



## МЕХАНИЧЕСКАЯ ОБРАБОТКА ДРЕВЕСИНЫ И ДРЕВЕСИНОВЕДЕНИЕ

УДК 674.093.26

*А.Н. Чубинский, В.М. Щербаков*

Чубинский Анатолий Николаевич родился в 1948 г., окончил в 1972 г. Ленинградскую лесотехническую академию, доктор технических наук, профессор кафедры технологии деревообрабатывающих производств Санкт-Петербургской лесотехнической академии. Имеет около 200 научных трудов в области технологии склеивания древесины.



### ОБОСНОВАНИЕ КОНСТРУКЦИИ И ТЕХНОЛОГИИ ИЗГОТОВЛЕНИЯ ТРУДНОГОРЮЧИХ СТОЛЯРНЫХ ПЛИТ

На основе полученных экспериментальных данных разработаны рациональные конструкция и режим прессования трудногорючих столярных плит.

*Ключевые слова:* трудногорючие столярные плиты, конструкция пакета, технология, режим прессования.

Возрастающее с каждым годом число пожаров, приводящих к человеческим жертвам и причиняющих значительный материальный ущерб, вынуждает ужесточать требования к пожарной безопасности материалов, используемых в строительстве, вагоно- и судостроении. Известно, что к этим материалам предъявляют жесткие требования по огнестойкости и горючести. Эти требования ограничивают применение древесины и древесных материалов при строительстве вагонов и судов. В этой связи исследования по созданию трудногорючих древесных материалов являются актуальными как в России, так и за рубежом.

В настоящее время в строительстве, вагоно- и судостроении широко применяют трудногорючие фанерные плиты, изготовленные из шпона, пропитанного антипиренами. Вследствие пропитки плотность древесины увеличивается, так как в ее внутренние полости вводятся дополнительные вещества, которые способствуют увеличению массы плит. Плотность трудногорючих фанерных плит может достигать 850 ... 900 кг/м<sup>3</sup>.

Таким образом, проблема создания трудногорючего древесного материала, обладающего меньшей, чем трудногорючая фанера, плотностью, без значительного снижения прочностных и огнезащитных характеристик, является актуальной.

Один из путей решения данной проблемы – создание трудногорючей столярной плиты. По сравнению с фанерой она обладает меньшей плотностью при допустимом снижении прочностных показателей. Это особенно важно при использовании плит в качестве конструкционного материала в таких отраслях промышленности, как вагоно- и судостроение.

Площадь пласти столярной плиты значительно превышает площадь ее кромок и торцов, поэтому плась подвергается наибольшему воздействию огня. Следовательно, огнестойкость получаемого материала гораздо больше зависит от степени и качества пропитки наружных слоев, чем от пропитки внутреннего слоя. Кроме того, высокое содержание антипирена в делянках внутреннего слоя вызовет неоправданное увеличение трудозатрат, стоимости и плотности столярных плит.

Делянки среднего слоя столярной плиты изготавливали из древесины осины, так как ее плотность меньше, чем березовой [1]; она пропитывается лучше и качественней, чем еловая; существуют большие запасы невосстановленной осиновой древесины.

Известно, что при статическом изгибе максимальные нормальные напряжения приходятся на наружные слои плиты. Поэтому для наружных слоев используют березовый шпон.

При разработке трудногорючей столярной плиты необходимо определить следующее:

- рациональную структуру трудногорючей столярной плиты с позиции огнестойких и прочностных свойств;
- необходимую степень пропитки делянок среднего слоя;
- рациональный режим прессования плит.

Для разработки рациональной структуры плиты и степени пропитки делянок были определены: зависимость огнестойких свойств от числа листов шпона в наружных слоях плит [3]; влияние направления волокон древесины в шпоне и делянках среднего слоя относительно друг друга на прочность плиты при статическом изгибе [2]; зависимость полной и остаточной деформации, прочности при статическом изгибе и скалывании по клеевому слою между шпоном и средним слоем, плотности, огнестойких свойств от количества антипирена в делянках среднего слоя и давления прессования; кинетика нагрева клеевых слоев плит.

Структура столярной плиты характеризуется двумя параметрами: числом листов шпона в наружных слоях и направлением их волокон относительно друг друга и делянок.

Исследования, проведенные в работах [2, 3], позволили установить, что для изготовления трудногорючей столярной плиты целесообразно использовать пятислойную структуру, у которой направление волокон древесины в наружных листах шпона перпендикулярно волокнам во внутренних листах и в делянках. Данная схема сборки пакета пятислойной плиты позволяет получить достаточно высокую прочность при статическом изгибе как вдоль, так и поперек делянок. Кроме того, такая конструкция пакета, при условии достаточно точного изготовления делянок, позволяет исключить

операцию калибрования среднего щита перед склеиванием в столярную плиту. Свесы, возникающие из-за неточности изготовления делянок, будут компенсироваться внутренним слоем шпона, у которого направление волокон древесины совпадает с направлением волокон делянок.

Рациональное содержание антипирена в делянках среднего слоя определяли на основе однофакторных экспериментов (табл. 1).

Из результатов экспериментов видно, что прочность столярных плит при скалывании по клеевому слою между делянками среднего слоя и шпоном после кипячения в воде в течение 1 ч (в пределах варьирования переменных факторов) превышает требуемое значение по ТУ на трудногорючие фанерные плиты (1,0 МПа). Влияние содержания антипирена на прочность столярных плит при скалывании по клеевому слою слабо выражено. Оно проявляется только при давлении прессования 1,9 МПа. При использовании осины в качестве материала для среднего слоя столярных плит антипирен оказывает положительное влияние на качество склеивания. Он не дает связующему проникнуть глубоко в древесину делянок и нарушить монолитность клеевого слоя. Это позволяет предположить возможность склеивания трудногорючих столярных плит при пониженном расходе клея.

Испытания образцов на огнестойкость (потеря массы и прирост температуры дымовых газов) показали, что при содержании антипирена в делянках среднего слоя свыше 4 % столярные плиты относятся к трудногорючим материалам по ГОСТ 12.1.044.

Таблица 1

**Результаты однофакторных экспериментов при давлении прессования 1,2 МПа (числитель) и 1,9 МПа (знаменатель)**

Показатель	Значение показателя при содержании антипирена в рейках среднего слоя, %				
	0	4*	8	12	16
Прочность образцов при скалывании по клеевому слою между шпоном и делянками среднего слоя, МПа	1,56/1,85	1,93/2,50	1,98/2,42	1,96/2,38	1,92/2,18
Потеря массы образцов после испытания на горючесть, %	**	14,21/14,98	14,54/14,11	13,78/13,82	12,72/12,42
Прирост температуры дымовых газов при испытании образцов на горючесть, °С	**	39,00/41,00	21,50/24,00	16,25/11,83	0/0

\* Прирост температуры дымовых газов у части образцов превысил 60 °С.

\*\* Образцы сгорели.

Таблица 2

## Матрица планирования многофакторного эксперимента

Фактор	Уровни фактора			Интервал варьирования
	Нижний	Основной	Верхний	
Давление прессования $X_1$ , МПа	1,4	1,7	2,0	0,35
Температура плит пресса $X_2$ , °С	110	120	130	10
Продолжительность выдержки под давлением $X_3$ , мин	8	10	12	2
Содержание антипирена в делянках среднего слоя $X_4$ , %	8	12	16	4
Расход клея $X_5$ , г/м <sup>2</sup>	125	145	165	20

У части образцов с содержанием антипирена 4 % прирост температуры дымовых газов превысил 60 °С. Поэтому столярные плиты следует относить к группе трудногорючих материалов по ГОСТ 12.1.044 при содержании антипирена в делянках среднего слоя не менее 8 %. Это значительно меньше, чем у пропитанного шпона, который применяют для производства трудногорючих фанерных плит (около 20 %).

Для определения рационального режима склеивания пакета трудногорючей столярной плиты был проведен многофакторный эксперимент (табл. 2). Переменные факторы и уровни их варьирования взяты на основе априорных сведений и результатов однофакторных экспериментов.

В качестве выходных параметров эксперимента взяты:  $Y_1$  – прочность при скалывании по клеевому слою между делянками среднего слоя и шпоном;  $Y_2$  – плотность столярной плиты. В результате реализации матрицы планирования получены следующие уравнения регрессии.

Для прочности при скалывании по клеевому слою, МПа:

а) в кодированном виде

$$Y_1 = 2,4284 + 0,1803 X_1 + 0,2404 X_2 + 0,4039 X_3 + 0,0982 X_4 + 0,2379 X_5 - 0,0275 X_1 X_2 - 0,089 X_1 X_3 + 0,0975 X_1 X_4 - 0,0205 X_1 X_5 - 0,2803 X_2 X_3 + 0,0229 X_2 X_4 - 0,1582 X_2 X_5 - 0,0589 X_3 X_5 + 0,0335 X_4 X_5;$$

б) в натуральном виде

$$Y_1 = -40,256 + 2,7049 X_1 + 0,2876 X_2 + 2,3495 X_3 - 0,2430 X_4 + 0,1223 X_5 - 9,1667 \cdot 10^{-3} X_1 X_2 - 0,1482 X_1 X_3 + 8,125 \cdot 10^{-2} X_1 X_4 - 3,4167 \cdot 10^{-3} X_1 X_5 - 1,4015 \cdot 10^{-2} X_2 X_3 + 5,725 \cdot 10^{-4} X_2 X_4 - 7,91 \cdot 10^{-4} X_2 X_5 - 1,4725 \cdot 10^{-3} X_3 X_5 + 4,1875 \cdot 10^{-4} X_4 X_5.$$

Для плотности, кг/м<sup>3</sup>:

а) в кодированном виде

$$Y_2 = 577,838 + 10,7407 X_1 + 7,8012 X_2 + 1,2833 X_3 + 10,3042 X_4 + \\ + 8,0076 X_5 + 3,3778 X_1 X_2 + 1,9307 X_1 X_3 - 1,3727 X_1 X_4 - \\ - 2,1188 X_2 X_3 - 0,9534 X_2 X_5 + 1,0879 X_3 X_4 + 1,4932 X_3 X_5;$$

б) в натуральном виде

$$Y_2 = 449,4063 - 117,762 X_1 + 0,6166 X_2 + 0,8394 X_3 + 3,1608 X_4 + \\ + 0,5991 X_5 + 1,1259 X_1 X_2 + 3,2178 X_1 X_3 - 1,1439 X_1 X_4 - \\ - 0,1059 X_2 X_3 - 4,7680 \cdot 10^{-3} X_2 X_5 + 0,1360 X_3 X_4 + 3,7330 \cdot 10^{-2} X_3 X_5.$$

В ходе эксперимента прочность плиты при скалывании в зависимости от уровней переменных факторов и эффектов их взаимодействия изменялась от 0,671 до 3,128 МПа, плотность – от 541,59 до 620,08 кг/м<sup>3</sup>.

Для выбора рационального режима склеивания трудногорючих столярных плит необходимо учитывать следующее: у плит прочность при скалывании по клеевому слою между делянками среднего слоя и шпоном после выдержки в воде в течение 1 ч при температуре 100 °С должна быть не меньше, чем у трудногорючей фанерной плиты. В соответствии с ТУ на плиты фанерные атмосферостойкие трудногорючие прочность при скалывании по клеевому слою должна быть не менее 1,0 МПа и быть минимально возможной.

На основании данных ограничений и полученных уравнений с помощью программы Microsoft Excel был выбран рациональный режим склеивания трудногорючих столярных плит толщиной 22 мм с использованием клея на основе смолы марки СФЖ-3014.

Ниже приведены параметры оптимального режима склеивания:

Давление прессования..... 1,4 МПа

Температура плит пресса..... 110 °С

Продолжительность выдержки под давлением..... 12 мин

Доля антипирена в делянках среднего слоя..... 8 %

Расход клея..... 125 г/м<sup>2</sup>

Проведенные исследования позволили установить рациональную конструкцию пакета трудногорючих столярных плит с учетом прочностных и огнестойких свойств, а также рациональный режим склеивания плит.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Боровиков, А.М. Справочник по древесине [Текст] / А.М. Боровиков, Б.Н. Уголев; под ред. Б.Н. Уголева. – М.: Лесн. пром-сть, 1989. – 296 с.
2. Щербаков, В.М. Дверной блок повышенной огнестойкости [Текст] / В.М. Щербаков // Леспроектинновации. – 2004. – № 1. – С. 33 – 34.

---

3. *Щербаков, В.М.* Трудногорючие столярные плиты [Текст] / В.М. Щербаков // Ежегодная научн. конф. С.-Петербургской ЛТА: сб. докл. молодых ученых. – СПб., 2003. – Вып. 7. – С. 55–59.

С.-Петербургская лесотехническая академия

Поступила 14.04.05

*A.N. Chubinsky, V.M. Shcherbakov*

**Substantiation of Design and Manufacturing Technique  
for Hard-combustible Composite Boards**

The rational design and pressing mode of hard-combustible composite boards are developed based on the experimental data received.

---