

А.Н. Чубинский, И.В. Коваленко, Д.С. Русаков, Г.С. Варанкина

ОБОСНОВАНИЕ РЕЖИМОВ СКЛЕИВАНИЯ ОСИНОВОГО ШПОНА

Введение. Известно, что качество формирования клеевых соединений древесины при склеивании шпона зависит от многих факторов, основными из которых являются плотность и влажность древесины, ее поверхностные свойства, вид клея и его характеристики, режимы склеивания [Чубинский, 2007; Варанкина, 2014; Коваленко, 2016].

Известно также, что фанера, склеенная из осинового шпона по применяемым на практике режимам, характеризуется меньшей прочностью, по сравнению с березовой фанерой. Исследования, выполненные в разное время в лабораториях НИИ и вузов, показали, что повышение прочности осинового фанеры можно достичь путем предварительного уплотнения шпона [Чубинский, 2003; Царева, 2012; Евстигнеева, 2014].

Выполненные нами исследования по изготовлению осинового огнестойких фанерных плит доказали возможность достижения требуемой прочности клеевых соединений без предварительного уплотнения шпона [Чубинский, 2001; Онегин, 2002, 2003].

Известно, что прочность склеивания древесины и прочность фанеры возрастает с увеличением давления прессования [Чубинский, 2007], однако приводит к увеличению остаточной деформации и вероятности возникновения «пузырей» в склеиваемом пакете шпона. Вот почему обоснование давления прессования и расхода модифицированного клея для склеивания шпона на основе свойств и строения древесины осины является актуальной задачей.

Методика исследования. Для проведения исследования использовали осиновый и березовый шпон толщиной 1,5; 1,55; 1,8; 2,2 и 3 мм, влажностью 5–10%, который склеивали карбамидоформальдегидным клеем КФ-МТ-15, модифицированным лигносульфонатами (КФ-МТ-15м), и фенолоформальдегидным клеем СФЖ-3014. Режимы склеивания фанеры приведены в табл. 1.

Исследовали влияние давления прессования и количества лигносульфонатов в клее на прочность фанеры при скалывании по клеевому слою по стандартной методике, а также влияние давления прессования на деформации пакета шпона и избыточное давление парогазовой смеси в пакете шпона в процессе склеивания по методикам [Чубинский, 2003].

Таблица 1

Режимы склеивания фанеры

Схема набора пакета	Клей	Расход клея, г/м ²	Давление прессования, МПа	Температура плит пресса, °С	Время склеивания, мин
1,55×3	КФ-МТ-15	100–110	1,6	110–115	3,0
			1,8	110–115	3,0
			2,0	110–115	3,0
2,2×3	КФ-МТ-15	110–120	1,6	110–115	6,5
			1,8	110–115	6,5
			2,0	110–115	6,5
3×7	СФЖ-3014	130–140	2,0	115–120	15,0
1,5×2 (береза) + 1,5×5	СФЖ- 3014	120–130	2,0	120–125	9,0
1,15×4 +1,8 (береза)	КФ-МТ-15м	100–110	1,6	120–130	6,0

Методическая сетка экспериментальных исследований представлена в табл. 2.

Результаты исследования. Анализ строения древесины осины и березы показывает их существенные различия, влияющие на прочность фанеры. У древесины осины волокон либриформа меньше, чем у березы, более чем на 20%, а сосудов в 2 раза больше. Диаметр и толщина стенок волокон либриформа у осины меньше, по сравнению с древесиной березы. Длина полостей сосудов у осины составляет в среднем 520,5 мкм, а ширина – 32,5 мкм. Эти отличия обуславливают меньшую плотность древесины осины и большую поверхность листа шпона, на которую нанесен клей. Клеевой слой на осиновом шпоне тоньше, чем на березовом, при одинаковом расходе клея. Вследствие низкой плотности осиновый шпон уплотняется значительно больше березового (табл. 3, рис. 1) при действии одинакового усилия.

На рис. 1 видно, что с увеличением давления прессования с 1,6 до 2 МПа остаточная деформация пакета осинового шпона существенно повышается, а плотность осиновой фанеры достигает 530 кг/м³.

Таблица 2

Методическая сетка экспериментальных исследований

Исследуемый параметр	Постоянные факторы		Переменные факторы		Общее количество наблюдений
	Наименование	Значение	Наименование	Значение	
Деформации пакета шпона	Порода древесины	Осина	Давление прессования, МПа	1,6 1,8 2,0	240
	Влажность шпона, %	8±3			
	Толщина шпона, мм	2,2			
	Клей	КФ-МТ-15			
Избыточное давление парагазовой смеси, МПа	Порода древесины	Осина	Давление прессования, МПа	1,6 1,8 2,0	240
	Толщина шпона, мм	2,2			
	Влажность шпона, %	8±3			
	Клей	КФ-МТ-15			
Прочность фанеры при скалывании по клеевому слою, МПа	Порода древесины	Осина	Давление прессования, МПа	1,6 1,8 2,0	60
	Толщина шпона, мм	2,2			
	Влажность шпона, %	8±3			
	Клей	КФ-МТ-15			
Прочность фанеры при скалывании по клеевому слою, МПа	Порода древесины	Осина	Количество лигносульфонатов в клее, м.ч.	5,0 10 15	60
	Толщина шпона, мм	2,2			
	Влажность шпона, %	8±3			
	Клей	КФ-МТ-15м			
	Расход клея, г/м ²	110			

Таблица 3

Зависимость деформации осинового шпона от давления прессования

Набор толщин шпона, мм	Давление прессования, МПа	Полная деформация, %	Остаточная деформация, %	Восстановившаяся деформация, %
1,55×3	1,6	28,3	12,1	16,2
1,55×3	1,8	35,9	14,6	21,3
1,55×3	2,0	44,7	17,8	26,9
2,2×3	1,6	26,6	11,7	14,9
2,2×3	1,8	34,7	14,0	20,7
2,2×3	2,0	43,1	16,3	26,8

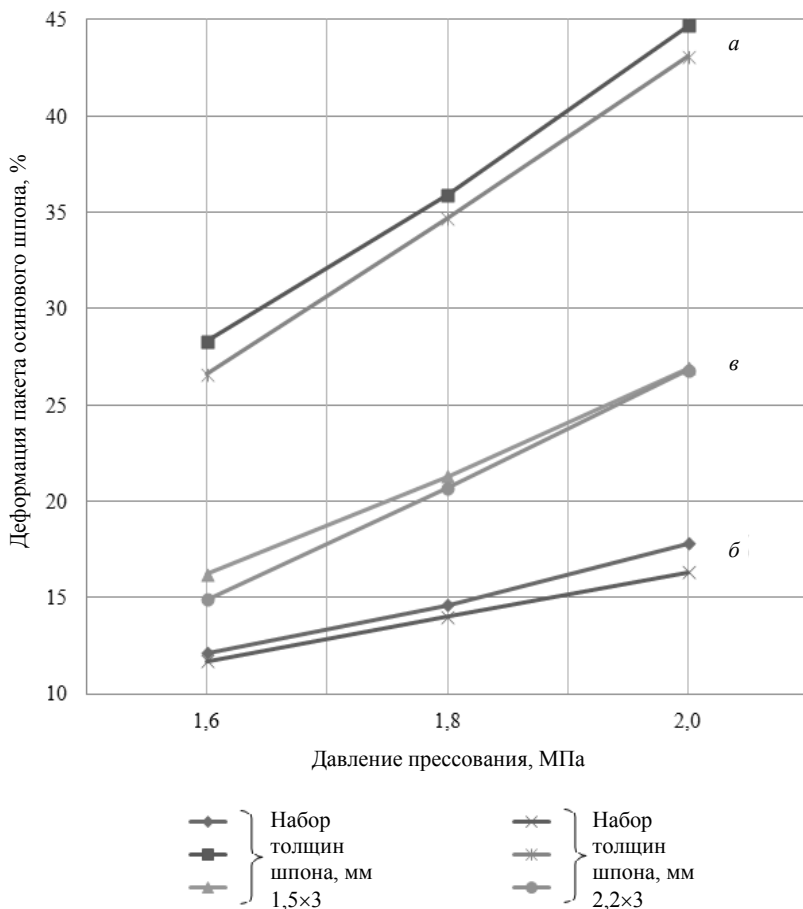


Рис. 1. Зависимость деформации пакета осинового шпона от давления прессования: а – полная, б – остаточная, в – восстановившаяся

С увеличением давления прессования растет и прочность фанеры (рис. 2).

Известно, что увеличение давления прессования приводит к росту давления парагазовой смеси в склеиваемом пакете шпона (табл. 4). Значение избыточного давления рассчитывали по формуле (1) [Чубинский, 2007]:

$$\Delta p = (p_{\text{пр}} - p_0) = p_w(T_w) + p_0(\varphi - 1), \quad (1)$$

где $p_{\text{пр}}$ – давление парагазовой смеси в склеиваемом материале; p_0 – атмосферное давление; p_w – парциальное давление водяного пара при температуре T_w ; φ – коэффициент, зависящий от температуры плит пресса, плотности древесины, упрессовки пакета и влажности шпона.

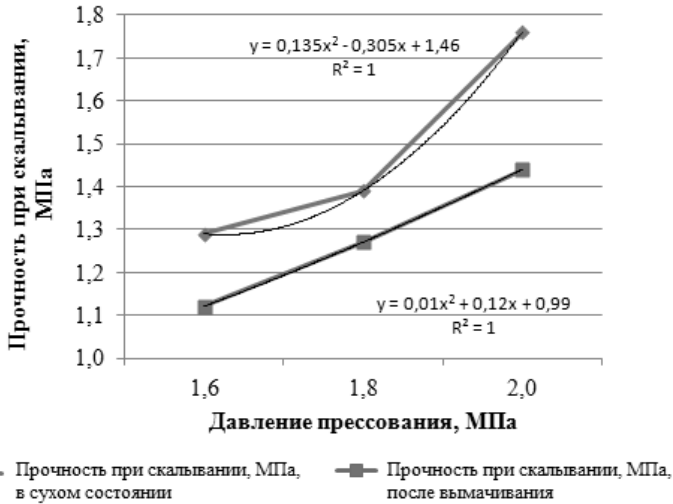


Рис. 2. Зависимость прочности осинового фанеры от давления прессования

Таблица 4

Зависимость давления парогазовой смеси в пакете осинового шпона от температуры плит пресса и полной деформации пакета шпона

Температура, °С	Полная деформация, %	Давление парогазовой смеси, МПа*	Давление парогазовой смеси, МПа**
110	20	0,243	0,189
120	20	0,305	0,266
130	20	0,382	0,315
130	30	0,463	0,360
130	40	0,644	0,412

* При традиционном режиме давления прессования.

** При снижении давления по закону релаксирующих напряжений [Чубинский, 2007].

Изменение давления в процессе прессования по закону релаксирующих напряжений описывается уравнением (2):

$$p(t) = E_0 \varepsilon_{\text{тр}} \left[1 - \int_0^t T(t) dt \right] = E_0 \varepsilon_{\text{тр}} e^{-\alpha(t-t_k)} = P_0 e^{-\alpha(t-t_k)}, \quad (2)$$

где $p(t)$, $\sigma(t)$ – соответственно давление и напряжение в момент времени t ; $T(t)$ – функция влияния; $\varepsilon_{\text{тр}}$ – деформация пакета шпона, необходимая для

достижения требуемого контакта склеиваемых поверхностей; α – параметр функции влияния; t_k – время стабилизации реологических свойств нагретого пакета.

Снижение давления по закону релаксирующих напряжений позволяет уменьшить давление парогазовой смеси в пакете шпона, уменьшает вероятность разрушения клеевого соединения при снятии внешнего усилия.

Одним из эффективных способов повышения прочности клеевого соединения является применение лигносульфонатов в качестве модификатора для синтетических смол.

Проведенные ранее исследования [Варанкина, 2016; Русаков, 2016] показали наличие изменений в структуре клеевой композиции на основе карбамидоформальдегидной смолы с использованием лигносульфонатов. Эти изменения проявились в областях спектра 2360 см^{-1} и $3640\text{--}3710 \text{ см}^{-1}$. Так, в области спектра $3640\text{--}3710 \text{ см}^{-1}$ происходило смещение максимума в область более высоких частот. Такое изменение в спектре происходит в результате упрочнения связи между молекулами связующего, так как считается, что смещение максимума до 15 см^{-1} соответствует увеличению энергии связи молекул связующего на $1,86 \cdot 10^3 \text{ Дж/моль}$. Кроме смещения в области $3640\text{--}3710 \text{ см}^{-1}$, характерного для валентных колебаний ОН-групп, происходило уменьшение интенсивности полосы и изменение контура – полоса увеличивалась в областях 2840 и 2970 см^{-1} . Спектральный анализ показывает, что в результате введения предлагаемых модификаторов ускоряется перераспределение валентных колебаний ОН-связей с разрывом межмолекулярных и увеличением внутримолекулярных связей, которым отвечает новый максимум в этой области спектра. Спектральный анализ подтвердил, что лигносульфонат является реакционноспособным веществом, способным повышать прочность клеевого соединения.

Для обоснования режимов склеивания и увеличения прочности готовой продукции проведен многофакторный эксперимент по склеиванию фанеры с использованием осинового шпона. Склеивание проводили в условиях фанерного производства в соответствии с принятым на предприятии технологическим регламентом. Склеенную фанеру испытывали на прочность при скальвании по клеевому слою ($\sigma^{\text{скал}}$).

В результате математико-статистической обработки экспериментальных данных получено уравнение регрессии (3):

$$\sigma^{\text{скал}} = 0,848 + 0,021 n + 0,129 P, \quad (3)$$

при $5 \text{ мас.ч} \leq n \leq 15 \text{ мас.ч.}$; $1,6 \text{ МПа} \leq P \leq 2,0 \text{ МПа}$,

где $\sigma^{\text{скал}}$ – предел прочности фанеры при скальвании, МПа; n – содержание лигносульфонатов в смоле, мас.ч.; P – давление прессования, МПа.

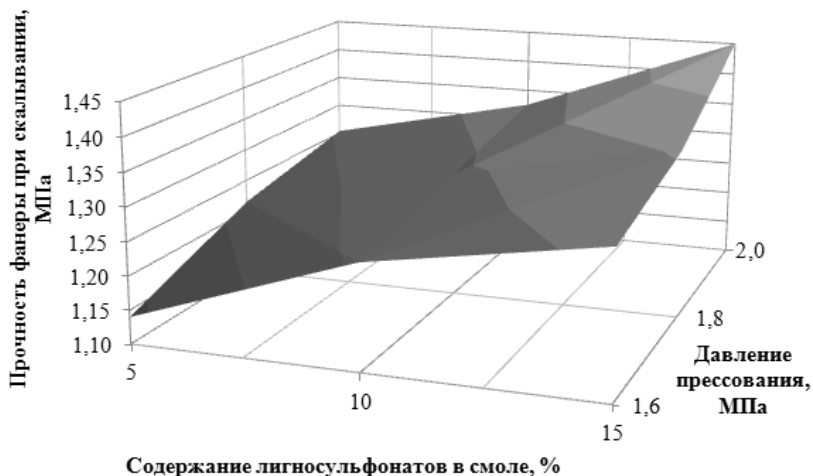


Рис. 3. Зависимость прочности фанеры при скалывании от содержания лигносульфонатов в клее и давления прессования

Зависимость прочности при скалывании от давления прессования представлена на рис. 3.

Полученные уравнения регрессии, связывающие прочность клеевого соединения с влияющими факторами, позволяют определить рациональные режимы склеивания шпона модифицированным лигносульфонатом клеем на основе смолы КФ-МТ-15.

На рис. 3 видно, что увеличение количества лигносульфонатов в модифицированном клее ведет к повышению прочности клеевого соединения.

Выводы.

1. Строение древесины осины и березы имеет существенные различия, влияющие на прочность фанеры. Так, вследствие низкой плотности осиновый шпон уплотняется значительно больше березового при действии одинакового усилия.

2. Снижение давления прессования по закону релаксирующих напряжений позволяет уменьшить давление парогазовой смеси в пакете шпона и уменьшает вероятность разрушения клеевого соединения при снятии внешнего усилия.

3. Технические лигносульфонаты, благодаря своим клеящим и поверхностно активным свойствам, повышают прочность клеевого со-

единения путем улучшения смачиваемости и образования новых углерод-углеродных связей, макромолекулы лигносульфонатов встраиваются в молекулу полимера карбамидоформальдегидной смолы, образуя пространственно-разветвленную структуру.

Библиографический список

Варанкина Г.С., Русаков Д.С. Снижение токсичности древесных клееных материалов на основе модифицированных лигносульфонатами карбамидоформальдегидных смол // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 3(31).

Варанкина Г.С., Чубинский А.Н. Формирование низкотоксичных клееных древесных материалов. СПб.: Химиздат, 2014. 148 с.

Евстигнеева Л.А., Денисов С.В. Использование древесины осины в технологии производства комбинированной фанеры // Вестник КрасГАУ. 2014. № 2. С. 182–187.

Коваленко И.В., Чубинский М.А., Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Поверхностные свойства и строение древесины осины // Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2016. Вып. 217.

Онегин В.И., Чубинский А.Н. Разработка технологии изготовления фанеры и клееного щита из древесины осины // Записки горного института. 2003. Т. 154. С. 211–212.

Онегин В.И., Чубинский А.Н., Сосна Л.М., Кандакова И.В., Коваленко И.В. Особенности свойств осинового шпона и технологии его склеивания // Деревообрабатывающая промышленность. 2002. № 3. С. 10–12.

Русаков Д.С. Модификация фенолоформальдегидной смолы продуктами сульфитно-целлюлозного производства // Системы. Методы. Технологии. 2016. № 1(29). С. 113–119.

Чубинский А.Н., Волков А.В., Сосна Л.М., Кандакова Е.Н., Коваленко И.В. Фанера из осины: особенности технологии и свойств // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств : межвуз. сб. науч. тр. СПб.: СПбЛТА, 2001. С. 62–65.

Чубинский А.Н., Герасюта С.М., Коваленко И.В. Эффективный размер проводящих полостей древесины с учетом ее фрактальной структуры // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: межвуз. сб. науч. тр. СПб.: СПбЛТА, 2003. С. 47–52.

Чубинский А.Н., Майорова Т.А. Деформации древесины при склеивании фанеры // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств : межвуз. сб. науч. тр. СПб.: СПбЛТА, 2003. С. 36–40.

Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов. СПб.: Изд. дом Герда, 2007. 176 с.

Царева Т.С., Левинский Ю.Б. Влияние дополнительной обработки шпона на качество комбинированной строительной фанеры // Системы. Методы. Технологии. 2012. № 3. С. 92–96.

Bibliography

Varankina G.S., Rusakov D.S. Snizhenie toksichnosti drevesnykh kleennykh materialov na osnove modifitsirovannykh lignosul'fonatami karbamidoformal'degidnykh smol. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2016. № 3(31). (Rus)

Varankina G.S., Chubinskii A.N. Formirovanie nizkotoksichnykh kleennykh drevesnykh materialov. SPb.: Khimizdat, 2014. 148 s. (Rus)

Evstigneeva L.A., Denisov S.V. Ispol'zovanie drevesiny osiny v tekhnologii proizvodstva kombinirovannoi fanery. *Vestnik KrasGAU*. 2014. № 2. S. 182–187. (Rus)

Kovalenko I.V., Chubinskii M.A., Rusakov D.S., Varankina G.S. Poverkhnostnye svoystva i stroenie drevesiny osiny. *Izvestiia Sankt-Peterburgskoi lesotekhnicheskoi akademii*. 2016. Vyp. 217. (Rus)

Onegin V.I., Chubinskii A.N. Razrabotka tekhnologii izgotovleniia fanery i kleenogo shchita iz drevesiny osiny. *Zapiski gornogo instituta*. 2003. T. 154. S. 211–212. (Rus)

Onegin V.I., Chubinskii A.N., Sosna L.M., Kandakova I.V., Kovalenko I.V. Osobennosti svoystv osinovogo shpona i tekhnologii ego skleivaniia. *Derevoobrabatyvaiushchaia promyshlennost'*. 2002. № 3. S. 10–12. (Rus)

Rusakov D.S. Modifikatsiia fenoloformal'degidnoi smoly produktami sull'fitnotselliuloznogo proizvodstva. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2016. № 1(29). S. 113–119. (Rus)

Chubinskii A.N., Volkov A.V., Sosna L.M., Kandakova E.N., Kovalenko I.V. Fanera iz osiny: osobennosti tekhnologii i svoystv. *Tekhnologiia i oborudovanie derevoobrabatyvaiushchikh proizvodstv : mezhvuz. sb. nauch. tr.* SPb.: SPbLTA, 2001. S. 62–65. (Rus)

Chubinskii A.N., Gerasiuta S.M., Kovalenko I.V. Effektivnyi razmer provodiashchikh polosteĭ drevesiny s uchetom ee fraktal'noi struktury. *Tekhnologiia i oborudovanie derevoobrabatyvaiushchikh proizvodstv : mezhvuz. sb. nauch. tr.* SPb.: SPbGLTA, 2003. S. 47–52. (Rus)

Chubinskii A.N., Matorova T.A. Deformatsii drevesiny pri skleivaniĭ fanery. *Tekhnologiia i oborudovanie derevoobrabatyvaiushchikh proizvodstv : mezhvuz. sb. nauch. tr.* SPb.: SPbLTA, 2003. S. 36–40. (Rus)

Chubinskii A.N., Sergeevichev V.V. Modelirovanie protsessov skleivaniia drevesnykh materialov. SPb.: Izd. dom Gerda, 2007. 176 s. (Rus)

Tsareva T.S., Levinskii Iu.B. Vliianie dopolnitel'noi obrabotki shpona na kachestvo kombinirovannoi stroitel'noi fanery. *Sistemy. Metody. Tekhnologii*. 2012. № 3. S. 92–96. (Rus)

Материал поступил в редакцию 04.10.2016 г.

Чубинский А.Н., Коваленко И.В., Русаков Д.С., Варанкина Г.С. Обоснование режимов склеивания осинового шпона // *Известия Санкт-Петербургской лесотехнической академии. 2017. Вып. 218. С. 187–198. DOI: 10.21266/2079-4304.2017.218.187-198*

Качество формирования клеевых соединений древесины при склеивании шпона зависит от многих факторов, основными из которых являются плотность и влажность древесины, ее поверхностные свойства, вид клея и его характеристики, режимы склеивания. Фанера, склеенная из осинового шпона по применяемым на практике режимам, характеризуется меньшей прочностью, по сравнению с березовой фанерой. Применение древесины осины в промышленном производстве материалов и изделий ограничено из-за ее низких механических свойств, подверженности поражению коррозийно-деструктивной гнили, отсутствия должного обоснования технологии ее переработки. Невостребованная осина осложняет условия хозяйствования в лесу, ухудшает породный состав древостоев, препятствует восстановлению хвойных пород древесины. Прочность склеивания древесины и прочность фанеры возрастает с увеличением давления прессования, однако приводит к увеличению остаточной деформации и вероятности возникновения «пузырей» в склеиваемом пакете шпона. Поэтому обоснование давления прессования и расхода клея для склеивания шпона на основе свойств и строения древесины осины является актуальной задачей. Снижение давления по закону релаксирующих напряжений позволяет уменьшить давление парогазовой смеси в пакете шпона, уменьшает вероятность разрушения клеевого соединения при снятии внешнего усилия. Одним из эффективных способов повышения прочности клеевого соединения является применение лигносульфонатов в качестве модификатора для синтетических смол.

Ключевые слова: осиновый шпон, давление прессования, деформация шпона, модификация, лигносульфонаты, режим склеивания, прочность склеивания.

Chubinskiy A.N., Kovalenko I.V., Rusakov D.S., Varankina G.S. Ground of the modes of agglutination of aspen lead of. *Izvestia Sankt-Peterburgskoj Lesotehnikeskoj Akademii*, 2017, is. 218, pp. 187–198 (in Russian with English summary). DOI: 10.21266/2079-4304.2017.218.187-198

The quality of the formation of adhesive joints when gluing wood veneers depends on many factors, the main ones are the density and moisture content of wood, its surface properties, type of adhesive and its characteristics, bonding modes. Plywood glued veneers of aspen on applied practice modes, characterized by lower strength in comparison with birch plywood. The use of aspen wood in manufacturing of materials and products is limited due to its low mechanical properties, corrosion susceptibility destructive lesion decay, its lack of proper justification processing technology.

Unclaimed aspen difficult economic conditions in the forest, degrades the species composition of forest stands and prevents restoration of softwood. The adhesion of wood and plywood strength increases with increasing compaction pressure, however, leads to an increase in permanent deformation, and the likelihood of «bubbles» in the package are glued veneer. That is why the support of the pressing and glue flow pressure for bonding the veneer on the basis of structure and properties of aspen wood is an urgent task. Reducing pressure legally relaxing stress to reduce the pressure of the gas mixture in the veneer package, reduces the probability of failure of the adhesive joint when removing the external force. One effective way of increasing the bonding strength is the use of lignosulfonate as a modifier for synthetic resins.

Keywords: aspen veneer, pressing pressure, veneer deformation, modification, lignosulfonates, bonding modes, the bonding strength.

ЧУБИНСКИЙ Анатолий Николаевич – заведующий кафедрой технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук, профессор.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: a.n.chubinsky@gmail.com

CHUBINSKY Anatoly N. – DSc (Technical), Professor, Head of the department of materials technology, designs and constructions of wood, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutskii per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: a.n.chubinsky@gmail.com

КОВАЛЕНКО Ирина Вячеславовна – ст. преподаватель кафедры технологии деревообрабатывающих производств Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: tdp@spbftu.ru

KOVALENKO Irina V. – Art. Lecturer, department of woodworking technology, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021. Institutskii per. 5. St. Petersburg. Russia. E-mail: tdp@spbftu.ru

РУСАКОВ Дмитрий Сергеевич – доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, кандидат технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: dima-ru25@mail.ru

RUSAKOV Dmitry S. – PhD (Technical), associate professor of the department of materials technology, designs and constructions of wood, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021, Institutskii per. 5, St. Petersburg, Russia. E-mail: dima-ru25@mail.ru

ВАРАНКИНА Галина Степановна – доцент кафедры технологии материалов, конструкций и сооружений из древесины Санкт-Петербургского государственного лесотехнического университета имени С.М. Кирова, доктор технических наук.

194021, Институтский пер., д. 5, Санкт-Петербург, Россия. E-mail: varagalina@yandex.ru

VARANKINA Galina S. – DSc (Technical), associate professor of the department of materials technology, designs and constructions of wood, St.Petersburg State Forest Technical University.

194021, Institutskii per. 5, St. Petersburg, Russia. E-mail: varagalina@yandex.ru