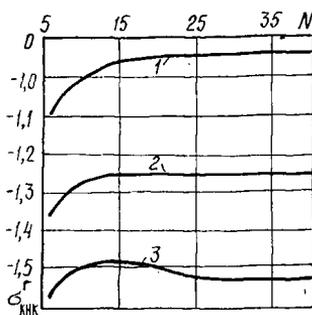


Рис. 3. Зависимость гарантированного значения  $\sigma_{\text{КНК}}^r$  от  $N$  при различных значениях  $r$ : 0,8(1); 0,7(2); 0,6(3)



тельную ошибку измерения прочности  $\sigma_{\text{изм}}^{\sigma} / \sigma_{\sigma}$ . Гарантированную прочность КНК находят по графикам, аналогичным представленным в работе [4] для модуля упругости.

#### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Огурцов В. В. Принципы определения допусков при автоматической сортировке пиломатериалов по механическим свойствам // Лесн. журн.—1980.—№ 1.—С. 98—102.—(Изв. высш. учеб. заведений). [2]. Огурцов В. В. Коэффициент полезного использования конструкционных пиломатериалов как критерий оптимизации процесса их сортировки по прочности // Там же.—1980.—№ 4.—С. 97—102. [3]. Огурцов В. В. Определение оптимальных величин градаций при сортировке конструкционных пиломатериалов по прочности // Там же.—1980.—№ 5.—С. 91—96. [4]. Огурцов В. В. Принципы нормирования достоверности сортировки пиломатериалов по механическим свойствам // Там же.—1989.—№ 5.—С. 59—63. [5]. Огурцов В. В. Нормирование достоверности модуля упругости пиломатериалов для клееных несущих конструкций // Там же.—1989.—№ 6.—С. 68—71.

УДК 630\*812

## ВЛИЯНИЕ ВЛАЖНОСТИ И ТЕМПЕРАТУРЫ НА МЕХАНИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ДРЕВЕСИНЫ С УЧЕТОМ ЕЕ ПЛОТНОСТИ

В. Н. ВОЛЫНСКИЙ

Архангельский лесотехнический институт

Ранее [4] было показано, что зависимости пределов прочности и модуля упругости чистой древесины от ее влажности можно выразить функцией вида:

$$Y_w = Y_{\text{min}} + (100 - Y_{\text{min}}) \exp(-w^2/C_w^2), \quad (1)$$

где  $Y_w$  — показатель при влажности древесины  $w$ , %;  
 $Y_{\text{min}}$  — показатель при  $w > 30$  %;  
 $C_w$  — эмпирический коэффициент.

Уравнение (1) действительно для любого значения влажности  $w$  и хорошо отражает факт стабилизации механических показателей древесины при увеличении ее влажности свыше 30 %.

На рис. 1 представлен график функции  $Y(w)$ , где за 100 % принят показатель для абсолютно сухой древесины ( $Y_0 = 100$  %).

Из литературных источников [1, 9] известно, что характер кривых  $Y(w)$  может отличаться от графика, показанного на рис. 1. На наш взгляд, это связано с появлением внутренних напряжений при высокотемпературной сушке образцов для влажности, близкой к нулю. Поэтому сжатие вдоль волокон дает завышенные результаты из-за того, что волокна древесины предварительно деформированы, а растяжение вдоль

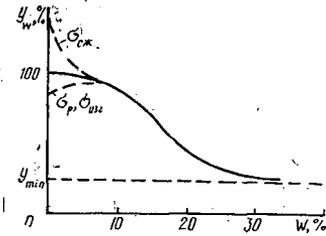


Рис. 1. Зависимость механических показателей древесины от влажности:  $\sigma_{сж}$ ;  $\sigma_p$ ;  $\sigma_{изг}$  — пределы прочности соответственно при сжатии, растяжении и изгибе

волокон и изгиб по этой же причине — заниженные. Можно предположить, что при мягких режимах сушки процесс изменения механических показателей должен стабилизироваться.

Следует обратить внимание на то, что  $Y_{min} < Y_{30}$ , так как он является асимптотой функции (1) при  $w$ , стремящейся к максимальной. Эта разница невелика и составляет 1...3%. Расчеты, проведенные с применением данных [5], показывают, что коэффициенты  $C_w$  в уравнении (1) не зависят от плотности древесины и равны 16...17 для пределов прочности и примерно 19,5 для модуля упругости при изгибе (температура 20 °С). Согласно [5], показатель  $Y_{min}$  для всех видов испытаний увеличивается с возрастанием плотности древесины.

Для того чтобы уточнить зависимости  $Y_{min}$  от базисной плотности древесины, воспользовались рекомендациями справочника [3], где приведены значения  $Y_{12}$  и  $Y_{30}$  для различных пород древесины с указанием базисной плотности. Значения  $Y_{min}$  определены, исходя из двух уравнений:

$$\begin{aligned} Y_{12} &= Y_{min} + (100 - Y_{min}) \exp(-12^2/C_w^2); \\ Y_{30} &= Y_{min} + (100 - Y_{min}) \exp(-30^2/C_w^2). \end{aligned} \quad (2)$$

Решая их совместно, получили выражение

$$Y_{min} = \frac{B - AC}{B - AC + A - 1}, \quad (3)$$

где

$$A = Y_{12}/Y_{30};$$

$$B = \exp(-12^2/C_w^2);$$

$$C = \exp(-30^2/C_w^2).$$

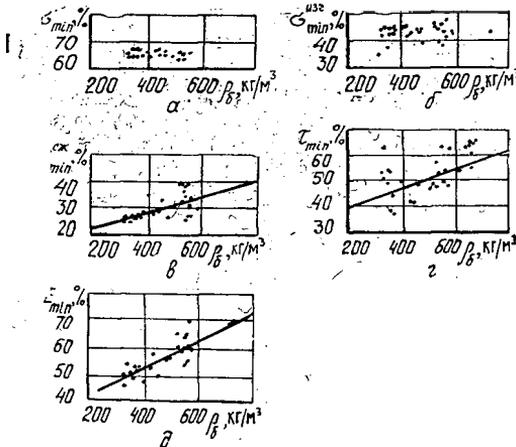


Рис. 2. Зависимость предела прочности при растяжении (а), изгибе (б), сжатии (в), скалывании вдоль волокон (г) и модуля упругости при изгибе (д) от плотности

Затем рассчитали коэффициенты корреляции  $r$  и уравнения связи показателей  $Y_{\min}$  с базисной плотностью  $\rho_0$  для различных пределов прочности и модуля упругости при изгибе. Результаты показаны на рис. 2 и в табл. 1.

Таблица 1

Показатель	$M_{\text{ср}}$ %	$V$ , %	$n$ , шт.	Кoeffи- циент корре- ляции	Уравнение связи $Y_{\min} = f(\rho_0)$
Предел прочности: при растяжении	63,2	1,0	18	—	—
при изгибе	42,7	6,8	25	—	—
при сжатии	30,8	15,7	24	0,541	$18,4 + 0,027\rho_0$
при скалывании	52,1	14,8	29	0,472	$37,0 + 0,030\rho_0$
Модуль упругости при изгибе	56,4	12,2	24	0,799	$33,5 + 0,049\rho_0$

Из приведенных в табл. 1 данных видно, что влияние плотности на  $Y_{\min}$ , т. е. на степень снижения механических показателей древесины при ее полном увлажнении, различно. Для растяжения вдоль волокон этот показатель очень стабилен ( $V = 1,0$  %) в широком диапазоне плотности (310...760 кг/м<sup>3</sup>). Это же относится и к пределу прочности при изгибе ( $V = 6,8$  %). Поэтому при расчете влияния влажности на эти два показателя можно пользоваться средними значениями  $Y_{\min}$ , не учитывая плотность древесины.

У пределов прочности при сжатии и скалывании вдоль волокон изменчивость расчетных показателей выше и наблюдается слабая взаимосвязь их с плотностью древесины. Для модуля упругости при изгибе  $E_{\min}$  выявлена четкая зависимость его от  $\rho_0$  по линейному уравнению связи ( $r = 0,799$ ). Кроме того, можно использовать и нелинейное уравнение степенного вида при  $r = 0,79$ :

$$E_{\min} = 0,0484\rho_0^{0,4}.$$

Полученные результаты позволяют внести уточнения в таблицы пересчетных коэффициентов влажности [4]. В справочнике дана дифференциация по плотности для всех показателей древесины, в том числе для предела прочности при растяжении вдоль волокон, но, как установлено нами, влияние плотности на пределы прочности невелико. Только при сжатии вдоль волокон и скалывании имеет смысл учитывать плотность древесины, а в остальных случаях можно пользоваться средними арифметическими значениями.

Анализ данных [6, 7] о влиянии температуры на пределы прочности и модуль упругости древесины показал, что нет оснований отказываться от применения линейной зависимости. Поэтому формулу (1) можно представить как

$$Y_w = Y_{\min} + (100 - Y_{\min}) \exp(-\omega^2/C_w^2) - K_T T, \quad (4)$$

где  $K_T$  — температурный коэффициент, %/град;

$T$  — температура, °С.

Данные по температурному коэффициенту довольно многочисленны, хотя и несколько противоречивы. Например, Ф. Кольман [9] указывает на зависимость  $K_T$ , кгс/(см<sup>2</sup> · град), от плотности древесины:

$$K_T = \Delta\sigma/\Delta T = 4,76\rho_0,$$

где  $\Delta\sigma$  — изменение прочности, %;

$\Delta T$  — изменение температуры, °С;

$\rho_0$  — плотность абсолютно сухой древесины, г/см<sup>3</sup>.

Пересчет температурного коэффициента на размерность  $\%/град$  показал, что он не зависит от плотности древесины и составляет примерно  $0,3 \%/град$ .

Согласно последним работам, в частности Т. П. Хмелидзе и др. [7], величина  $K_T$  составляет  $0,2 \dots 0,3 \%/град$  для пределов прочности при сжатии, растяжении, скалывании и  $0,6 \dots 0,7 \%/град$  при изгибе. В табл. 2 приведены значения  $K_T$ , рассчитанные по данным работы [7].

Таблица 2

Порода	$K_T$ , $\%/град$ , для пределов прочности при			
	растя- жении	изгибе	сжатии	скалы- вании
Сосна	0,30	0,68	0,25	0,22
Лиственница	0,36	0,72	0,17	0,36

Ф. П. Белянкиным [1] для предела прочности при сжатии древесины дуба различной влажности (0; 9; 15; 30; 45; 60 %) получены соответствующие значения  $K_T$ : 0,34; 0,48; 0,42; 0,32; 0,33; 0,33  $\%/град$ .

Установлено, что влияние температуры на модуль упругости при изгибе проявляется в более мягкой форме ( $K_T = 0,1 \dots 0,3 \%/град$ ) [6, 8, 9], а модуль упругости при сжатии вдоль волокон, согласно [8], увеличивается с возрастанием влажности. При этом имеем соответственно для влажности 0; 15; 30 % следующие значения температурных коэффициентов [8]: 0,09; 0,22; 0,33  $\%/град$ .

Коэффициент  $C_w$ , входящий в формулы (1), (4), также зависит от температуры, о чем свидетельствуют исследования [2] о влиянии температуры и влажности на динамические модули упругости древесины вдоль волокон. Полученная зависимость  $E(T, w)$  аналогична формуле (1), а эмпирический коэффициент  $C_w = 23,0 - 0,012T$ . Для пределов прочности и статического модуля упругости подобная связь не выявлена, но ясно, что с увеличением температуры  $C_w$  должен уменьшаться, так как при этом будет наблюдаться более резкое снижение показателей  $Y_{min}$ , что соответствует падению предела гигроскопичности древесины с возрастанием температуры.

### Выводы

1. Зависимость механических показателей чистой древесины от влажности и температуры выражается уравнением (4), где за 100 % принят показатель абсолютно сухой древесины при температуре  $0^\circ C$ .  $C_w$  — эмпирический коэффициент, не зависящий от плотности древесины, но связанный с  $T$ .

2. Значения коэффициентов, входящих в формулу (4), даны в табл. 3.

Таблица 3

Показатель	$Y_{min}$ , %	$C_w$	$K_T$ , $\%/град$
Предел прочности:			
	при растяжении	$69,2 \pm 1,4$	16,5
при изгибе	$56,7 \pm 7,7$	16,5	0,7
при сжатии	$24,4 + 0,027 \rho_6 \pm 8,1$ или $36,8 \pm 11,5$	16,5	0,3
при скалывании	$43,1 + 0,03 \rho_6 \pm 12,5$ или $58,1 \pm 17,1$	17,5	0,3
	Модуль упругости при изгибе	$39,5 + 0,049 \rho_6 \pm 8,2$	19,5

## СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Белянкин Ф. П. Механические характеристики древесины дуба.— Киев: Наук. думка.— 1939.— 133 с. [2]. Боровиков А. М. Влияние температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины: Дис. . . канд. техн. наук.— Воронеж, 1970.— 310 с. [3]. Боровиков А. М., Уголев Б. Н. Справочник по древесине.— М.: Лесн. пром-сть, 1989.— 294 с. [4]. Волюнский В. Н. О форме зависимости механических показателей древесины от влажности // Лесн. журн.— 1990.— № 5.— С. 59—64.— (Изв. высш. учеб. заведений). [5]. ГСССД 69—84. Древесина. Показатели физико-механических свойств малых чистых образцов.— М.: Изд-во стандартов, 1985.— 30 с. [6]. Хмелидзе Т. П. и др. Изменение модуля упругости древесины сосны и лиственницы при тепловых воздействиях // Деревообаб. пром-сть.— 1986.— № 7.— С. 8—9. [7]. Хмелидзе Т. П., Романенков И. Г., Шенгелия А. К. Влияние температуры на прочность и деформативность древесины сосны и лиственницы // Деревообаб. пром-сть.— 1986.— № 10.— С. 15—16. [8]. G a n o w i c z R. Einfluss der Temperatur auf den Elastizitätsmodul parallel zur Faserrichtung des Holzes // Holztechnologie.— 1980.— N 1.— S. 5—8. [9]. K o l l m a n n F. Technologie des Holzes und der Holzwerkstoffen.— Auflage: Berlin, 1951.— Bd. 1, 2.— 1050 p.

Поступила 13 мая 1991 г.

УДК 674.824 : 621.928.1

## МАГНИТНАЯ СЕПАРАЦИЯ ДРЕВЕСНОЙ МУКИ

В. Н. ВОЛЫНКИН

Сибирский технологический институт

С каждым годом в нашей стране увеличивается потребность в выпуске пластмасс, особенно наиболее распространенных и дешевых фенопластов. При их производстве качество наполнителя (древесной муки) зависит от однородности, качества и вида сырья, используемого для ее производства. Согласно ГОСТ 16361—87 содержание коры в древесной муке для марок 140 и 180 высшего, первого и второго сортов составляет соответственно 0,1, 0,2 и 4,0 %.

По данным ЦНИИМОДа, на 10 из 19 предприятий, выпускающих древесную муку, нет полной и постоянной окорки пиловочного сырья, а 9 из них используют отходы лесопиления с большой примесью коры, являющейся одним из основных сортообразующих показателей [2]. Для очистки опилок используют механические вибрационные сепараторы, конструкция которых не позволяет полностью избавиться от коры.

В настоящее время для разделения мелкодисперсных материалов на фракции, наряду с механическими способами, используют методы трибоэлектрической, пироэлектрической, диэлектрической сепарации, а также сепарации по электрической проводимости [1]. Разделение происходит в электрическом поле коронного разряда с напряженностью от 1 до 5 кВ/см, что практически неприемлемо для органических мелкодисперсных веществ ввиду возможности их воспламенения.

Магнитная сепарация древесной муки с использованием трибоэлектрического эффекта, основанная на замене электрического поля коронного разряда магнитным полем, позволяет отделить кору непосредственно от муки. При этом частицы мелкодисперсного вещества мельче 50 мкм в процессе трения приобретают электрический заряд. Известно, что на движущуюся частицу массой  $m$ , имеющую заряд  $q$ , в магнитном поле с индукцией  $B$  действует сила

$$F = qvB, \quad (1)$$

где  $v$  — скорость движения частицы.

Эта сила направлена перпендикулярно силовым линиям поля и движению частицы (рис. 1).