

УДК 674.02

**Л. В. Игнатович**, кандидат технических наук, доцент (БГТУ);  
**С. С. Утгоф**, аспирант (БГТУ); **А. М. Бут-Гусаим**, магистрант (БГТУ)

### **ТЕХНОЛОГИЯ МНОГОСЛОЙНЫХ ПАРКЕТНЫХ ИЗДЕЛИЙ С ЛИЦЕВЫМ СЛОЕМ ИЗ УПЛОТНЕННОЙ ДРЕВЕСИНЫ МЯГКИХ ЛИСТВЕННЫХ ПОРОД**

В статье изложены результаты исследования процесса уплотнения древесины мягких лиственных пород, а также склеивания многослойных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины ольхи. В ходе исследования были определены физико-механические характеристики уплотненной древесины: твердость, износостойкость и степень уплотнения. Определен такой показатель, как прочность клеевого соединения. Сделаны выводы о влиянии режима прессования на физико-механические характеристики уплотненной древесины, вида клеевого материала и режима склеивания на прочность клеевого соединения в многослойных паркетных покрытиях.

The article presents a study of deciduous wood compaction process, as well as bonding of multi-layer parquet products with facial layer of compacted wood alder. The study determined the physical and mechanical characteristics of compacted wood hardness, wear resistance and degree of compaction. Such indicator is defined as strength of the bond to the lead. The conclusions about the effect of pressing process on physical and mechanical properties of densified wood and type of adhesive material and regime of bonding to bond strength in multilayer parquet flooring.

**Введение.** Древесина – экологически чистый природный материал, который широко используется в производстве напольных покрытий (доска пола и паркетные изделия). Также древесина является гигроскопичным материалом. От негативного влияния влаги паркетные изделия, конечно, защищает лаковое или масляное покрытие, но уменьшить степень деформации паркетных изделий можно за счет выбора правильной многослойной конструкции.

В многослойных паркетных изделиях слои древесины специально формируются так, чтобы волокна проходили в разных слоях разнонаправленно. Верхний и нижний слои изготовлены таким образом, чтобы волокна древесины были направлены вдоль длинной стороны планки, а в среднем слое волокна располагают перпендикулярно. Это позволяет минимизировать естественное движение древесных волокон при изменении климатических условий в помещении (влажность, температура).

В многослойных паркетных изделиях для изготовления лицевого слоя толщиной 4–7 мм используются ценные породы древесины.

Для реек среднего слоя и основания используется древесина хвойных пород, древесина ольхи или осины, древесные материалы (фанера, ДВП). За счет этого происходит существенная экономия природного сырья, по сравнению с производством массивного паркета, который на 100% состоит из ценной древесины. Это качество многослойного паркета увеличивает конкурентоспособность продукта на рынке напольных покрытий.

Недостатками перечисленных выше пород являются их большая себестоимость и ограниченные запасы, что увеличивает рыночную

стоимость готовой продукции. В то же время запасы мягких лиственных пород древесины на территории нашей страны гораздо выше. И одним из направлений в решении задачи рационального использования древесины твердых лиственных пород является вовлечение в производство паркетных изделий мягколиственных пород древесины.

Использование натуральной древесины мягколиственных пород в производстве паркетных покрытий не находит применения в связи с низкими эксплуатационными показателями. Одним из распространенных способов улучшения эксплуатационных показателей древесины является ее модифицирование.

Модифицированием древесины малоиспользуемых мягких лиственных пород для создания полноценного заменителя ценной древесины твердых лиственных пород занимаются уже довольно продолжительное время, однако технологии с применением различных пропиточных смол и составов являются вредными для окружающей среды и здоровья человека. Альтернативным способом улучшения физико-механических характеристик мягких лиственных пород древесины можно считать прессование (термомеханическое модифицирование).

**Основная часть.** Прессованная (уплотненная) древесина обладает более высокими физико-механическими показателями, чем натуральная, при этом в процессе прессования не применяются химические составы, а улучшение свойств происходит только под воздействием высоких температур и давления.

Прессование характеризуется степенью прессовки, которая определяется по соотношению размеров деталей из древесины до прессо-

вания и после прессования. Уплотнение древесины повышает ее прочностные свойства, твердость, улучшает способность смачиваться жидкими связующими. За счет уменьшения объема путем механического воздействия комплексно улучшаются прочностные свойства и износостойкость.

К паркетным покрытиям предъявляются высокие требования: они должны быть прочными, долговечными и обладать высокими эстетическими характеристиками.

На основании вышесказанного для исследования была выбрана технология производства многослойных клееных паркетных изделий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород.

Целью экспериментального исследования являлось изучение физико-механических характеристик прессованной древесины мягких лиственных пород. Для проведения испытаний были выбраны наиболее распространенные на территории Республики Беларусь мягкие лиственные породы древесины: береза (22,6%) и ольха (8,4%).

Основные виды березы относятся к породам средней плотности. Их средняя плотность (при 12%-ной влажности) – 640 кг/м<sup>3</sup>. Береза хорошо поддается гнутью и другим видам обработки, легко поддается имитации под ценные по-

роды. Применение березы для строительных деталей ограничено из-за ее склонности к короблению.

Ольха относится к породам малой плотности. Среднее значение плотности древесины ольхи при стандартной влажности (12%-ной) – 525 кг/м<sup>3</sup>. Древесина ольхи мягкая, легкая, хорошо режется, мало коробится при сушке, обладает хорошей формоустойчивостью.

Эксперимент ставился по плану В. Переменными факторами при прессовании были давление прессования, температура плит пресса и время прессования. Контролируемыми выходными параметрами были твердость, степень упрессовки, износостойкость уплотненной древесины.

Для проведения прессования были изготовлены образцы размером 100×100 мм и толщиной 6 мм, плотность образцов соответствует среднему показателю.

Прессование поперек волокон проводили на гидравлическом прессу типа ПСУ-50 усилием 500 000 Н.

Твердость образцов определяли в соответствии с ГОСТ 16483.17–81, показатель истирания – абразиметром Табера, шероховатость поверхности – профилографом НОММЕЛ Т1000.

Матрицы планирования в кодированном и натуральном выражении и результаты эксперимента приведены в табл. 1.

Таблица 1

**Матрица планирования в кодированном и натуральном выражении, результаты эксперимента по прессованию древесины**

№ режима	Кодированная матрица эксперимента			Матрица эксперимента в натуральном выражении			Результаты эксперимента для древесины березы			Результаты эксперимента для древесины ольхи		
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	X <sub>3</sub>	X <sub>1</sub> , МПа	X <sub>2</sub> , °С	X <sub>3</sub> , мин	Y <sub>1</sub> , МПа	Y <sub>2</sub> , %	Y <sub>3</sub> , г	Y <sub>1</sub> , МПа	Y <sub>2</sub> , %	Y <sub>3</sub> , г
1	1	1	1	19,6	110	3	20	40	0,188	45	48	0,164
2	-1	1	1	9,8	110	3	20	27	0,177	33	39	0,090
3	1	-1	1	19,6	70	3	17	36	0,198	40	42	0,143
4	-1	-1	1	9,8	70	3	20	24	0,170	20	41	0,123
5	1	1	-1	19,6	110	1	23	32	0,191	39	46	0,104
6	-1	1	-1	9,8	110	1	17	29	0,186	20	39	0,086
7	1	-1	-1	19,6	70	1	19	36	0,228	16	46	0,100
8	-1	-1	-1	9,8	70	1	12	18	0,216	16	36	0,124
9	1	0	0	19,6	90	2	23	37	0,278	40	47	0,145
10	-1	0	0	9,8	90	2	20	21	0,216	43	47	0,132
11	0	1	0	14,7	110	2	22	29	0,234	44	48	0,182
12	0	-1	0	14,7	70	2	22	29	0,226	41	48	0,127
13	0	0	1	14,7	90	3	18	28	0,201	42	49	0,147
14	0	0	-1	14,7	90	1	22	28	0,244	49	48	0,098

В таблице приведены величины среднего значения параллельных опытов. В результате расчетов получены уравнения регрессии второго порядка в кодированных обозначениях, учитывающие влияние каждого фактора на величину твердости, степень упрессовки и износостойкость. Оценка значимости коэффициентов регрессии произведена по t-критерию Стьюдента. После отсеивания малозначимых коэффициентов уравнения приобрели следующий вид.

Величина значения твердости древесины березы:

$$Y_1 = 22,625 + 1,280 \cdot x_1 + 1,192 \cdot x_2 + 46,970 \cdot x_1 \cdot x_2 + 52,868 \cdot x_2 \cdot x_3 + 93,310 \cdot x_2^2 + 91,493 \cdot x_3^2.$$

Величина значения твердости древесины ольхи:

$$Y_1 = 50,442 + 4,8 \cdot x_1 + 4,8 \cdot x_2 + 4,0 \cdot x_3 + 175,625 \cdot x_1 \cdot x_2 + 103,75 \cdot x_2 \cdot x_3 + 149,5 \cdot x_2^2 + 152,2 \cdot x_3^2.$$

Величина значения степени упрессовки древесины березы:

$$Y_2 = 27,630 + 6,160 \cdot x_1 + 128,339 \cdot x_1 \cdot x_2 + 122,175 \cdot x_2 \cdot x_3 + 140,136 \cdot x_2^2 + 146,951 \cdot x_3^2.$$

Величина значения степени упрессовки древесины ольхи:

$$Y_2 = 50,694 + 2,7 \cdot x_1 + 215,625 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,875 \cdot x_1 \cdot x_3 + 235,0 \cdot x_2 \cdot x_3 + 212,282 \cdot x_2^2 + 215,906 \cdot x_3^2.$$

Величина значения износостойкости древесины березы:

$$Y_3 = 0,252 + 0,012 \cdot x_1 + 0,173 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,006 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,989 \cdot x_2^2 + 1,009 \cdot x_3^2.$$

Величина значения износостойкости древесины ольхи:

$$Y_3 = 0,149 + 0,01 \cdot x_1 + 0,016 \cdot x_3 + 0,168 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,013 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,028 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,606 \cdot x_2^2 + 0,588 \cdot x_3^2.$$

После определения коэффициентов регрессии по средним значениям свойств проводилась проверка адекватности полученных уравнений. Вывод об адекватности основывался на сравнении расчетных и табличных значений коэффициентов Стьюдента. Все уравнения регрессии адекватны эксперименту. Полученные уравнения позволяют определить величину твердости, степени упрессовки и значение износостойкости уплотненной древесины березы и ольхи.

В натуральном выражении уравнения регрессии имеют следующий вид:

Величина значения твердости древесины березы:

$$Y_1 = -268830,4 + 409,449 \cdot x_1 + 2492,27 \cdot x_2 + 62346568,61 \cdot x_1 \cdot x_2 + 594522,503 \cdot x_2 \cdot x_3 + 830951,28 \cdot x_2^2 - 3375,908 \cdot x_3^2.$$

Величина значения твердости древесины ольхи:

$$Y_1 = 4597,588 + 7,409 \cdot x_1 + 44,88 \cdot x_2 + 1,016 \cdot x_3 + 25215,22 \cdot x_1 \cdot x_2 + 226,338 \cdot x_2 \cdot x_3 + 14197,42 \cdot x_2^2 - 60,521 \cdot x_3^2.$$

Величина значения степени упрессовки древесины березы:

$$Y_2 = -419778,31 + 637,07 \cdot x_1 + 180820480,22 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1393948,73 \cdot x_2 \cdot x_3 + 1295508,64 \cdot x_2^2 - 5004,67 \cdot x_3^2.$$

Величина значения степени упрессовки древесины ольхи:

$$Y_2 = 599113,04 + 930,51 \cdot x_1 + 302918071,88 \times x_1 \cdot x_2 - 2329,34 \cdot x_1 \cdot x_3 + 2726378,75 \cdot x_2 \cdot x_3 + 1851396,17 \cdot x_2^2 - 7609,31 \cdot x_3^2.$$

Величина значения износостойкости древесины березы:

$$Y_3 = -2735,267 + 4,399 \cdot x_1 + 6980,931 \cdot x_1 \cdot x_2 + 113,368 \cdot x_2 \cdot x_3 + 8441,027 \cdot x_2^2 - 36,039 \cdot x_3^2.$$

Величина значения износостойкости древесины ольхи:

$$Y_3 = -1714,342 + 2,644 \cdot x_1 + 0,369 \cdot x_3 + 2716,809 \cdot x_1 \cdot x_2 + 6,956 \cdot x_1 \cdot x_3 + 52,472 \cdot x_2 \cdot x_3 + 5284,819 \cdot x_2^2 - 21,299 \cdot x_3^2.$$

Очевидно, что характер зависимостей идентичен для одних и тех же показателей уплотненной древесины ольхи и березы.

Проанализировав полученные результаты, можно сделать вывод, что основное влияние на степень уплотнения древесины в процессе прессования оказывают такие факторы, как давление и температура плит прессы.

Таким образом, для производства многослойных паркетных изделий в качестве лицевого слоя целесообразно применять уплотненную древесину мягких лиственных пород, т. к. в процессе уплотнения улучшаются твердость и износостойкость древесины, которые являются

основными эксплуатационными характеристиками деревянных напольных покрытий.

Шероховатость поверхности древесины уже при степени уплотнения 30% оказывается меньше нормативного значения шероховатости для мебели (16 мкм). Поверхность уплотненной древесины имеет другой профиль по сравнению со шлифованной. Все выступы предыдущей механической обработки оказываются впрессованными. В связи с улучшением качества поверхности древесины возникает вопрос об исключении шлифования уплотненной древесины перед склеиванием и отделкой.

С целью обоснования исключения шлифования уплотненной древесины перед склеиванием проведено исследование прочности склеивания уплотненной древесины с натуральной.

При производстве многослойных паркетных изделий используют различные клеевые системы. Но качество соединений деталей из древесины определяется не только качеством клеевых систем, но и составляющими режима склеивания. К этим составляющим относят: состояние склеиваемой древесины, вид, состояние и расход клея, время открытой и закрытой выдержки клея, давление, температура и время прессования и, наконец, время послепрессовой выдержки продукции.

Известно, что для получения высококачественного клееного шва важнейшими показателями состояния древесины являются шероховатость поверхности соединяемых деталей, влажность и температура материала.

К паркетным многослойным изделиям предъявляются высокие требования по прочности клееного шва. Для обеспечения необходимого качества готовой продукции применяются клеи групп прочности (водостойкости) D3 и D4 по DIN EN204.

К ним относятся полиуретановые (ПУ) одно- и многокомпонентные ПУ клеи – синтетические клеи, получаемые из исходных веществ синтеза полиуретанов. Основные компоненты данных клеев – ароматические или алифатические изоцианаты, содержащиеся в молекуле не менее двух NCO-групп, и гидроксилсодержащие олигомеры.

К достоинствам ПУ клеев относятся: стойкость к действию масел, воды, кислот и бензина; хорошая схватываемость; эластичный и прозрачный клеевой шов; способность выдерживать знакопеременные нагрузки; отверждение при нормальных условиях (не требует нагрева).

Поливинилацетатный (ПВА) клей – водная дисперсия поливинилацетата, получаемого в результате полимеризации винилацетата (продукта взаимодействия ацетилен с уксусной кислотой). Поливинилацетатная дисперсия обла-

дает высокими клеящими свойствами, высокой адгезией к различным материалам, технологична в применении, характеризуется безвредностью, постоянной готовностью к применению, высокой жизнеспособностью, высокой скоростью склеивания при комнатной температуре. Клеевой слой эластичный, бесцветный, не затупляет режущий инструмент и имеет удобные для работы показатели – неограниченную жизнестойкость, время «холодного» прессования около 20 мин [1].

Для исследования процесса склеивания уплотненной древесины использовали древесину ольхи со степенью уплотнения 30% и шероховатостью поверхности 4–5 мкм. Для склеивания были выбраны поливинилацетатный клей «Иоваколь 103.15» и полиуретановый клей «Kleiberit 501.8».

Эксперимент ставился по плану В.

Переменными факторами воздействия при горячем склеивании полиуретановым клеем «Kleiberit 501.8» являются: время выдержки, давление прессования и температура склеивания (табл. 2). И при холодном склеивании поливинилацетатным клеем «Иоваколь 103.15» были время выдержки и давление прессования (табл. 2).

Таблица 2

**Переменные параметры при горячем склеивании полиуретановым клеем «Kleiberit 501.8» и при холодном склеивании поливинилацетатным клеем «Иоваколь 103.15»**

Клей	Время, мин	Давление, МПа	Температура, °С
Kleiberit 501.8	10–30	0,6–1,0	60–80
Иоваколь 103.15	15–20	0,7–1,0	20

Испытания по определению прочности клееного соединения проводились в соответствии с ГОСТ 25885–83 [2]. Правила отбора, количество, точность изготовления и кондиционирование образцов – по ГОСТ 16483.0–89 [3].

В результате расчетов получены уравнения регрессии второго порядка в кодированных обозначениях, учитывающие влияние каждого фактора на прочность склеивания.

Матрицы планирования в натуральном выражении и результаты исследования прочности склеивания приведены в табл. 3 и 4.

Оценка значимости коэффициентов регрессии произведена по t-критерию Стьюдента.

Прочность склеивания поливинилацетатным клеем при холодном склеивании:

$$Y = 4,87 + 0,377 \cdot x_1 + 0,132 \cdot x_2 + 0,3 \cdot x_1 \cdot x_2 + 1,13 \cdot x_1^2 + 1,175 \cdot x_2^2.$$

Таблица 3

**Матрица планирования в натуральных обозначениях для поливинилацетатного клея «Иоваколь 103.15»**

№ опыта	Время прессования $t$ , мин	Давление прессования $q$ , МПа	Прочность склеивания, МПа
1	20	1	7,98
2	15	1	6,63
3	20	0,7	7,12
4	15	0,7	6,97
5	20	0,85	6,38
6	15	0,85	5,62
7	17,5	1	6,18
8	17,5	0,7	5,91

Таблица 4

**Матрица планирования в натуральных обозначениях для поливинилацетатного клея «Иоваколь 103.15»**

№ опыта	Время прессования $t$ , мин	Давление прессования $q$ , МПа	Температура $T$ , °C	Прочность склеивания, МПа
1	30,0	1,0	60,0	9,61
2	10,0	1,0	60,0	5,96
3	30,0	0,6	60,0	6,91
4	10,0	0,6	60,0	6,1
5	30,0	1,0	40,0	8,65
6	10,0	1,0	40,0	6,08
7	30,0	0,6	40,0	7,8
8	10,0	0,6	40,0	6,09
9	30,0	0,8	40,0	5,25
10	10,0	0,8	50,0	4,28
11	20,0	1,0	50,0	5,52
12	20,0	0,6	50,0	6,31
13	20,0	0,8	60,0	6,80
14	20,0	0,8	40,0	6,86

Прочность склеивания полиуретановым клеем при горячем способе:

$$Y = 5,18 + 0,97 \cdot x_1 + 0,26 \cdot x_2 - 0,01 \cdot x_3 + 0,46 \cdot x_1 \cdot x_2 + 0,02 \cdot x_1 \cdot x_3 + 0,22 \cdot x_2 \cdot x_3 + 0,41 \cdot x_1^2 + 0,74 \cdot x_2^2 + 1,65x_3^3.$$

Оценка значимости коэффициентов регрессии произведена по t-критерию Стьюдента.

Результаты проверки адекватности модели по F-критерию показали, что модель адекватна.

Проанализировав результаты исследования, можно сделать вывод, что большей прочностью обладают соединения, полученные при склеивании полиуретановым клеем. Если рассматривать технологический режим, способствующий получению наилучшего результата, то это в обоих случаях режим № 1.

**Заключение.** Результаты исследования процесса уплотнения древесины показали, что основное влияние при прессовании оказывают давление и температура плит пресса. Степень уплотнения древесины березы ниже, чем древесины ольхи, т. к. береза изначально обладает более высокой плотностью, чем ольха, и, соответственно, в меньшей степени подвержена упрессовке. Также проведено исследование прочности склеивания уплотненной древесины с натуральной. Обоснован выбор полиуретановых клеев для производства многослойных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины мягких лиственных пород. Полученные результаты являются основой разработки технологии многослойных клееных паркетных покрытий с лицевым слоем из уплотненной древесины.

### Литература

1. Волынский, В. Н. Технология клееных материалов / В. Н. Волынский. – СПб.: Профи, 2009. – 389 с.
2. Конструкции деревянные клееные. Метод определения прочности клеевых соединений древесноплитных материалов с древесиной: ГОСТ 25885–83. – Введ. 01.01.1984. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1988. – 6 с.
3. Древесина. Общие требования к физико-механическим испытаниям: ГОСТ 16483.0–89. – Введ. 01.07.1990. – М.: Госстандарт СССР: Изд-во стандартов, 1999. – 11 с.

Поступила 19.02.2013