

питку изделий затрачивается в 2—2,5 раза больше времени, чем в трехкамерной установке.

Опробован также метод переноса пропитываемых изделий из горячей ванны в холодную [3]. Скорость перепада температуры в этом случае составляет 40...60 °С/ч по сравнению с 2...6 °С/ч при охлаждении расплава в одной и той же емкости. Поглощение серы древесиной достигает 400 кг/м³ за 0,3 ч, тогда как при постепенном охлаждении то же количество серы древесина поглощает за 6...10 ч. Однако перенос изделий из одной ванны в другую связан с опасностью разбрызгивания расплава серы.

Трехкамерная установка обеспечивает безопасность производства работ по пропитке, так как выделение паров серы сводится к минимуму, поскольку в процессе пропитки камеры закрыты плотно съемными крышками (5). Расход материалов и энергии на 1 м³ пропитываемых изделий в трехкамерной ванне ниже, чем в известных существующих установках с одной и двумя ваннами. Точнее соблюдаются технологические параметры пропитки (время выдержки и температура расплава), а также повышается качество пропитки и производительность установки.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Горшин С. Н. Консервирование древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1977.—273 с. [2]. ГОСТ 20022.6—86. Защита древесины. Пропитка способом прогрева — холодная ванна.—Введ. 01.07.87.—М.: Изд-во стандартов, 1986.—6 с. [3]. Джимшелейшвили Г. С. Свойства древесины, пропитанной в расплаве серы, и применение изделий из нее на объектах Агропрома: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—Тбилиси, 1988.—26 с. [4]. Кречетов И. В. Сушка и защита древесины.—М.: Лесн. пром-сть, 1987.—328 с. [5]. Манзий С. А. Защитная обработка древесины и древесных материалов расплавом серы: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.—Минск, 1986.—16 с. [6]. Пропитка древесины серой / Ю. Н. Орловский, В. В. Панов, С. А. Манзий и др. // Стр-во и архитектура.—1984.—№ 6.—С. 76—80.—(Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Технология защитной обработки деревянных изделий в расплаве серы / В. М. Хрулев, В. В. Горетый, А. П. Цукеркандель, Ж. Б. Бекболотов и др. // Архитектура и строительство Узбекистана.—1990.—№ 1.—С. 7—8.

Поступила 17 апреля 1990 г.

УДК 630*812

О ВЗАИМОСВЯЗИ ПРОЧНОСТИ ДРЕВЕСИНЫ С НЕСКОЛЬКИМИ ЕЕ ПАРАМЕТРАМИ, ОПРЕДЕЛЯЕМЫМИ НЕРАЗРУШАЕМЫМ СПОСОБОМ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ—

Архангельский лесотехнический институт

Теория и практика сортировки пиломатериалов по показателям физико-механических свойств основаны, главным образом, на достаточно тесной взаимосвязи модуля упругости (E) с пределом прочности (σ) древесины. Известны также устройства, оценивающие прочность досок по плотности древесины (ρ). Как показали расчеты [1], для малых чистых образцов коэффициенты корреляции плотности и модуля упругости древесины с ее прочностью находятся в пределах 0,70...0,88 и 0,56...0,65 соответственно.

Интересен тот факт, что оба параметра (E и ρ) между собой связаны довольно слабо. Это говорит о том, что физическая природа взаимосвязи плотности с прочностью иная, чем модуля упругости с прочностью. Повышение прочности с увеличением плотности — явление общеизвестное. Оно вызвано тем, что при постоянной площади рабочего се-

чения образца фактическая площадь возрастает с увеличением плотности древесины. Тот факт, что повышение плотности не обязательно приводит к увеличению модуля упругости вдоль волокон древесины, показывает, что E главным образом зависит от структуры волокон и в меньшей мере — от их числа в единице объема. Следовательно, совместное применение в расчетах двух параметров может увеличить точность прогнозирования прочности материала, так как даст возможность учесть пористость древесины и качество ее волокон.

Связь между прочностью σ , плотностью ρ (кг/м³) и модулем упругости E (кН/мм²) древесины выражена уравнениями множественной регрессии двух типов:

линейным

$$\sigma = a + b\rho + cE \quad (1)$$

и степенным

$$\sigma = a\rho^b E^c. \quad (2)$$

Уравнение (2) было приведено к линейному виду

$$\ln \sigma = \ln a + b \ln \rho + c \ln E. \quad (3)$$

При определении неизвестных величин a , b , c использовали теорию множественной линейной корреляции [3] и выполнили расчеты для малых чистых образцов по данным [2].

Алгоритм расчета имеет следующий вид:

- | | |
|--|--|
| 1. $M_{x_1} = \Sigma x_1/n;$ | 14. $b_1 = S_{x_1y}/S_{x_1};$ |
| 2. $M_{x_2} = \Sigma x_2/n;$ | 15. $a_1 = M_y - b_1 M_{x_1};$ |
| 3. $M_y = \Sigma y/n;$ | 16. $b_2 = S_{x_2y}/S_{x_2};$ |
| 4. $S_{x_1} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)^2;$ | 17. $a_2 = M_y - b_2 M_{x_2};$ |
| 5. $S_{x_2} = \Sigma (M_{x_2} - x_2)^2;$ | 18. $b = \frac{S_{x_2y} S_{x_1x_2} - S_{x_1y} S_{x_2}}{S_{x_1x_2}^2 - S_{x_1} S_{x_2}};$ |
| 6. $S_y = \Sigma (M_y - y)^2;$ | 19. $c = (S_{x_1y} - b S_{x_1})/S_{x_1x_2};$ |
| 7. $S_{x_1y} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)(M_y - y);$ | 20. $a = M_y - b M_{x_1} - c M_{x_2};$ |
| 8. $S_{x_2y} = \Sigma (M_{x_2} - x_2)(M_y - y);$ | 21. $y_p = a + b x_1 + c x_2;$ |
| 9. $S_{x_1x_2} = \Sigma (M_{x_1} - x_1)(M_{x_2} - x_2);$ | 22. $M_{y_p} = \Sigma y_p/n;$ |
| 10. $r_{x_1y} = S_{x_1y}/\sqrt{S_y S_{x_1}};$ | 23. $S_{y_p} = \Sigma (M_{y_p} - y_p)^2;$ |
| 11. $r_{x_2y} = S_{x_2y}/\sqrt{S_y S_{x_2}};$ | 24. $S_{y_p y} = \Sigma (M_{y_p} - y_p)(M_y - y);$ |
| 12. $t_{x_1y} = \sqrt{r_{x_1y}^2 (n-2)/(1-r_{x_1y}^2)};$ | 25. $R = S_{y_p y}/\sqrt{S_y S_{y_p y}};$ |
| 13. $t_{x_2y} = \sqrt{r_{x_2y}^2 (n-2)/(1-r_{x_2y}^2)};$ | 26. $t = \sqrt{R^2 (n-2)/(1-R^2)}.$ |

Здесь x_1 — первый параметр (например, ρ);
 x_2 — второй параметр (например E);
 y — отклик (предел прочности);
 n — число вариантов;
 M — средние арифметические;
 S — сумма квадратов отклонений (или сумма произве-

дений отклонений), отдельных вариант от их среднего арифметического;
 r — коэффициент парной линейной корреляции;
 t — критерий сравнения Стьюдента;

Уравнения связи						
	Линейные	R	n	Нелинейные	R	n
Хвойные	$\sigma_{сж} = 9,71 + 0,071\rho_{12}$	$0,821 \pm 0,050$	42	$\sigma_{сж} = 0,360\rho_{12}^{0,777}$	$0,818 \pm 0,050$	42
	$\sigma_{сж} = 21,2 + 2,27 E$	$0,638 \pm 0,091$	42	$\sigma_{сж} = 15,1 E^{0,462}$	$0,602 \pm 0,098$	42
	$\sigma_{сж} = 3,03 + 0,058\rho_{12} + 1,24 E$	$0,880 \pm 0,034$	42	$\sigma_{сж} = 0,400\rho_{12}^{0,657} E^{0,274}$	$0,884 \pm 0,033$	42
	$\sigma_{изг} = 11,12 + 0,136\rho_{12}$	$0,772 \pm 0,062$	42	$\sigma_{изг} = 0,328\rho_{12}^{0,881}$	$0,746 \pm 0,068$	42
	$\sigma_{изг} = 20,1 + 5,60 E$	$0,771 \pm 0,062$	42	$\sigma_{изг} = 14,2 E^{0,724}$	$0,758 \pm 0,068$	42
	$\sigma_{изг} = -9,80 + 0,095\rho_{12} + 3,91 E$	$0,913 \pm 0,025$	42	$\sigma_{изг} = 0,403\rho_{12}^{0,645} E^{0,540}$	$0,893 \pm 0,031$	42
	$\sigma_p = -1,85 + 0,194\rho_{12}$	$0,695 \pm 0,105$	24	$\sigma_p = 0,091\rho_{12}^{1,117}$	$0,717 \pm 0,100$	24
	$\sigma_p = 13,8 + 6,97 E$	$0,744 \pm 0,091$	24	$\sigma_p = 9,2 E^{0,951}$	$0,770 \pm 0,082$	24
	$\sigma_p = -2,14 + 0,085\rho_{12} + 4,79 E$	$0,769 \pm 0,083$	24	$\sigma_p = 0,889\rho_{12}^{0,494} E^{0,657}$	$0,798 \pm 0,073$	24
	$\sigma_{сж} = 6,12 + 0,072\rho_{12}$	$0,891 \pm 0,029$	48	$\sigma_{сж} = 0,196\rho_{12}^{0,864}$	$0,913 \pm 0,023$	48
Листвен- ные	$\sigma_{сж} = 17,1 + 3,08 E$	$0,696 \pm 0,074$	48	$\sigma_{сж} = 11,3 E^{0,622}$	$0,651 \pm 0,083$	48
	$\sigma_{сж} = 1,70 + 0,060\rho_{12} + 1,08 E$	$0,911 \pm 0,024$	48	$\sigma_{сж} = 0,246\rho_{12}^{0,764} E^{0,174}$	$0,925 \pm 0,020$	48
	$\sigma_{изг} = -8,44 + 0,170\rho_{12}$	$0,896 \pm 0,028$	48	$\sigma_{изг} = 0,095\rho_{12}^{1,076}$	$0,915 \pm 0,023$	48
	$\sigma_{изг} = 11,1 + 7,88 E$	$0,757 \pm 0,061$	48	$\sigma_{изг} = 11,9 E^{0,872}$	$0,732 \pm 0,066$	48
	$\sigma_{изг} = -22,70 + 0,131\rho_{12} + 3,49 E$	$0,935 \pm 0,018$	48	$\sigma_{изг} = 0,154\rho_{12}^{0,867} E^{0,362}$	$0,946 \pm 0,014$	48
	$\sigma_p = 41,20 + 0,136\rho_{12}$	$0,681 \pm 0,100$	24	$\sigma_p = 1,33\rho_{12}^{0,705}$	$0,763 \pm 0,085$	24
	$\sigma_p = 37,7 + 7,26 E$	$0,578 \pm 0,135$	24	$\sigma_p = 22,3 E^{0,685}$	$0,608 \pm 0,128$	24
	$\sigma_p = 28,80 + 0,108\rho_{12} + 2,51 E$	$0,695 \pm 0,105$	24	$\sigma_p = 1,61\rho_{12}^{0,623} E^{0,139}$	$0,767 \pm 0,083$	24

Примечание. $\sigma_{сж}$ — изг, σ_p — пределы прочности древесины при сжатии, изгибе и растяжении; ρ_{12} — плотность древесины при влажности, 12 %.

a, b, c — коэффициенты уравнений связи;

y_p — расчетные значения отклика;

R — коэффициент множественной линейной корреляции.

Программа для ЭВМ «Искра-1256» позволяет обрабатывать данные для трех рядов до 50 значений в каждом. Сначала рассчитывают коэффициенты линейного уравнения связи, затем исходные данные логарифмируют и определяют коэффициенты уравнения степенного вида. Уравнения связи пределов прочности древесины с плотностью и модулем упругости при изгибе для хвойных и лиственных пород приведены в таблице.

Как видно из таблицы, оценка прочности по двум параметрам дает лучшие результаты, чем по одному, а нелинейные уравнения более предпочтительны, чем уравнения прямой. Значит, оборудование, сортирующее пиломатериалы по физико-механическим свойствам, должно иметь устройства для измерения не только модуля упругости, но и плотности древесины.

Нелинейные уравнения множественной регрессии показывают, что влияние плотности на прочность выше, чем модуля упругости. Но в связи с тем, что задачу определения плотности древесины технически решить трудно, особенно при больших скоростях подачи пиломатериала, исследовали взаимосвязь предела прочности при изгибе с твердостью древесины. Получены следующие уравнения при $n = 50$:

линейные

$$\sigma_{\text{изг}} = 43,7 + 4,63E; \quad R = 0,582;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 31,8 + 3,16E + 0,700T; \quad R = 0,908;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 62,2 + 0,797T; \quad R = 0,823;$$

нелинейные

$$\sigma_{\text{изг}} = 30,8E^{0,462}; \quad R = 0,525;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 27,2T^{0,344}; \quad R = 0,845;$$

$$\sigma_{\text{изг}} = 13,4E^{0,342}T^{0,316}; \quad R = 0,930.$$

Здесь T — радиальная твердость в Н/мм².

Высокая корреляция твердости с пределом прочности при изгибе позволяет рекомендовать T в качестве дополнительного (и более предпочтительного, чем плотность) параметра для оценки прочности пиломатериалов. Основным параметром, однако, должен оставаться модуль упругости при изгибе E , так как он, в отличие от ρ и T , реагирует на наличие структурных неоднородностей в пиломатериалах. Например, в зоне сучков E снижается, как и предел прочности, хотя плотность и твердость сучков выше, чем окружающей древесины.

Таким образом, исследование взаимосвязи показателей древесины малых чистых образцов выявило предпочтительность двухпараметрической оценки пределов прочности древесины. К основному параметру — модулю упругости при изгибе — следует добавить твердость или плотность древесины, которые позволяют повысить корреляцию, т. е. точность оценки прочности пиломатериалов неразрушающим способом. Конкретные уравнения связи для малых образцов, приведенные в таблице, конечно, не пригодны для пиломатериалов. Здесь требуется проведение дополнительных исследований.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Волюнский В. Н. Плотность и модуль упругости как критерии прочности чистой древесины. // Лесн. журн.—1983.—№ 4.—С. 76—80.—(Изв. высш. учеб.

заведений). [2]. ГСССД 69—84. Таблицы стандартных справочных данных. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 30 с. [3]. Езёкел М., Фокс К. Методы анализа корреляций и регрессий (линейных и криволинейных).— М.: Статистика, 1966.— 580 с.

Поступила 5 декабря 1989 г.

УДК 674.815.41:613.63

ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРООБРАЗОВАНИЯ СВЯЗУЮЩЕГО В ДРЕВЕСНОСТРУЖЕЧНЫХ ПЛИТАХ

Е. М. РАЗИНЫКОВ

Воронежский лесотехнический институт

Для проверки предположения о существовании в древесностружечных плитах отвержденной массы связующего в пористом состоянии было проведено два вида опытов: непосредственно на образцах плит и на моделях с разными типами связующего.

Для проведения исследований использовали плиты трехслойной конструкции на карбамидоформальдегидном связующем (смола марки КФ-МТ, содержащая в качестве отвердителя хлористый аммоний). Их плотность — 700 кг/м³. Температура прессования составила 170 °С, продолжительность — 0,32 мин на 1 мм толщины готовой плиты, давление — 2,5 МПа. Микроснимки поверхности плит методом растровой электронной микроскопии были получены в различных сечениях за зоной микротомирования образцов (в углублениях, где микротомирование не приводило к нарушению целостности плиты).

На рис. 1 представлен участок соприкасающихся между собой стружек с нанесенным на их поверхность и отвержденным связующим. Несмотря на сравнительно небольшое увеличение, в отвержденной массе связующего хорошо видны участки бугристой поверхности, где находятся пузыри, образованные при кипении влаги в связующем. Внутри пузырей сосредоточена парогазовая смесь, в состав которой входит вредный для человека формальдегид. В некоторых местах пузыри сохраняют свою целостность, в других они лопаются, как изображено на рис. 2. При этом уменьшается площадь покрытия связующим поверхности древесных частиц.

При значительном увеличении (5500 раз) в отвержденной массе связующего видны полости лопнувших пузырей (см. рис. 3, левая

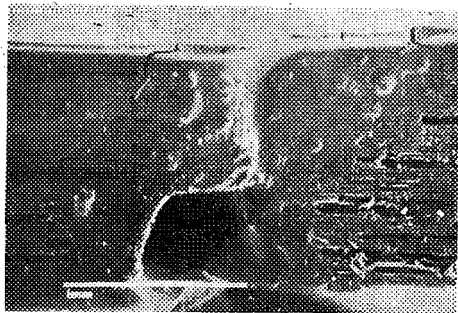


Рис. 1. Микроснимок участка поверхностей соприкасающихся древесных частиц во внутреннем слое плиты с отвержденным на них связующим (увеличение микроскопа 52 раза)



Рис. 2. Микроснимок участка поверхностей соприкасающихся между собой древесных частиц в плите с отвержденным на них связующим (увеличение микроскопа 34 раза)