

УДК 674.02

А.Р. Бирман

ПРОИЗВОДСТВО ОБЛИЦОВОЧНЫХ ДЕРЕВЯННЫХ ПОКРЫТИЙ В УСЛОВИЯХ ЛЕСОПРОМЫШЛЕННЫХ СКЛАДОВ

Рассмотрен вопрос повышения производительности прессового оборудования при склеивании облицовочных деревянных покрытий за счет уменьшения времени пьезообработки до 5 ... 10 с; приведено теоретическое обоснование предлагаемого способа склеивания и результаты определения прочности клеевого соединения.

Ключевые слова: склеивание, облицовочные деревянные покрытия, поточное производство.

Лес и продукты его переработки являются одним из значимых экономических ресурсов Российской Федерации. Продукты леса применяются практически во всех отраслях народного хозяйства. Однако за последние три года расчетная лесосека в России использовалась не более чем на 24 %, а в многолесных районах Севера, Европейской части, Сибири и Дальнего Востока – на 10 ... 15 %.

Существующая тенденция, направленная на вырубку преимущественно пиловочных ресурсов, привела в зоне их освоения к истощению высокосортного крупного пиловочника, а также высокобонитетных хвойных древостоев. Увеличился дефицит древесины твердых лиственных пород. Практически свелось к нулю применение в строительстве древесины мягких лиственных пород. Недостаток нашего лесного комплекса – низкий уровень глубокой переработки древесины и эффективного комплексного использования как высококачественных лесных ресурсов, так и их отходов.

Одним из факторов, определяющих экономическую доступность резервов древесины, является их удаленность от предприятий деревообрабатывающей промышленности. Поэтому необходимо внедрять безотходные комплексные технологии переработки лесоматериалов с изготовлением товаров народного потребления непосредственно на лесопромышленных складах. В этом случае малоиспользуемая древесина мягких лиственных пород (МЛП) и отходы составят ту часть дополнительных ресурсов, которая может быть предметом эффективного освоения и переработки в конечные продукты.

Перспективным видом такого продукта являются облицовочные деревянные покрытия (ОДП), клееная конструкция которых выполняется в виде подложки из реечных щитов и лицевого слоя из мелких планок, уложенных в композиционный рисунок. Их широко используют как декоративные и напольные покрытия.

Применение древесины МЛП и отходов деревообработки, механизация процесса сборки лицевого покрытия и снижение времени пьезообработки при склеивании позволяют организовать эффективное поточное производство этой продукции в условиях лесопромышленных складов.

Повышение эффективности производства декоративных ОДП из натуральной древесины МЛП возможно за счет применения холодного способа склеивания клеями на основе поливинилацетатной дисперсии (ПВАД). Склеивание осуществляют в два этапа: слипание за 5 ... 10 с пьезообработки с усилением $P_y = 0,01 \dots 0,03$ МПа; окончательное отверждение клея вне прессового оборудования.

Условие сохранения монтажной прочности после пьезообработки с усилением P_y :

$$y_{изг} + y_{см} - y_{сл} = 0, \quad (1)$$

где $y_{изг}$ – деформация изгиба наклеиваемой детали;

$y_{см}$ – деформация выступов шероховатости древесины при сжатии;

$y_{сл}$ – задержанная деформация за счет сил слипания.

Деформация изгиба для планки, нагруженной распределенной нагрузкой q , определяется по формуле

$$y_{изг} = \frac{q}{8EI\beta^4} 2(1 - e^{-\beta a} \cos \beta a), \quad (2)$$

где E – модуль упругости древесины поперек волокон;

I – момент инерции сечения наклеиваемой детали;

β – расчетный коэффициент;

a – расстояние от торца планки до рассматриваемого сечения.

Заменив a на текущую координату x и приняв

$$\eta = e^{-\beta x} \cos \beta x,$$

получим

$$y_{изг} = \frac{q}{4EI\beta^4} (1 - \eta). \quad (3)$$

Величина $y_{см}$ складывается из деформаций смятия шероховатостей поверхности $R_{z \max}$ планки $y_{см1}$ и подложки $y_{см2}$:

$$y_{см1,2} = \frac{R_{z \max}}{l} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{н}1}}}, \quad (4)$$

где l – длина планки.

Для определения предельного давления, обеспечивающего склеивание без образования пустот и разрывов клеевого слоя, воспользуемся равенством

$$\frac{R_{z \max}}{l} \sqrt{\frac{P}{\sigma_{\text{н}1}}} + \frac{Pb(1 - \eta)}{4EI\beta^4} = \frac{\sigma_{\text{д}0} b L^4}{120 EI}. \quad (5)$$

Обозначим

$$R = \frac{R_{z \max}}{l}. \quad (6)$$

После преобразований будем иметь

$$P^2 \frac{(1-\eta)^2}{16\beta^8} - P \left[\frac{R^2 E^2 I^2}{b^2 \sigma_{\text{н}1}} + \frac{\sigma_{\text{н}0} L^4 (1-\eta)}{240\beta^4} \right] + \frac{\sigma_{\text{н}0}^2 L^8}{14400} = 0. \quad (7)$$

Решив уравнение (7) относительно P , получим давление пьезообработки. В связи с небольшой продолжительностью прессования, как показали опыты, деформации от разбухания древесины и усадки клея для практических расчетов можно не учитывать.

Область применения предлагаемого способа склеивания ограничена длиной ($l \leq 400$ мм) и толщиной ($h \leq 8$ мм) планок лицевого покрытия. При нормируемой величине неплоскостности планок и определенных экспериментальных значениях липкости неотвержденного клея (0,0085 ... 0,0125) превышение указанных размеров приводит к разрушению клеевого соединения за счет упругого восстановления величины неплоскостности планок.

Следует отметить, что отклонения размеров планок лицевого покрытия по толщине достигают $\pm 0,5$ мм. Это при низких давлениях склеивания ($P = 0,03$ МПа) приводит к непрочности склеивания планок с минимальной толщиной. Для повышения качества склеивания предлагается снабжать плиты прессов упругими элементами [1], например из резины с модулем упругости $E = 0,3$ МПа. В этом случае усилие прессования при склеивании декоративных щитов с площадью лицевого покрытия 0,36 ... 0,64 м² будет в пределах 8 ... 15 кН. Столь малая величина прессующего усилия позволяет сделать вывод о нерациональности склеивания ОДП в мощных гидравлических прессах и возможности использования относительно простых механизмов с грузовым нагружением.

Для оценки технологических параметров склеивания и с учетом результатов работы [3] построена математическая модель процесса заполнения сквозного капилляра в древесине. Выходная формула модели позволяет определить время t заполнения капилляра радиусом r на определенную глубину L :

$$t = \frac{L^2}{r^2} \left[-\frac{1}{2\mu} \left(\delta P + \text{sign} \frac{2\sigma}{r} \right) \right]^{-1}, \quad (8)$$

где μ – вязкость клея;

δ – толщина слоя адгезива;

σ – поверхностное натяжение клея;

$\text{sign} = +1$ (смачивание); $\text{sign} = -1$ (несмачивание).

С учетом уплотнения древесины изменение радиуса капилляра можно оценить по формуле

$$r = r_0 \left(1 - \frac{\varepsilon}{2} \right),$$

где ε – степень уплотнения.

В результате построения факторизованной модели процесса предлагаемого способа склеивания, где в качестве выходного параметра y_1 определена прочность соединения на отрыв ($\sigma_{отр}$), а переменными факторами x_1, x_2, x_3 являлись соответственно давление прессования P , вязкость μ и расход клея Q , получено уравнение с нормированными значениями факторов для ПВАД, модифицированной для повышения водостойкости тетраэтаксисилоном [2]:

$$y_1 = 1,109 + 0,298 x_1 - 0,353 x_1^2 - 0,138 x_2^2. \quad (9)$$

Определим по (9) натуральные значения факторов, обеспечивающие оптимум критерия:

$$P = x_1 \delta x_1 + x_{10} = 0,42 \cdot 0,01 + 0,01 = 0,0142 \text{ МПа}; \quad (10)$$

$$\mu = x_1 \delta x_1 + x_{10} = 0,00 \cdot 105 + 555 = 555 \text{ мПа} \cdot \text{с}. \quad (11)$$

После подстановки переменных в натуральном виде уравнение примет вид

$$\sigma_{отр} = 4,248966 + 100,4P - 3530P^2 + 0,016972\mu - 0,00001528\mu^2. \quad (12)$$

В результате оптимизации факторов установлено, что максимальная прочность клеевого соединения ОДП на отрыв в исследуемой области варьирования факторов обеспечивается при $P = 0,014$ МПа, $\mu = 555$ мПа · с, $Q = 280$ г/м² и составляет 1,17 МПа. Это подтверждает теоретические расчеты.

Второй этап предлагаемого способа склеивания (отверждение клея) происходит вне прессового оборудования. В этот период осуществляются операции по перемещению пакетов ОДП к месту технологической выдержки. При движении пакетов имеют место инерционные нагрузки при неустановившихся режимах работы транспортных устройств. Возможны случайные ударные нагрузки. Запишем условия отсутствия подвижек лицевого покрытия ОДП относительно подложки при неотвержденном клеевом слое:

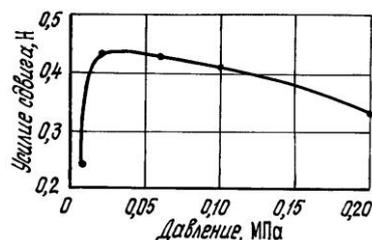
$$P_{и} \leq P_{сдв}; \quad P_{и. уд} \leq P_{сдв}, \quad (13)$$

где $P_{и}$ и $P_{и. уд}$ – соответственно силы инерции в период неустановившегося движения транспортирующих органов и при ударе;

$P_{сдв}$ – усилие, необходимое для сдвига планок лицевого покрытия после пьезообрезки пакета.

По значениям величины $P_{сдв}$, определенным через 10 с после пьезообработки образцов, построена зависимость, приведенная на рисунке.

Анализ результатов эксперимента позволяет проследить тенденцию уменьшения прочности соединения при увеличении давления на первом этапе склеивания от



Влияние давления прессования на усилие сдвига

0,06 до 0,20 МПа. Это объясняется нарушением целостности клеевого слоя в результате упругого восстановления склеиваемых поверхностей при неотвержденном клее, что подтверждается результатами микроскопического анализа.

Расчеты показывают, что при ударных нагрузках ($P_{и. уд} \gg P_{и}$) на пакет, движущийся со скоростью до 50 м/мин (реальная скорость транспортировки пакетов в производственных условиях не превышает 5 м/мин), коэффициент запаса прочности клеевого соединения пакета $n \geq 2$.

Изучение принципиальных вопросов производства ОДП из древесины мягких лиственных пород позволяет сделать следующие основные выводы:

1. Изготовление клееных видов ОДП с использованием древесины мягких лиственных пород является перспективным направлением развития производства товаров народного потребления в условиях лесопромышленных складов и способствуют развитию глубокой переработки древесины.

2. Склеивание ОДП рекомендуется осуществлять при нормальных температурах клеями на основе модифицированной ПВАД в два этапа: слипание деталей в период пьезообработки, окончательное формирование клеевого соединения вне прессового оборудования. Предельное давление $P = 0,01 \dots 0,03$ МПа, продолжительность пьезообработки $\tau = 5 \dots 10$ с, вязкость адгезива $\mu = 550 \dots 570$ мПа · с, расход адгезива $Q = 250 \dots 280$ г/м², продолжительность технологической выдержки без давления $\tau_2 \geq 4$ ч.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Бирман А.Р. Расчет упругих элементов контактных поверхностей прессового оборудования. – СПб.: ЛТА, 2002. – 11 с. – Деп. в ВИНТИ 16.04.02. № 698 – В 2002.
2. Подосенова Е.А. Исследование и разработка технологии склеивания древесины дифференцированным способом в поточном производстве: Автореф. ... канд. техн. наук. – Л.: ЛТА, 1981. – 20 с.
3. Чубинский А.Н., Нуллер Б.М. Проникновение клея в древесину в процессе склеивания // Технология и оборудование деревообрабатывающих производств: Межвуз. сб. науч. тр. – СПб.: ЛТА, 2001. – 188 с.

Санкт-Петербургская государственная
лесотехническая академия

Поступила 1.07.02

A.R. Birman

**Production of Facing Wooden Coverings in Conditions
of Forest-industrial Stocks**

The question of increasing productivity of press equipment is considered when bonding facing wooden coverings through reducing time of piezotreatment to 5-10 seconds. Theoretical substantiation of the suggested bonding method and results of determining the adhesive joint strength are provided.
