

УДК 674.093:634.0.81

Влияние дополнительной обработки шпона на качество комбинированной строительной фанеры

Т.С. Царёва¹, Ю.Б. Левинский¹¹Уральский государственный лесотехнический университет, ул. Сибирский тракт 37, Екатеринбург, Россия

E-mail: tsts87@rambler.ru

Статья поступила 12.01.2012, принята 15.08.2012

Строительная фанера (СФ является наиболее перспективным товарным продуктом деревообрабатывающей промышленности в связи с бурным развитием строительной индустрии, производства стеновых панелей и конструкций различного назначения. Производственная проблема СФ состоит, прежде всего, в получении прочного клеевого соединения между листами шпона. В технологии склеивания древесины встречаются серьёзные упущения. Их устранению может способствовать исследование по проблемам оптимизации подбора и подготовки сырья, применения новых материалов и теоретического изучения свойств древесины. В этой связи нами поставлена комплексная задача – обеспечить повышение качества СФ по совокупности важнейших параметров и оценок, включая технологическую подготовку материалов, совершенствование процесса склеивания с помощью модификации шпона и использования специальных упрочняющих продуктов.

Ключевые слова: фанера, модификация шпона, уплотнение шпона, резиновая композиция.

Influence of additional veneer processing on the quality of combined construction plywood

T.S. Tsareva¹, Yu.B. Levinsky¹¹Ural State Forestry University, 37 Sibirsky trakt, Yekaterinburg, Russia. E-mail: tsts87@rambler.ru

The article received 12.01.2012, accepted 15.08.2012

Due to the rapid development of building industry, wall panels and various structures production, construction plywood (CP) is considered to be the most promising commercial product of the woodworking industry. The CP production issue consists, above all, in obtaining a durable adhesive bonding between the sheets of veneer. Serious omissions are found in the wood bonding technology. The optimization study of the raw material selection and preparation, the use of modern materials and the wood properties theoretical study can contribute to their elimination. In this regard, we have set a complex task - to ensure the CP quality improvement on the basis of combining the most important parameters and estimates, including technological material preparation, improvement of the bonding process based on veneer modification and special strengthening products application.

Keywords: plywood, veneer modification, veneer packing, rubber composition.

Лущеный шпон по микроструктуре своей поверхности является достаточно сложным материалом для склеивания. Во-первых, значительная шероховатость затрудняет нанесение клея на поверхность и формирование тонкого сплошного клеевого слоя одинаковой толщины по всей площади контакта. Во-вторых, в силу специфики процесса резания при лущении сырья на одной из сторон шпона появляется много глубоких микротрещин из-за разрушения самой древесины.

Вследствие этих факторов и проявлений в структуре древесины по-разному формируется пространственная область контакта соединяемых поверхностей. От укладки листов шпона в пакеты для склеивания во многом зависят характер контактирования листов шпона, релаксационные процессы в клееном материале и прочность фанеры (рис. 1).

Проблему высокой шероховатости при склеивании комбинированной строительной фанеры можно решить, если заполнить трещины каким-либо гермети-

ком, обладающим клеящим эффектом. Одним из вариантов может быть обработка поверхности древесины резиносодержащими композициями (рис. 1 с), то есть высокоэластичным продуктом из группы каучуков. При этом обеспечивается значительное повышение некоторых показателей прочности фанеры, а также изменяются ее механические характеристики. Такой продукт обладает очень значимыми эксплуатационными преимуществами: повышенной водо- и атмосферостойкостью, шумо- и вибропоглощением, длительной динамической устойчивостью при различных нагрузках и воздействиях.

Многие ученые, исследовавшие процессы склеивания шпона, приходили к одному выводу, а именно: пористость и нарушение целостности структуры склеиваемого материала оказывают значительное влияние на прочность клеевых соединений [1, 2, 4]. А.Н. Чубинский показал [1], как в образовании адгезионных связей участвуют полярные группы целлюлозы и ее производных.

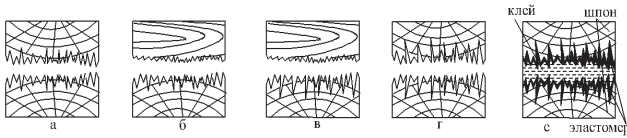


Рис. 1. Контактное взаимодействие листов шпона при склеивании: а, б – контакт поверхностей при однонаправленной и взаимоперпендикулярной укладке листов шпона в пакете; в, г – то же при наличии глубоких микротрещин в шпоне; е – модифицированное клеевое соединение.

Следовательно, чем толще срезы стенок клеток, тем больше полярных групп в единице площади клеевого соединения взаимодействует с полярными группами

клея. Применение фенолформальдегидных смол также подтверждает, что прочность клеевых соединений древесины разных пород зависит от пористости субстрата и описывается соотношением:

$$\sigma = 31,6-34,2\P, \quad (1)$$

где σ – предел прочности при скалывании по клеевому слою, МПа, Π – пористость, доли условных пустот в структуре древесины.

Полученный А.Н. Чубинским расчетный эффективный размер проводящей полости древесины находится в диапазоне от 24 до 43 мкм (таблица 1).

Таблица 1

Размер полостей в древесине

Порода древесины	Наименование показателя	Значение показателя	
		Среднее значение	Среднеквадратичное отклонение
Береза	Ширина полости (диаметр внутренней полости сосудов и волокон либриформа)	0,0276	0,0083
Сосна	Ширина полости (диаметр внутренней полости сосудов и волокон трахеиды)	0,0373	0,0069
Осина	Ширина полости (диаметр внутренней полости сосудов и волокон либриформа)	0,0325	0,0031

Проведенные Ю.И. Ветошкиным исследования показали [2], что контакт двух поверхностей, к которым относятся поверхности лущеного шпона, характеризуются соотношением между объемом материала и объемом воздушного зазора в стыке, т. е. величиной зазора в стыке (плотностью стыка). Плотность стыка определяется:

$$\Lambda = \frac{V_m}{V_m + V_3}, \quad (2)$$

где V_m – объем материала, V_3 – объем зазора.

При контакте шероховатой поверхности с гладкой поверхностью величина зазора равна:

$$\Lambda = \frac{V_{mo} \cdot V^{\varepsilon}}{(1-\varepsilon)A_c R_{\max}} = \frac{V_m}{(1-\varepsilon)A_c R_{\max}}, \quad (3)$$

где V_{mo} – начальный объем материала, V^{ε} – уменьшение объема материала, ε – относительное сближение, R_{\max} – максимальная высота неровностей, A_c – контурная площадь.

Уменьшения объема материала можно добиться за счет обработки поверхности либо прокаткой шпона через обжимные вальцы, либо насыщением древесины (имеющей сосудистое строение) текучим материалом, проникающим в поры. Ранее в работах была исследована и доказана возможность склеивания шпона хвойного и лиственного в одном пакете. При этом осинового шпона прокатывали через обжимные вальцы. Прокатывать осинового шпона лучше, т. к. древесина этой породы более пластична и податлива к прессующему воз-

действию без разрушения структуры. Уменьшение пустотного пространства способствует снижению проницаемости и, как следствие, уменьшению расхода жидких клеев, а также увеличению прочности фанеры на 15-20 %. Хвойный шпон уплотнять в проходных валковых установках нецелесообразно, т. к. дефектность в виде трещин и разрывов достигает 30 %. Поэтому хвойному шпону подходит обработка поверхности эластомером.

Целью настоящей работы является исследование оптимальных составов пакетов шпона с применением резиносодержащей композиции. В процессе эксперимента изменялись состав пакета, расход клея и эластомера. Качество склеивания оценивалось по величинам показателей прочности фанеры на скалывание, статический изгиб и по модулю упругости, полученным в ходе стандартных лабораторных испытаний экспериментальных образцов фанеры.

Пропитка древесины происходит при ее контакте с жидкой фазой эластомера и имеет целью изменение ее тиксотропных свойств, адгезионной эффективности поверхности шпона и эластичности клеевого соединения. Сам процесс представляет собой сложное физико-механическое взаимодействие двух разных по природе продуктов. Особенностью пропитки является наличие поверхностного натяжения.

Равнодействующая сила взаимодействия для молекул поверхностного слоя, в отличие от равнодействующей взаимодействия молекул объема, не равна нулю и направлена вглубь жидкости [3]. Следовательно, молекулы в поверхностной зоне материала имеют повышенную потенциальную энергию.

В нашем случае на границе соприкосновения резиносодержащей композиции со шпоном молекулы жидкости взаимодействуют со стенками сосудов сильнее, чем между собой.

Это смачивание характеризуется так называемым краевым углом смачивания. В данном случае он будет острым и выражается соотношением $\theta \leq \frac{\pi}{2}$.

Известно, что поверхностная энергия древесины несколько ниже, чем у фенолформальдегидных смол [1]. Угол смачивания у связующего в нормальных условиях может быть более 90° , что отрицательно влияет на смачиваемость древесины. Исследование связи между поверхностным натяжением фенолформальдегидных смол и прочностью фанеры показало, что с увеличением свободной поверхностной энергии качество склеивания падает в результате ухудшения смачиваемости древесины связующим (рис. 2).

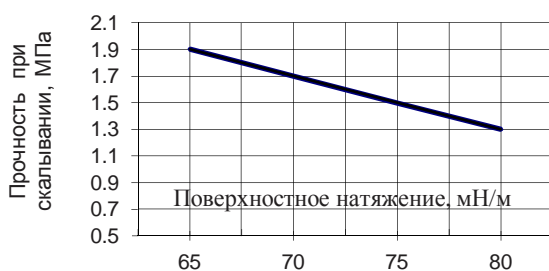


Рис. 2. Влияние поверхностного натяжения связующего на прочность клеевого соединения.

В нашем случае улучшение смачиваемости фенолформальдегидным клеем достигается путем обработки поверхности шпона резиновой композицией. Эластомерная дисперсия обуславливает низкую вязкость и, следовательно, высокую проникающую способность, а также хорошую смачиваемость поверхности. Интенсивное поглощение подложкой эластомера благоприятно влияет на когезионную прочность самого шпона.

По результатам проведенных экспериментов на различных комбинациях образцов выявлены наиболее эффективные и рациональные по своей комплектации пакеты. В опытах мы использовали семислойную фанеру, состоящую из нечетных слоев соснового шпона, модифицированного эластомером. В вариантах с комбинированной фанерой был применен в четных слоях пакета уплотненный осиновый шпон.

Уплотненная осина используется для увеличения прочности и удешевления фанеры, комбинации хвойного и лиственного уплотненного шпона с применением резиносодержащей композиции — для эластичного контакта, а, следовательно, устойчивого восприятия нагрузок на клеевое соединение. Кроме этого, следует ожидать удешевления фанеры за счет использования маловостребованной древесины осины, уменьшения расхода клея и повышения прочности склеивания.

Общие регистрируемые параметры состояния объекта приведены в таблице 2. Эластомер представляет собой сырую резину, растворенную в бензине в соотношении 1:4.

Таблица 2

Параметры состояния объекта исследования

Наименование материала	Показатели, характеристики, свойства	Единица измерения	Примерные показатели		
			сосновый	осиновый	осиновый уплотн.
Шпон лущеный	Высота неровностей шпона R_{max}	мкм	320	220	180
	Прочность на разрыв:	МПа	60,1	56,2	73,2
	– вдоль волокон σ_p^{\parallel}	МПа	0,68	0,54	0,76
	– поперек волокон $\sigma_p^{\#}$	%	20	–	20
Клей СФЖ3093	Норма расхода	г/м ²	160	130	110
Эластомер	Норма расхода	г/м ²	50	–	–
	Вязкость		75		
Технологические параметры	Температура плит	°С	110-115		
	1 ступень: Давление	МПа	8,4		
	Время выдержки	мин.	6		
	2 ступень: Давление	МПа	6		
	Время выдержки	мин.	4		
	3 ступень: Давление	МПа	2,5		
Время выдержки	мин.	2			

Для оценки влияния технологических факторов на прочностные показатели был проведен эксперимент, где изменялись несколько параметров (таблица 3).

После склеивания испытывали фанеру на прочностные характеристики (таблица 4).

Таблица 3

Регистрируемые параметры экспериментальных пакетов

Номер пакета	Состав пакета по породам древесины	Параметры строительной фанеры						
		Слойность	Толщина пакета, мм	Влажность, %	Степень уплотнения, %	Расход эластомера, гр/м ²	Расход клея, гр/м ²	Упрессовка, %
1	С-С-С-С-С	5	11,0	7,8	–	–	160	12,1
2	Ср-рСр-рСр-рСр-рС	5	11,5	8,2	–	50,5	160	20
3	С-О-С-О-С	5	9,6	7,9	–	–	160	11,2
4	Ср-О-рСр-О-рС	5	10,1	8,0	–	54,3	160	16,2
5	С-Оу-С-Оу-С	5	9,0	8,2	20,4	–	140	9,8
6	Ср-Оу-рСр-Оу-рС	5	9,3	8,1	19,6	52,1	130	14,4

ПРИМЕЧАНИЕ. С – сосна, Ср – сосна, пропитанная эластомером, О – осина, Оу – уплотненная осина.

Таблица 4

Результаты экспериментального исследования и испытания образцов

Номер пакета	Состав пакета	Предел прочности на скалывание, МПа		Предел прочности при статическом изгибе вдоль волокон, МПа	Модуль упругости, МПа
		разрушение по древесине			
		в %	в числовом выражении		
1	С-С-С-С-С	90	1,1	60	8000
2	Ср-рСр-рСр-рСр-рС	30	1,3	65	10582
3	С-О-С-О-С	70	0,9	56	8300
4	Ср-О-рСр-О-рС	60	1,2	78	8367
5	С-Оу-С-Оу-С	70	1,5	90	8578
6	Ср-Оу-рСр-Оу-рС	85	1,6	109	7900

1. На основании результатов, полученных в ходе исследований, была построена диаграмма зависимости прочностных характеристик от различных комбинаций пакетов (рис. 3, 4). На основании проведенных исследований можно сделать следующие выводы.

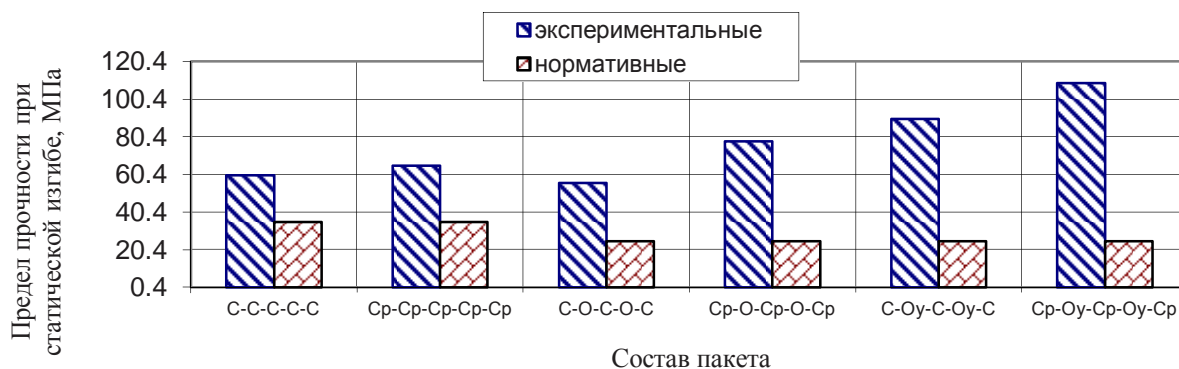


Рис.3-Зависимость прочности на статический изгиб от состава пакета.

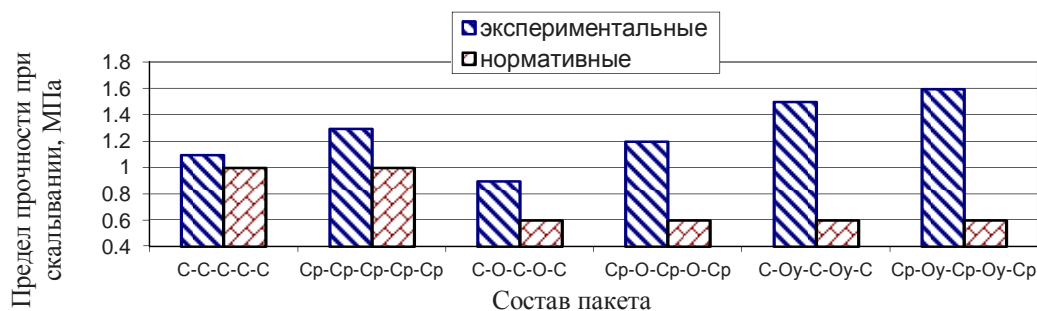


Рис. 4. Зависимость прочности при скалывании от состава пакета.

Замена в многослойных пакетах СФ определенной части шпона из древесины хвойных пород осиновым шпоном обеспечивает экономию хвойного сырья. Свойства древесины (набухание, прочность, проницаемость и др.) напрямую зависят от структуры древесины. Строение хвойной древесины обуславливает более высокую прочность и упругость по сравнению с древесинной лиственных пород при одной и той же плотности. В то же время, благодаря некоторой извилистости волокон, древесина лиственных пород обладает большей ударной вязкостью и повышенной прочностью при скалывании вдоль волокон.

2. Концентрация клеяющего вещества на внутренних стенках полости клеток и пор с образованием пустот внутри цилиндров клея значительно увеличивает прочность склеивания. Нет необходимости, чтобы клей проникал на большую глубину. Достаточно прочное клеяющее соединение получается при равномерном распределении клея в порах и волокнах либриформа вблизи клеевой пленки.

3. Уплотнение осинового шпона в вальцовой установке обеспечивает уменьшение пористости древесины и, как следствие, способствует снижению впитываемости жидких клеев с поверхности вглубь листов шпона, а также увеличению прочности фанеры на 15-20 %.

4. Обработка шпона эластомером обеспечивает повышенную гибкость (эластичность) фанеры, уменьшает воздухо- и влагопроницаемость клееного композита и увеличивает прочность склеивания шпона на 17-20 %.

Литература

1. Чубинский А.Н., Сергеевичев В.В. Моделирование процессов склеивания древесных материалов: моногр. СПб.: Герда, 2007. 172 с.
2. Ветошкин Ю.И., Яцун И.В., Чернышов О.Н. Конструкции и эксплуатационно-технологические особенности композиционных рентгенозащитных материалов на основе древесины. Екатеринбург: УГЛТУ, 2009. 148 с.
3. Харук Е.В. Проницаемость древесины некоторых хвойных пород. Красноярск: АН СССР, 1969. 91 с.
4. Лодж А. Эластичные жидкости / пер. с англ. Б.М. Берковский, З.П. Шульман. М., 1969. 464 с.

Referens

1. Chubinsky A.N., Sergeevichev V.V. Modeling of the processes of wood-based material gluing: monogr. SPb.: iz.dom Gerda, 2007.172 s.
2. Vetoshkin Yu. I., Yatsun I.V., Chernyshov O.N. Design and operational and technological characteristics of wood-based composite X-ray protection materials. Ekaterinburg: UGLTU, 2009. 148 s.
3. Kharuk E.V. Wood permeability of some conifer species. Krasnoyarsk: AN SSSR, 1969. 91s.
4. Lodzh A. Elastic fluids: per.s angl. B. M. Berkovsky, Z. P. Shul'man. M., 1969. 464 s.

УДК 624.131.524.2

Рациональное использование утепленных отмонок для уменьшения деформаций пучения малозаглубленных фундаментов

С.П. Холодов¹

¹Сибирский федеральный университет, пр-т Свободный 79, Красноярск, Россия. E-mail: holodov@mail.ru
Статья поступила 13.01.2012, принята 23.08.2012

Отмечено, что в климатических условиях средней части и юга Сибири (при большой глубине промерзания грунта) традиционные фундаменты на пучинистых грунтах (имеющие $d \geq d_f$) с давлением под подошвой меньше $1,4 \text{ кг/см}^2$ (кирпичные и деревянные здания высотой 1 – 3 этажа) неэкономичны. Несущая способность глубокого фундамента в этом случае используется не более, чем на 10 – 20 %. Анализируется возможность применения экономичных малозаглубленных ($d < d_f$) фундаментов (МЗФ) для этих климатических условий. На основании методики расчета деформаций пучения изложенной в ТСН МФ-97 МО установлена наибольшая глубина промерзания $d_{fn} = 1,84 \text{ м}$ при которой возможно применение МЗФ без использования дополнительных приемов снижения деформаций пучения грунта. Показано, что при глубине промерзания $d_{fn} > 1,84 \text{ м}$ деформации пучения основания больше предельно-допустимых $h_{fi} > S_{ii}$. Для снижения деформаций пучения МЗФ возможно