокатным способом найти не удалось, за исключением способа листового прессования шпона в один или несколько слоев [6].

Цель работы – исследовать физико-механические характеристики шпона в результате его уплотнения на разработанном экспериментальном станке.

Для практического внедрения уплотненного шпона необходимо решить ряд задач – прежде всего, создать специальное оборудование для уплотнения шпона, разработать технологию облицовывания и отделки и определить качественные характеристики нового материала.

**Оборудование, методики и материалы.** В настоящее время изготовлена экспериментальная установка проходного типа с одной парой прессующих валов (рис. 1 и 2).

Участок изготовления уплотненного шпона и облицовывания им профильных погонажных деталей (рис. 2), в том числе наличников, плинтусов, профильных элементов коробки, организован в отдельно стоящем здании СООО «Фабрика дверей «Лоза» (г. Вилейка). Для уплотнения шпона применяется специально сконструированная и изготовленная установка марки ТЛ-140 на фабрике дверей «Лоза».

Технология уплотнения шпона заключается в следующем (рис. 1): полоса шпона по столу 2 подается сначала в камеру предварительного нагрева (рис. 3), где керамическими инфракрасными лампами нагревается до температуры 100–120 °С. Предварительно была разработана физико-математическая модель нагрева прессующих валов и оценены режимы эффективного нагрева шпона для данной технологии [7, 8]. Затем полоса шпона проходит между прессующими валами, которые нагреваются лампами 3 до температуры не менее 100 °С (рис. 4). Давление валов на шпон создается тарельчатыми пружинами. Станок имеет регуляторы давления и температуры. Подача шпона осуществляется резиновым вальцом, приводимым в движение от электродвигателя через редуктор. Скорость подачи может регулироваться в широких пределах.

\* Белорусский государственный технологический университет, г. Минск.

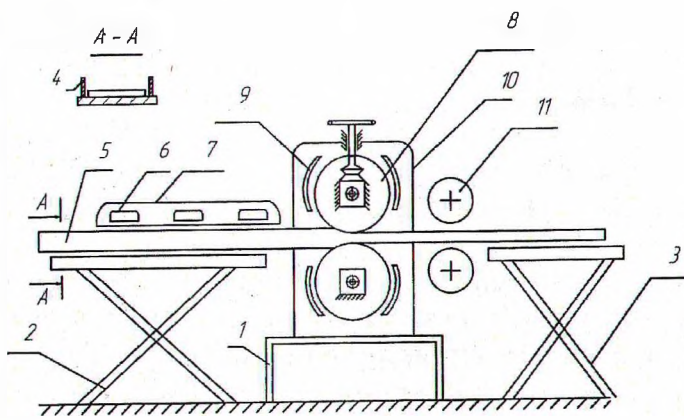


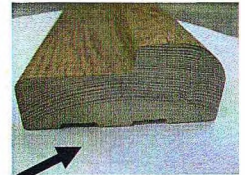
Рис. 1. Схема экспериментальной установки по уплотнению шпона [7]: 1 – корпус; 2, 3 – передний и задний столы; 4 – направляющие переднего стола; 5 – уплотняемый шпон; 6 – нагреватели для предварительного нагрева шпона; 7 – теплозащитный кожух; 8 – прессующие валы; 9 – нагревательные элементы валов; 10 – теплозащитный кожух валов; 11 – валы для выгрузки уплотненного шпона



а



б



в

Рис. 2. Экспериментальная установка по уплотнению шпона марки ТЛ-140 (а) и установка по облицовыванию шпоном профильных погонажных деталей, в том числе профильных элементов коробки (б)

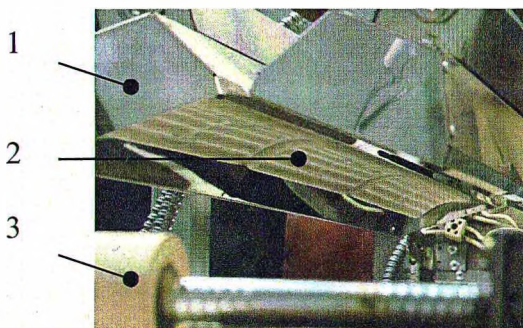


Рис. 3. Камера предварительного нагрева прокатного станка по уплотнению шпона: 1 – защитный экран, 2 – инфракрасные лампы, 3 – резиновый валец для подачи неуплотненного шпона

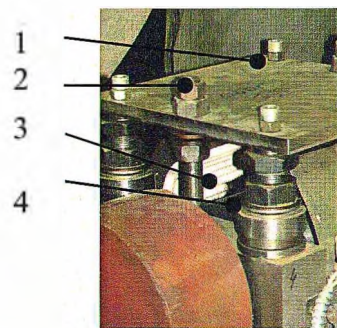


Рис. 4. Узел уплотнения шпона: 1 – корпус, 2 – регулировочный клапан верхнего прессующего вала, 3 – инфракрасная лампа, 4 – верхний прессующий вал

Свойства уплотненного шпона зависят от породы, степени уплотнения (плотности) и температуры, при которой велось прессование (уплотнение). Достижение той или иной степени уплотнения может регулироваться величиной давления и продолжительностью прессования. При изучении свойств уплотненного шпона ставилась задача получить шпон методом плоского прессования. Знание свойств уплотненного шпона и его способности к покрытию лакокрасочными материалами необходимы для окончательного определения режимных параметров технологии уплотнения шпона проходным методом.

Опыты по уплотнению шпона проводились при следующих условиях:

Температура воздуха в помещении, °С, не ниже

18

Относительная влажность воздуха в помещении, %

45–70

Температура в камере предварительного нагрева шпона, °С	100–120
Температура прессующих валов, °С	100–120
Давление прессующих валов на шпон, МПа	до 40
Скорость прохождения деталей, м/мин	до 20
Технологическая выдержка до облицовывания, ч	не менее 24
Технологическая выдержка до испытания прочности склеивания, ч	более 24

Уплотненный шпон использован для облицовывания методом склеивания профильных в сечении брусков или плоских поверхностей заготовок по той же технологии, что и неуплотненный шпон. Внешний вид уплотненного шпона (отсутствие трещин, сколов) определяется визуально. При выполнении операции уплотнения контролируются следующие параметры, перечисленные в табл. 1.

Таблица 1

Контролируемые параметры

Параметры	Значение	Приборы и методы контроля	Периодичность контроля
Шероховатость поверхностей	16 мкм	Эталон-образец. Профилограф НОММELT 1000	2 раза в смену
Степень уплотнения шпона	до 30%	Индикаторный толщиномер ГОСТ 11358-89	Не реже 2 раз в смену
Линейные размеры шпона	до 2000 мм	Линейка измерительная. ГОСТ 166-89. Рулетка	При изготовлении образцов
Относительная влажность воздуха	45–70%	Гигрометр	Не реже 1 раза в смену
Температура воздуха в помещении	не ниже 18 °С	Термометр. ГОСТ 25544-87	Не реже 1 раза в смену
Скорость подачи шпона	до 20 м/мин	Секундомер. ГОСТ 5072-79	1 раз для новой партии
Температура в камере предварительного нагрева шпона и прессующих валов	100–120 °С	По приборам прокатного станка	Регулярно
Давление прессующих валов	до 40 МПа	По приборам прокатного станка	При запуске новой партии

Для определения адгезионной прочности лакокрасочных покрытий к приклеенному шпону [9, 10] в соответствии с ГОСТ 15150 используется механический датчик-адгезиметр «Константа АЦ» [11], который имеет следующие характеристики: усилие отрыва до 200 кг и удельное усилие отрыва  $F_y$  до 100 МПа. В основу работы адгезиметра положен принцип измерения усилия отрыва грибка, приклеиваемого к контролируемому покрытию. Усилие отрыва создается поворотным механизмом, который состоит из пары винт–гайка, регулирующей пружинный механизм, в свою очередь связанный с грибком. Величина удельного усилия отрыва рассчитывается по положению верхней грани корпуса относительно шкалы, соответствующей номеру грибка.

Адгезионная прочность клеевых соединений основы с уплотненным шпоном определена в соответствии с ГОСТ 15867 «Детали и изделия из древесины и древесных материалов. Метод определения прочности клеевого соединения на неравномерный отрыв облицовочного материала». При испытаниях использовали строганный шпон дуба толщиной 0,6 мм. В качестве основы применяли древесину бука. Шпон приклеивали к основе поливинилацетатным клеем марки Клебит 303. Испытания на неравномерный отрыв проводились по истечении 7 сут после склеивания образцов. Шпон применяли уплотненный с разной степенью и неуплотненный. Шероховатость поверхности определялась микроскопом МИС-11.

Для определения микротвердости и анализа лакокрасочного покрытия использован микротвердомер ПМТ-3М (рис. 5) с цифровой видеокамерой ТС-500 (диагональ CMOS-матрицы 1/2.5 дюйма и максимальное разрешение 2592 x 1944), наконечником Виккерса и программным обеспечением Микроанализ М и View. Исследованы образцы лакокрасочных материалов МАВ АУ 2122 и НЦ-218, нанесенные в один и два слоя на стеклянную подложку, где величина микротвердости определялась как среднее десяти измерений, и соответственно вычислялись среднеквадратичное отклонение  $\sigma$  и коэффициент относительной вариации (погрешность)  $K_B$ .

**Результаты исследований и обсуждение.** Результаты экспериментального исследования микротвердости лакокрасочных покрытий представлены на рис. 6 и 7.

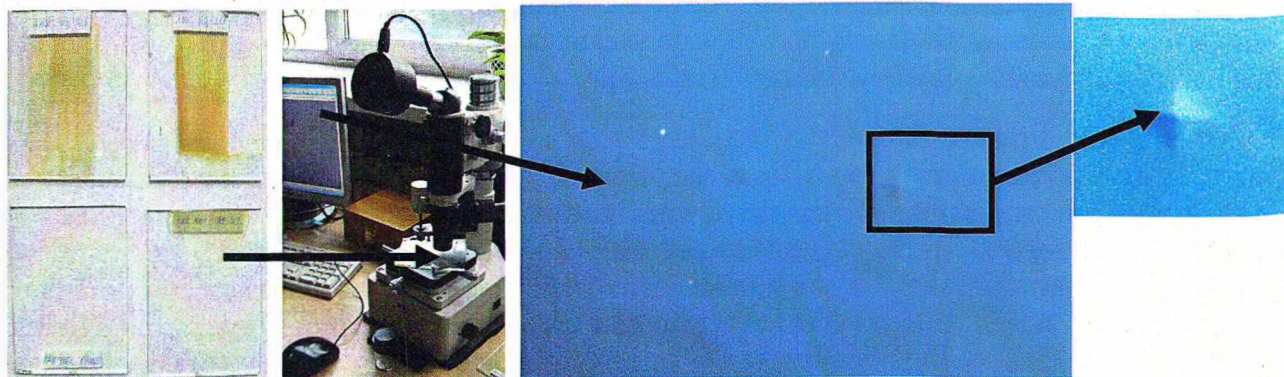


Рис. 5. Исследованные образцы лакокрасочных материалов и отпечаток на поверхности, полученный с помощью алмазного наконечника микротвердомера ПМТ-3М

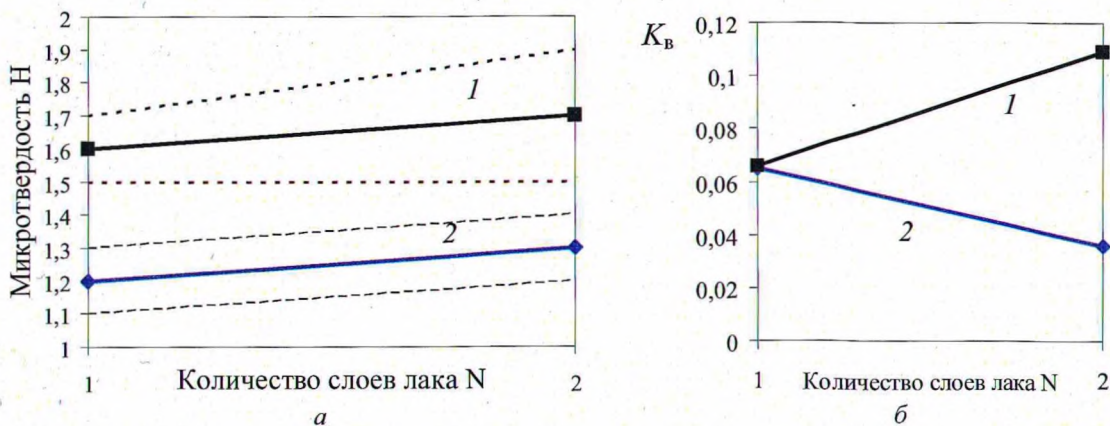


Рис. 6. Зависимость микротвердости лакокрасочного покрытия стеклянной подложки (а) и коэффициента относительной вариации (б) от количества слоев нанесенного лака: 1 – лак НЦ-218; 2 – лак МАВ АУ 2122; штриховые линии – нижняя и верхняя границы доверительного интервала

Результаты опытов по определению адгезионной прочности клеевого соединения основы с уплотненным шпоном сведены в табл. 2.

Характер разрушения – излом шпона без раскрытия клеевого шва, а при высокой плотности ( $981 \text{ кг/м}^3$  и выше) соответствует излому шпона с частичным раскрытием клеевого шва. Таким образом, допускаемая прочность при толщине шпона  $0,6 \text{ мм}$  –  $1,4 \text{ кН/пог.м}$  по пласти и  $2,0 \text{ кН/пог.м}$  по кромке. На основании полученных экспериментальных исследований можно сделать вывод о том, что древесина с высокой плотностью поверхности обеспечивает требуемую прочность с большим запасом, хотя при малой шероховатости несколько снижается (на 1–5%).

## Адгезионная прочность клеевого соединения основы с уплотненным шпоном

Плотность основы (дуб), кг/м <sup>3</sup>	Степень уплотнения, %	Шероховатость поверхности основы, мкм	Прочность клеевого соединения, кН/пог.м
703	0	80	11,2
767	8,3	38	12,0
843	16,6	22	11,4
981	28,3	12	10,8
1110	36,6	7	10,6

Экспериментальные исследования по уплотнению образцов шпона сосны и дуба показали, что при уплотнении шпона значительно увеличивается его плотность и улучшаются все основные эксплуатационные показатели (табл. 3).

Таблица 3

## Основные характеристики образцов уплотненного шпона

Порода древесины образцов	Толщина образцов, мм	Плотность, кг/м <sup>3</sup>	Степень уплотнения, %	Шероховатость поверхности, мкм	Радиус изгиба поперек волокон, мм	Предел прочности, МПа		Твердость, МПа		
						при изгибе	при сжатии вдоль волокон	торцовая	радиальная	тангенциальная
Дуб строганный	0,6	703	0	60–65	22	–	60	66	52,5	52,5
	0,54	781	10,0	28–32	15	–	65	88	79	80
	0,47	932	21,6	8–12	10	–	71	134	90	90
	0,42	1043	30,0	5–10	6	–	78	141	99	99
Ольха	12,0	525	0	55–63	–	74,0	44	45,6	29,3	30,8
	9,3	677	22,5	15–20	–	105,2	52	76	53	51
	7,1	887	40,8	7–12	–	137,3	62	99	79	84

Как видно из табл. 3, радиус изгиба поперек волокон дуба уменьшается с 22 до 6 мм с увеличением степени уплотнения шпона от 0 до 30%. Таким образом, уплотненный шпон более эластичен, чем неуплотненный, что позволяет облицовывать им сложнопрофильные в сечении поверхности деталей мебели, дверей и других изделий. Твердость уплотненного шпона оказалась значительно выше твердости неуплотненного (табл. 3) и ведет к повышению стойкости к удару лакокрасочного покрытия.

При этом шероховатость уменьшается и не требуется промежуточного шлифования поверхностей согласно действующим нормативным документам [12]. Кроме того, за счет снижения пористости древесины расход лакокрасочного материала может быть уменьшен примерно на 1/3.

В результате испытаний на фабрике дверей «Лоза» установлено, что уплотненный до степени 15–16% шпон имеет поверхность, удовлетворяющую лицевым поверхностям мебели, дверей и других изделий. После нанесения первого слоя лака ворс не поднимается. Это позволяет ликвидировать операцию шлифования перед отделкой и в процессе отделки.

Установлено, что при отделке поверхностей уплотненного шпона расход лакокрасочного материала уменьшается на 30%, а время сушки при этом сокращается примерно на 70 мин.

Согласно табл. 4, уплотнение шпона не ведет к снижению адгезионной прочности лакокрасочных покрытий к шпону.

Таблица 4

Адгезионная прочность лакокрасочных материалов к шпону

Порода древесины	Вид лакокрасочного материала	Степень уплотнения шпона, %	Адгезионная прочность, МПа
Ольха	МАВ АУ 2122	0	1,756
		20,5	1,759
		44,0	1,741
Дуб	НЦ-218	0	1,680
		22,0	1,673
		40,3	1,710

Шероховатость поверхности образцов, на которые наносились лакокрасочные материалы (табл. 4), составляла в среднем: 16 мкм для неуплотненного шлифованного шпона (ольха), 10 мкм при степени уплотнения 20,5% и 5 мкм при степени уплотнения 44%; для неуплотненного строганого шпона (дуб) – 40 мкм, для уплотненного – 15 и 6 мкм.

При прессовании уплотнение шпона совершается за счет уменьшения объема пор в результате потери устойчивости оболочек пор при их сжатии, а не за счет уплотнения древесного вещества. Снижение пористости древесины происходит в результате уменьшения размера и объема именно пор, что ведет к существенному снижению скорости и объема впитываемого в поры клея любой марки, а не только клея-расплава, как показано в [10]. Как видно из табл. 3, шероховатость уменьшается с увеличением степени уплотнения, что также влияет на расход клея в сторону уменьшения.

**Заключение.** Экспериментальные исследования в лабораторных и фабричных условиях показывают, что при уплотнении шпона можно до трех раз увеличить твердость материала, при этом повышается его эластичность, что дает возможность уплотнять профильные элементы дверей и мебели с меньшим радиусом кривизны. Уплотненным шпоном можно облицовывать детали любой сложности, т. е. расширяются возможности формообразования изделий и соответственно спектр производимой продукции.

Производственные испытания на фабрике подтвердили, что использование уплотненного шпона для дверного профиля позволяет ликвидировать две операции шлифования (перед отделкой и в процессе отделки), при этом допускается возможность наносить один слой лакокрасочного материала, что может привести к сокращению количества расходуемых лакокрасочных материалов и снижению себестоимости конечной продукции. В результате экспериментальных исследований лакокрасочных покрытий с уплотненным шпоном в лабораторных условиях Института тепло- и массообмена имени А. В. Лыкова НАН Беларуси и Белорусского государственного технологического университета, разработки и изготовления установки по уплотнению шпона на базе производства «Фабрика дверей «Лоза» стало возможным получение дверных профилей и других изделий с улучшенными характеристиками.

## Литература

1. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения: Учеб. для вузов. М.: Лесн. пром-сть, 1986.
2. Перелыгин Л. М., Уголев Б. Н. Древесиноведение. М.: Лесн. пром-сть, 1971.
3. Соболев Ю. С. Древесина как конструкционный материал. М.: Лесн. пром-сть, 1979.
4. Барташевич А. А., Игнатович Л. В., Шетько С. В., Бахар Л. М. Технология изделий из древесины. Ч. 1: Типовые технологические режимы. Минск: БГТУ, 2010. – 299 с.

5. Гальцева И. М. Разработка режимов облицовывания древесностружечных плит тонким шпоном: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. Воронеж, 2005. – 16 с.
6. Zemiari J., Petrik J., Gaff M. The change of veneer thickness after pressing-compression // Annals of Warsaw University of Life Sciences: Forestry and Wood Technology. 2010. No. 72. Pp. 509–513.
7. Заявка на пат. № а201215626 РБ. Станок для уплотнения древесины. Зарегистрирована 17.04.2013 г. / Е. В. Коробко, М. А. Барташевич, В. А. Бильк и др.
8. Барташевич А. А., Лопачук В. А., Маханек А. А., Пендо В. В. Расчет основных параметров устройства для уплотнения шпона // Тр. БГТУ. Лесная и деревообрабатывающая пром-сть. 2012. № 2 (149). С. 136–137.
9. Басин В. Е. Адгезионная прочность. М.: Химия, 1981. – 208 с.
10. Поциус А. Клеи, адгезия, технология склеивания: Пер. с англ. / Под ред. Г. В. Комарова. СПб.: Профессия, 2007. – 364 с.
11. Адгезиметр «Константа АЦ» [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [http://constant.ru/catalog/adgezimetry/konstanta\\_ats/](http://constant.ru/catalog/adgezimetry/konstanta_ats/) – Дата доступа: 17.04.2013.
12. ГОСТ 7016-82 «Изделия из древесины и древесных материалов. Параметры шероховатости поверхности». М.: Стандартиформ, 2010. – 12 с.