

Мозговой Николай Васильевич – заведующий кафедрой промышленной экологии и безопасности жизнедеятельности ФГБОУ ВО «Воронежский государственный технический университет», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: nv_moz@mail.ru.

Information about authors

Platonov Aleksei Dmitrievich – Head of the Chair of Wood Science, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: aleksey66@yandex.ru.

Mikheevskaya Marina Aleksandrovna – Senior lecturer of the Chair of Technologies and Machines of logging-work, FSBEI HE «Ukhtinsky State Technical University», Ukhta, Russian Federation; e-mail: voronin.mary@yandex.ru.

Kuryanova Tatyana Kazimirovna – Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Engineering), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltaewood@yandex.ru.

Snegireva Svetlana Nikolaevna – Associate Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», PhD (Biology), Associate Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: vgltaewood@yandex.ru.

Safonov Andrey Olegovich – Professor of the Chair of Wood Science, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: aosafonov@gmail.com.

Mozgovoy Nikolay Vasilievich – Head of the Department of Industrial Ecology and Life Safety, FSBEI HE «Voronezh State Technical University», DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: nv_moz@mail.ru.

DOI: 10.12737/article_5c1a3232c25934.48180739

УДК 674.613

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СООТНОШЕНИЯ КОМПОНЕНТОВ КЛЕЕВ ПРИ СКЛЕИВАНИИ ПАРКЕТНЫХ ДОСОК И ХАРАКТЕРА ВОЗМОЖНОГО РАЗРУШЕНИЯ ДОСОК ПРИ ИХ ЭКСПЛУАТАЦИИ

доктор технических наук, профессор **Е. М. Разиньков**

ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет имени Г.Ф. Морозова»,
г. Воронеж, Российская Федерация

В последние годы в практике настила полов жилых домов в качестве настилающего слоя используют не штучный паркет, а паркетные доски. Доска часто представляет собой основу из древесно-стружечной плиты (ДСтП), на которую наклеивается холодным способом специально полученный на вертикально-раскроечных станках тонкий лист (ламель) древесины ценных пород. При длительной эксплуатации паркетных досок, уложенных на деревянные лаги, может иметь место два варианта разрушения досок, представляющих собой дефекты досок в связи с падением прочности досок и сокращения длительности их эксплуатации. В одном (открытом) варианте происходит отслаивание ламелей от поверхности ДСтП. В этом случае центральная часть ДСтП (по ее толщине) не разрушается из-за сдвига древесных частиц центрального слоя плиты. Это значит, что прочность склеивания ламели с поверхностью плиты ниже предела прочности ДСтП в направлении перпендикулярно пласти плиты. В этом случае доску надо заменить. В другом (закрытом) варианте отслаивания ламели не наблюдается, но из-за длительной эксплуатации досок происходит невидимое (закрытое) разрушение центральной части ДСтП (по ее толщине), что тоже является дефектом доски (увеличивается ее прогиб, наблюдается скрип доски), сокращается длительность ее эксплуатации, хотя при этом доску меняют редко. Целью нашей работы являлось определение рационального соотношения компонентов клеев при склеивании облицовочной ламели с основой паркетной доски и характера разрушения доски. В результате работы установлено следую-

шее. При склеивании ламели дуба с основой из ДСтП рациональное соотношение компонентов клея следующее. Содержание отвердителя (хлористого аммония) в смоле КФ-Ж необходимо поддерживать на уровне 1.0 %, а ПВАД на уровне 10 % от массы жидкой смолы (66 %-й концентрации). Даже при рациональном соотношении компонентов клея доски пола с ламелью из дуба могут издавать скрип, поскольку разрушение образцов происходило по ДСтП. Доски же с ламелью сосны могут издавать скрип, может происходить и отслаивание ламели от поверхности ДСтП (с необходимостью последующей заменой ламели), поскольку характер разрушения образцов наблюдается смешанный.

Ключевые слова: паркетная доска, ламель, клей, древесно-стружечная плита.

DETERMINATION OF THE RELATIONSHIP OF THE ADHESIVE COMPONENTS AT PARQUET BOARD GLUING AND THE NATURE OF THE POSSIBLE DESTRUCTION OF BOARDS DURING THEIR SERVICE LIFE

DSc (Engineering), Professor **E. M. Razinkov**

Federal State Educational Institution of Higher Education «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», Voronezh, Russian Federation

Abstract

In recent years, in the practice of flooring of residential houses, not parquet, but parquet boards are used as the flooring layer. Board often represents a basis from a wood particle board (WPB) on which a thin sheet (lamella) of valuable wood is glued which is specially received on vertical-cutting machines. During long-term operation of parquet boards laid on wooden logs, there can be two options for the destruction of boards, which are defects in boards due to a decrease in the strength of boards and reduction in the duration of their operation. In one (open) version, the lamellae peel off from the surface of the particle board. In this case, central part of particle board (in terms of its thickness) is not destroyed due to the shift of the wood particles of the central layer of the plate. This means that the bonding strength of the lamella with the surface of the plate is below the tensile strength of the chipboard in the direction perpendicular to the plate. In this case, the board must be replaced. In the other (closed) version, lamella peeling is not observed, but invisible (closed) destruction of the central part of the particle board (through its thickness) occurs due to the long-term operation of the boards, which is also a defect of the board (its deflection increases, the board creaks), the duration of its operation reduces, although the board is rarely changed in this case. The aim of our work was to determine the rational ratio of the components of adhesives when gluing the facing lamella to the base of the board and the nature of the destruction of the board. As a result of the work, the following has been established. When gluing oak lamella with a base of chipboard, the rational ratio of glue components is as follows. The content of the hardener (ammonium chloride) in the resin CF-L must be maintained at the level of 1.0%, and polyvinyl acetate dispersion - at the level of 10% by weight of the liquid resin (66% concentration). Even with a rational ratio of components of the glue, the boards of the floor with a lamella made of oak can creak, since the destruction of the specimens took place. Boards with a pine lamella can show both creaking and peeling off from the surface of the particle board (with the need for subsequent replacement of the lamella), since the pattern of observed sample destruction is mixed one.

Keywords: parquet board, lamella, adhesive, particle board.

В эксперименте основой паркетных досок являлась шлифованная малотоксичная древесно-стружечная плита марки Р-1 плотностью 750 кг/м³ [1, 2]. Облицовочные ламели были выбраны из склеенных реек сосны обыкновенной и дуба. Толщина ламелей обеих пород была разной (сосновых – около 10 и дубовых – около 3 мм). Такие толщины ламелей используют предприятия, производящие паркетные доски. В опытах использовали по 10 образцов каждой по-роды древесины. Влажность образцов составляла 7,8-8,2%.

В настоящее время стандартов на определение характера возможного разрушения паркетных досок нет. Существует ГОСТ 15867-79 [4], однако, с одной стороны, по этому ГОСТ производится испытание прочности склеивания облицовочных материалов толщиной не более 2 мм. Ламели же паркетных досок обычно имеют толщину от 3 до 10 мм. С другой стороны, этот ГОСТ не предусматривает испытаний ДСтП на растяжение перпендикулярно пласти плиты с тем, чтобы оценить прочность склеивания древесных час-

тиц в центральном слое ДСтП (по ее толщине). Для нашей цели ближе всего подходит метод испытаний ДСтП на растяжение перпендикулярно пласти плиты по ГОСТ 10636-90 [5]. Формат образцов ДСтП составлял 50×50 мм. На поверхность плит холодным способом приклеивали ламели форматом 70×50 мм из дуба или сосны. Свес ламели на одну сторону образца ДСтП составлял 10 мм для захвата ламели при испытании прочности.

В качестве клеев использовали карбамидоформальдегидную смолу марки КФ-Ж 66 %-й концентрации с добавкой хлористого аммония (отвердителя) 0,5 и 1,0 % от массы жидкой смолы 66 %-й концентрации, а также смесь этой смолы с поливинилацетатной дисперсией (ПВАД). ПВАД может снижать хрупкость отвержденной массы смолы [6, 7, 8, 9]. При этом часть смолы (10 и 30 % массы) заменяли на ПВАД. Опыты проводили по ПФЭ-2². План эксперимента представлен в табл. 1.

Разрушение образцов по ДСтП происходило на расстоянии от 1 до 2 мм от поверхности плиты. При смешанном характере разрушение образцов происходило так, что от 30 до 70 % площади поверхности разрушалось по ДСтП, а от 30 до 70 % площади поверхности разрушалось по клеевому слою.

Обработку результатов производили по известной методике с получением уравнения регрессии сначала в кодированных, а затем в фактических переменных в виде

$$Y = b_0 + b_1 X_1 + b_2 X_2 + b_{12} X_1 X_2, \text{ МПа} \quad (1)$$

Средины диапазона варьирования факторов

$$V_1^0 = (V_1^{\max} + V_1^{\min})/2 = 0,75 \%. \quad (2)$$

$$V_2^0 = (V_2^{\max} + V_2^{\min})/2 = 20 \%. \quad (3)$$

Интервалы варьирования факторов равны

$$V_w = V_1^{\max} - V_1^0,$$

$$V_{w1} = 0,25 \%,$$

$$V_{w2} = 10 \%.$$

Связь между кодированными и натуральными значениями факторов выглядит следующим образом:

$$X_i = (V_i - V_i^0)/V_{wi}$$

$$X_1 = (V_1 - 0,75)/0,25 = V_1/0,25 - 3 \quad (4)$$

$$X_2 = (V_2 - 20)/10 = V_2/10 - 2. \quad (5)$$

Коэффициенты уравнения регрессии, по критерию Стьюдента, все значимы.

для дуба:

$$b_0 = 0,396$$

$$b_1 = 0,081$$

$$b_2 = -0,067$$

$$b_{12} = 0,004$$

для сосны:

$$b_0 = 0,4505$$

$$b_1 = 0,0555$$

$$b_2 = -0,0745$$

$$b_{12} = 0,0305.$$

Полученные уравнения регрессии в кодированных переменных следующие.

Для дуба:

Таблица 1

План эксперимента

№ опыта	Порода древесины ламели	Содержание отвердителя в смоле КФ-Ж, (X ₁ , %)		Содержание ПВАД в смоле КФ-Ж, (X ₂ , %)		Предел прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты Y, МПа	Характер разрушения образца
		код.	факт	код.	факт		
1	дуб	+	1,0	+	30	0,414	по ДСтП
2		-	0,5	+	30	0,244	смешанный
3		+	1,0	-	10	0,540	по ДСтП
4		-	0,5	-	10	0,386	смешанный
1	сосна	+	1,0	+	30	0,462	по клеевому слою
2		-	0,5	+	30	0,290	смешанный
3		+	1,0	-	10	0,550	смешанный
4		-	0,5	-	10	0,500	смешанный

$$Y = 0,396 + 0,081X_1 - 0,067X_2 + 0,004 X_1 X_2 \quad (6)$$

Для сосны:

$$Y = 0,4505 + 0,0555X_1 - 0,0745X_2 + 0,0305 X_1 X_2 \quad (7)$$

С тем, чтобы сравнить погрешность уравнений регрессии (6) и (7), в табл. 2 приведены значения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, вычисленные по полученным уравнениям в кодированных переменных, и фактические значения этого выходного результата.

Из этой таблицы следует полная сходимость фактических и теоретических результатов.

Для перевода кодированных значений факторов в фактические подставим в уравнение (6) значение из уравнения (4), а в уравнение (7) – значение из уравнения (5).

Получим для дуба:

$$Y = 0,396 + 0,081 (V_1/0,25 - 3) - 0,067(V_2/10 - 2) + 0,004(V_1/0,25 - 3)(V_2/10 - 2) \quad (8)$$

Проверим сходимость результатов:

$$Y_1 = 0,396 + 0,081 - 0,067 + 0,004 = 0,414$$

$$Y_2 = 0,396 - 0,081 - 0,067 - 0,004 = 0,244$$

$$Y_3 = 0,396 + 0,081 + 0,067 - 0,004 = 0,540$$

$$Y_4 = 0,396 - 0,081 + 0,067 + 0,004 = 0,386$$

Как видно из полученных данных, наблюдается полная сходимость результатов, полученных по уравнению (8).

Аналогичные результаты получены и для сосны по уравнению (9) в фактических переменных.

$$Y = 0,4505 + 0,0555 (V_1/0,25 - 3) - 0,0745(V_2/10 - 2) + 0,0305 (V_1/0,25 - 3)(V_2/10 - 2) \quad (9)$$

Найдем аналитические зависимости выходного параметра поочередно от каждого из двух факторов.

Анализируем уравнение (8).

При $X_1 (V_1) = 0,5; 0,75$ и $1,0$ при постоянном значении $X_2 = 20$ (основной уровень).

При $X_1 = 0,5$ для дуба

$$Y = 0,396 - 0,081 = 0,315.$$

При $X_1 = 0,75$ для дуба

$$Y = 0,396.$$

При $X_1 = 1,0$ для дуба

$$Y = 0,396 + 0,081 = 0,477$$

Как видно из этих данных, увеличение количества отвердителя в смоле от $0,5$ до $1,0$ % для дуба приводит к повышению выходного параметра.

При $X_2 (V_2) = 10, 20$ и 30 при постоянном значении $X_1 = 0,75$ (основной уровень).

При $X_2 = 10$ для дуба

$$Y = 0,396 + 0,067 = 0,463$$

При $X_2 = 20$ для дуба

$$Y = 0,396$$

При $X_2 = 30$ для дуба

$$Y = 0,396 - 0,067 = 0,329.$$

Как следует из этих данных, увеличение количества ПВАД в смоле от 10 до 30 % для дуба приводит к снижению выходного параметра.

Анализируем уравнение (9) для сосны при тех же условиях, что и для дуба (при $X_1 (V_1) = 0,5; 0,75$ и $1,0$ при постоянном значении $X_2 = 20$ (основной уровень)).

При $X_1 = 0,5$ для сосны

Таблица 2

Сравнительные результаты выходного параметра

№ опыта	Порода древесины ламели	Значения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты, У, МПа	
		фактические	теоретические (вычисленные по уравнениям в кодированных переменных)
1	Дуб	0,414	0,414
2		0,244	0,244
3		0,540	0,540
4		0,386	0,386
1	Сосна	0,462	0,462
2		0,290	0,290
3		0,550	0,550
4		0,500	0,500

$$Y = 0,4505 - 0,0555 = 0,395$$

При $X_1 = 0,75$ для сосны

$$Y = 0,4505$$

При $X_1 = 1,0$ для сосны

$$Y = 0,4505 + 0,0555 = 0,506.$$

Как видно из полученных данных, увеличение количества отвердителя в смоле от 0,5 до 1,0 % для сосны также приводит к повышению выходного параметра.

При $X_2 (V_2) = 10,20$ и 30 при постоянном значении $X_1 = 0,75$ (основной уровень).

При $X_2 = 10$ для сосны

$$Y = 0,4505 + 0,0745 = 0,525$$

при $X_2 = 20$ для сосны

$$Y = 0,4505$$

При $X_2 = 30$ для сосны

$$Y = 0,4505 - 0,0745 = 0,376.$$

Как следует из этих данных, увеличение количества ПВАД в смоле от 10 до 30 % для сосны также приводит к снижению выходного параметра.

Выводы

1. При склеивании ламели дуба с основой из ДСтП рациональное соотношение компонентов

клея следующее. Содержание отвердителя (хлористого аммония) в смоле КФ-Ж необходимо поддерживать на уровне 1,0 %, а ПВАД – на уровне 10 % от массы жидкой смолы (66 %-й концентрации). При этих значениях компонентов клея получаем максимальные значения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти образцов как для дуба (0,540 МПа), так и для сосны (0,550 МПа) (в табл. 1 это опыты № 3).

2. Анализ характера разрушения паркетных досок показывает следующее. Несмотря на то что в опытах 3 (табл. 1) получена максимальная прочность при растяжении перпендикулярно пласти образцов (при указанном в п. 1 содержании компонентов клея), все же даже эти доски пола с ламелью из дуба могут издавать скрип, поскольку разрушение образцов происходило по ДСтП. Доски же с ламелью сосны могут издавать скрип, и может происходить и отслаивание ламели от поверхности ДСтП (с необходимостью последующей замены ламели), поскольку характер разрушения образцов наблюдается смешанный.

Библиографический список

1. Разиньков, Е. М. Снижение токсичности древесных плит и клееных материалов [Текст] : моногр. / Е. М. Разиньков, Т. Л. Ищенко. – Palmarium Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2013.
2. Разиньков, Е. М. Промышленное производство малотоксичных древесностружечных плит [Текст] / Е. М. Разиньков // Природопользование: ресурсы, техническое обеспечение : сб. науч. тр. – Воронеж, 2009. – Вып. 4. – С. 121-128.
3. ГОСТ 10632-2014. Плиты древесно-стружечные. Технические условия. Межгосударственный стандарт [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://docs.cntd.ru/document/1200110850>.
4. ГОСТ 158670-79. Метод определения прочности клеевого соединения на неравномерный отрыв облицовочных материалов [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://www.vashdom.ru/gost/15867-79/>.
5. ГОСТ 10636-90. Плиты древесностружечные. Метод определения предела прочности при растяжении перпендикулярно пласти плиты [Электронный ресурс]. – Режим доступа: <http://internet-law.ru/gosts/gost/28297/>.
6. Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams / W. Q. Liu [et al.] // Modern bamboo structures: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA, 2008. – P. 159-169.
7. Kol, H. S. Laminated veneer lumber from Rowan (*Sorbusaucuparia Lipsky*) / H. S. Kol, H. Keskin, S. Korkut, T. Akbulut // African journal of agricultural research. – Oct. 2009. – P. 1101-1105.
8. Справочник мебельщика [Текст] : учеб. пособие / Б. И. Артаонов [и др.]. – М., 2005. – 600 с.

References

1. Razinkov E. M., Ishchenko T. L. *Snizhenie toksichnosti drevesnyh плит i kleenyh materialov* [Decrease in toxicity of wood-based panels and glued materials] Palmarium Academic Publishing, Saarbrucken, Germany, 2013.
2. Razinkov E. M. *Proмышlennoe proizvodstvo malotoksichnyh drevesnostruzhechnyh плит* [Commercial production of low-toxic wood chipboards] *Prirodopol'zovanie: resursy, tehicheskoe obespechenie* [Environmental

management: resources, technical providing]. Voronezh, 2009, issue 4, pp. 121-128.

3. *GOST 10632-2014. Plity drevesno-struzhechnye. Tehnicheskie uslovija. Mezhhgosudarstvennyj standart* [GOST 10632-2014. Plates are wood-shaving. Specifications. Interstate standard] Available at: <http://docs.cntd.ru/document/1200110850> (In Russian)

4. *GOST 158670-79. Metod opredelenija prochnosti kleevogo soedinenija na neravnomernyj otrыв oblicovochnyh materialov* [GOST 158670-79. Method of determination of durability of glue connection on uneven separation of cladding materials] Available at: <http://www.vashdom.ru/gost/15867-79/>. (In Russian)

5. *GOST 10636-90. Plity drevesnostruzhechnye. Metod opredelenija predela prochnosti pri rastjazhenii perpendikuljarno plasti plity* [GOST 10636-90. Wood chipboards. Method of determination of ultimate strength at stretching perpendicular to plate face] Available at: <http://internet-law.ru/gosts/gost/28297/>. (in Russian)

6. Liu W. Q. [et al.] Experimental study on flexural behavior of glulam and laminated veneer lumber beams Modern bamboo structures: 1st International Conference on Modern Bamboo Structures Location: Hunan Univ, Changsha, PEOPLES R CHINA Date: OCT 28-30, 2007, 2008, pp. 159-169.

7. Kol H. S., Keskin H., Korkut S., Akbulut, T. Laminated veneer lumber from Rowan (*Sorbusaucuparia Lipsky*). *African journal of agricultural research*. Oct. 2009, pp. 1101-1105.

8. Artamonov B. I. [et al.] *Spravochnik mebel'shchika* [Reference book of the furniture maker] Moscow, 2005, 600 p. (In Russian)

Сведения об авторе

Разиньков Егор Михайлович – заведующий кафедрой механической технологии древесины ФГБОУ ВО «Воронежский государственный лесотехнический университет им. Г.Ф. Морозова», доктор технических наук, профессор, г. Воронеж, Российская Федерация; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.

Information about authors

Razinkov Egor Mikhailovich – Head of the department of mechanical technology of wood, FSBEI HE «Voronezh State University of Forestry and Technologies named after G.F. Morozov», DSc (Engineering), Professor, Voronezh, Russian Federation; e-mail: mtd.vrn@mail.ru.