

($\rho_0 = 0,01$ мм, $\Delta = 0,05$ мм), что соответствует $\alpha_p = 2,2$. Скорость резания $v = 35$ м/с. Поверхность пилы чистая и сухая.

Необходимо выбрать тип фрикционных колес и их габаритные размеры, принять давление в камерах шин колес и силу прижима колес к пиле, определить необходимое число приводных колес и требуемую мощность механизма подачи.

Используем для привода авиационные колеса модели 6 по ТУ 3800-40-77 с $D_k = 310$ мм и $B_k = 135$ мм. Давление $p_k = 0,4$ МПа и сила $G = 1,2$ кН обеспечивают (при чистой и сухой поверхности пилы) $\varphi = 0,7$. Коэффициент запаса сцепления принимаем $K_3 = 1,7$. При $\alpha_\Delta = 0,2$ МПа; $k = 30,2$ МПа; $\alpha_p = 2,0$; $P = 7,2$ Н/мм² и $U_z = 0,36$ мм удельная работа $K = 88,4$ МПа. Подставляя в формулу (3) значения K_3 , K , G , φ , b , h , u , v и S , имеем $n = 1,13$ (принимаем $n = 2,0$). Выбираем схему механизма привода с двумя приводными фрикционными колесами. При $\eta_\phi = 0,95$, $\eta_{рем} = 0,95$, $\eta_{под} = 0,99$ и $\bar{n} = 2$ получаем $\eta_{пр} = 0,8$. Подставляя в формулу (4) значения K , b , h ; u , S , v и $\eta_{пр}$, находим требуемую мощность механизма привода $N = 24,6$ кВт.

Полученные данные позволяют при заданных условиях пиления определять основные параметры механизма привода пилы ленточно-пильного станка с криволинейными аэростатическими направляющими (проектный расчет), а также находить условия эффективной эксплуатации имеющегося ленточнопильного станка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Бершадский А. Л., Цветкова Н. И. Резание древесины.— Минск: Вышэйш. шк., 1975.— 304 с. [2]. Прокофьев Г. Ф., Гриньков В. В. Ленточнопильный станок ЛД 150-1Э // Лесн. пром-сть.— 1990.— № 10.— С. 16—17. [3]. Прокофьев Г. Ф., Гриньков В. В. Ленточнопильный станок с пилой, движущейся по криволинейным аэростатическим направляющим // Деревообаб. пром-сть.— 1988.— № 10.— С. 4—5. [4]. Прокофьев Г. Ф. Интенсификация пиления древесины рамными и ленточнопильными пилами.— М.: Лесн. пром-сть, 1990.— 240 с. [5]. Прокофьев Г. Ф., Ходерян Б. А. Исследование криволинейных аэростатических опор ленточнопильного станка конструкции ЦНИИМОДа / ЦНИИМОД.— Архангельск, 1985.— 9 с.— Деп. в ВНИИПИЭлеспром 23.01.85, № 1402 лб. [6]. Прокофьев Г. Ф., Ходерян Б. А. Привод пилы ленточнопильного станка с криволинейными аэростатическими опорами // Проблемы интенсификации лесопильного производства: Науч. тр. / ЦНИИМОД.— 1984.— С. 130—137.

Поступила 1 октября 1990 г.

УДК 630*812

ЖЕСТКОСТЬ ДРЕВЕСИНЫ КАК ФУНКЦИЯ ЕЕ ГИДРОТЕРМИЧЕСКОГО СОСТОЯНИЯ

В. А. ШАМАЕВ, Г. К. ГАВРИЛОВ

Воронежский лесотехнический институт

Прессование древесины приводит к значительным изменениям состояния обрабатываемого материала. Важнейший показатель состояния древесины в процессе модифицирования — жесткость, характеризуемая модулем условно-упругих деформаций (модулем упругости) E_y . Он, как известно [5, 15], является косвенным критерием прочностных свойств материала. По данным Тэйбора [20] и других авторов, между модулем упругости и прочностью при растяжении существует тесная связь. Влияние влажности и температуры на модуль упругости натуральной древесины изучали многие исследователи [4, 7, 10, 16, 18]. А. М. Боровиковым установлено, что с увеличением влажности от 0 до

30 % модуль упругости уменьшается в 2, а с увеличением температуры от -20°C до $+90^{\circ}\text{C}$ — в 1,5 раза [4]. О влиянии плотности материала на модуль упругости имеются противоречивые сведения. По данным Г. К. Гаврилова [6], аналогичный показатель жесткости для сжатой поперек волокон древесины составляет 1000 и 3000 МПа в первой и третьей фазах деформирования соответственно. При этом в направлении прессования модуль упругости остается практически неизменным, а в поперечном направлении, как указывают П. Н. Хухрянский и Б. И. Огарков [9, 11, 17], увеличивается пропорционально степени сжатия. Для радиально прессованной древесины, Н. А. Модиним [8] показано, что модуль упругости интенсивно возрастает при плотности до 1300 кг/м^3 , а в интервале $1300 \dots 1450\text{ кг/м}^3$ не изменяется. Соотношение значений E_y для натуральной и прессованной древесины в радиальном направлении составляет 42 и 79 МПа, а в аксиальном направлении 1425 и 2815 МПа [14]. Корреляция модуля упругости с плотностью для натуральной древесины различных пород установлена А. Д. Романовым [13].

Измерение модуля упругости древесины в процессе сжатия поперек волокон неdestructивными методами [2, 3, 12] показало, что E_y монотонно возрастает в направлении, перпендикулярном действию сжатия, и резко уменьшается, а затем увеличивается до исходных или больших значений в направлении сжатия.

Следовательно, по одним данным [5, 6, 8] модуль упругости при сжатии поперек волокон в направлении сжатия увеличивается, по другим остается постоянным [9, 11, 17] или уменьшается [2, 3, 12]. Этому кажущемуся противоречию есть объяснение. Образцы как исходной, так и прессованной древесины сложны по структуре. При сжатии в древесине, наряду с увеличением содержания древесного вещества и усилением прочностных свойств, происходит частичная перестройка структуры материала и появляются элементы разрушения. Последнее вызывает внутренние напряжения, тем большие, чем более неблагоприятным было гидротермическое состояние древесины в момент сжатия [19]. Очевидно, что увеличение плотности должно способствовать возрастанию E_y , а наличие деформаций разрушения при сжатии уменьшать E_y . Взаимное влияние этих двух противоположных процессов в зависимости от гидротермического состояния древесины в момент сжатия дает различные значения E_y . Поэтому необходимо было оценить влияние плотности ρ для материала, подвергнутого сжатию и возвращенного в исходное состояние путем распрессовки. Одновременно целесообразно было выяснить влияние температуры t и влажности W на величину E_y , как для натуральной, так и прессованной древесины. Сложность эксперимента заключалась в том, что испытания необходимо было проводить на одном и том же образце для каждого влияющего фактора, а также для сравнения других факторов на образцах с близкими свойствами, выпиленных по одной аксиальной направляющей (волокну).

Нами проведены испытания для определения изменения модуля упругости при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении натуральной и модифицированной, прессованной и пропитанной карбамидом, древесины в зависимости от t , W и ρ . Для исследований брали образцы древесины березы размерами $20 \times 20 \times 60\text{ мм}$ (последний размер — в тангенциальном направлении), с плотностью от 600 до 1250 кг/м^3 . Температура испытаний $+10 \dots +135^{\circ}\text{C}$. Влажность исходного материала варьировали в зависимости от плотности: для натуральной древесины — от 0 до 48 %; для прессованной — от 0 до 15 %. Замеры производили при статическом нагружении на машине УМ-5а с применением тензометров Гугенбергера.

Все образцы натуральной и прессованной древесины содержали 15 % пластификатора — карбамида от массы абс. сухой древесины. Влияние добавок карбамида на E_y установлено ранее [19]. При испытаниях образцов из максимально уплотненной древесины получены начальные параметры и зависимости. Затем, посредством гидротермической обработки, образцы плавно распрессовывали и после приведения к исходной влажности и плотности испытывали в соответствии с ГОСТ 9629—81.

В ходе начальных испытаний было подтверждено, что E_y линейно снижается при повышении t (рис. 1), а угол наклона графиков изменяется с увеличением плотности древесины, что указывает на взаимное влияние ρ и t .

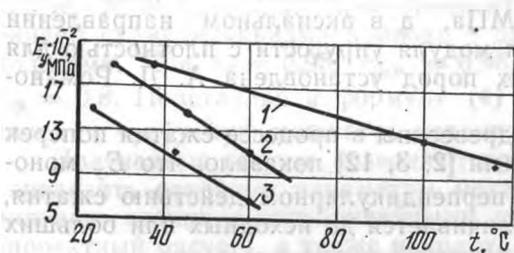


Рис. 1. Зависимость модуля упругости от температуры натуральной с плотностью 660 кг/м³ (кривые 1, 3) и прессованной с плотностью 1170 кг/м³ (кривая 2) древесины при влажности 0 % (кривые 1, 2) и 5 % (кривая 3)

Для натуральной древесины в интервале температур от 0 до +60 °С модуль упругости (в МПа) с доверительной вероятностью 67,2 % может быть рассчитан по следующим формулам:

при влажности 0 %

$$E_y = 2600 - 13t; \quad (1)$$

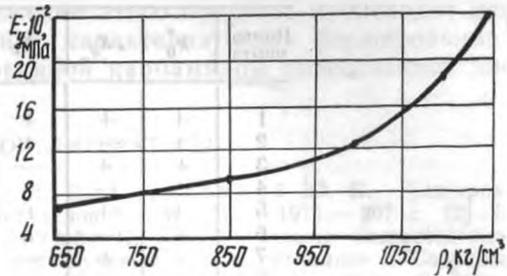
при влажности до 5 %

$$E_y = 1650 - 16t. \quad (2)$$

Наибольший интерес представляет зависимость модуля упругости от плотности (рис. 2). Согласно данным, приведенным в литературе, в направлении прессования E_y не возрастает, так как при прессовании происходят, главным образом, макроструктурные изменения (сплющивание полостей сосудов), не затрагивающие материал и основные связи. Влияние плотности может быть прослежено при обратном процессе — распрессовке. В качестве исходного материала брали прессованную древесину. Необходимые данные получали по мере распрессовки образцов при варьировании гидротермических условий с последующим кондиционированием.

В ходе обработки результатов, полученных при ступенчатой распрессовке древесины, было установлено, что для образцов с одинаковой влажностью имеет место определенная корреляция жесткости древесины со степенью ее распрессовки, т. е., в определенном смысле, с их плотностью. Значение E_y заметно изменяется при плотности 600... 1000 кг/м³, а свыше 1000 кг/м³ — еще более интенсивно, в целом повторяя характеристику третьей ветви диаграммы прессования. Для ориентировочных расчетов во всем исследуемом диапазоне можно считать, что E_y возрастает в зависимости от плотности по некоторой плавной кривой. С учетом собственного разброса показателей древесины при кусочно-линейной аппроксимации E_y может быть рассчитан по эмпирическому уравнению связи

Рис. 2. Зависимость модуля упругости от плотности натуральной и прессованной древесины при влажности 0 %



$$E_y = 800 + 44(\rho - 700). \quad (3)$$

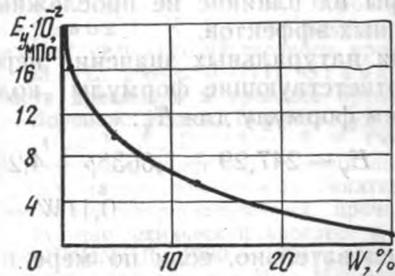
График зависимости E_y от влажности, описываемый параболой (рис. 3), при кусочно-линейной аппроксимации состоит из двух ветвей: для левой ветви при $W = 12\%$

$$E_y = 1700 - 100W, \quad (4)$$

для правой (более пологой) при $W > 12\%$

$$E_y = 800 - 15W. \quad (5)$$

Рис. 3. Зависимость модуля упругости от влажности натуральной древесины при плотности 660 кг/м³



В целом все зависимости E_y от состояния древесины могут быть выражены уравнениями прямой линии, хотя и с большим приближением. Зато появляется возможность количественно оценить в установленных пределах взаимное и совместное влияние на жесткость и деформативность натуральной и прессованной древесины таких факторов, как влажность и плотность, влажность и температура. Воспользуемся для этого методикой планирования эксперимента [1], позволяющей получить общее уравнение связи для описания линии пересечения плоскости эксперимента с поверхностью отклика (фигура жесткости) исследуемого материала.

Приняты следующие интервалы варьирования: температура $t = +10 \dots +130$ °С; влажность $W = 0 \dots 48$ %; плотность $\rho = 600 \dots 1200$ кг/м³.

Формулы кодирования имеют вид:

$$X_t = \frac{t - 70}{60}; \quad X_w = \frac{W - 24}{24}; \quad X_\rho = \frac{\rho - 900}{300}.$$

Матрица планирования и результаты ее реализации представлены в табл. 1.

Основные расчеты выполнены для погрешности порядка 5 %. Для исследованной древесины после распрессовки уравнение связи при кодированном значении переменных имеет следующий вид:

Таблица 1

Номер опыта	X_0^*	X_p	X_t	X_w	E_y , МПа
1	+	+	+	+	110
2	+	-	+	+	80
3	+	+	-	+	260
4	+	-	-	+	180
5	+	+	+	-	1500
6	+	-	+	-	1150
7	+	+	-	-	2600
8	+	-	-	-	1450

* X_0 характеризует нулевой или фоновый уровень, а математически — свободный член в уравнении связи.

$$E_y = 916,25 + 201,25X_p - 206,25X_t - 758,75X_w - 106,25X_pX_t - 143,75X_tX_w - 175,00X_pX_w \quad (6)$$

Из приведенной формулы видно, что в целом зависимости E_y древесины от плотности и температуры близки, но противоположны по знаку. Влияние W на E_y в исследованном интервале почти в 4 раза больше. При одновременном воздействии факторов влажности и температуры их влияние не прослеживается или близко к действию других парных эффектов.

Для натуральных значений переменных подставляем в выражение (6) соответствующие формулы кодирования. После преобразования получаем формулу для E_y :

$$E_y = 247,29 + 1,6638\rho + 4,2625t - 2,745W - 0,0059\rho t - 0,1tW - 0,0243\rho W \quad (7)$$

Следовательно, если по мере повышения степени уплотнения древесины в направлении прессования E_y практически не изменяется и имеет место значительное совместное влияние W и t , то при работе с древесиной, подвергнутой ступенчатой распрессовке, видно четкое влияние плотности, а взаимодействие парных факторов незначительно.

Как видно из табл. 2, если древесину подвергать совместному воздействию всех трех факторов, то их влияние на E_y несколько отличается от рассчитанного по уравнению (7) (случай сушки от влажности 60 до 0 % древесины березы, содержащей 15 % карбамида, с одновременным уплотнением от 600 до 1200 кг/м³ при сжатии поперек волокон в тангенциальном направлении).

Расхождение расчетных данных с экспериментальными произошло потому, что при длительной сушке под давлением пластификатор кар-

Таблица 2

Давление, МПа	Деформация, %	Продолжительность, ч	Температура, °С	Влажность, %	Плотность, кг/м ³	Модуль упругости, МПа		Примечание
						экспериментальный	расчетный по уравнению (7)	
0,0	0	0	100	60	666	8	18	Начало сушки
0,3	29	10	110	20	895	362	411	Середина сушки
0,7	50	20	120	3	1220	1190	1265	Конец сушки
0,0	48	22	20	3	1201	2450	2190	Охлаждение

бамид полимеризуется, увеличивая прочность и жесткость древесины. Таким образом, на всем протяжении этого процесса происходит непрерывное увеличение модуля Юнга, характеризующее формирование нового материала — модифицированной карбамидом прессованной древесины (дестама)

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Адлер Ю. П., Маркова Е. В., Грановский Ю. В. Планирование эксперимента при поиске оптимальных условий.— М.: Мир, 1971.— 207 с. [2]. Берзиньш Г. В., Зиёмелис А. Э., Эглайс И. Я. Исследование скоростей распространения продольных импульсных ультразвуковых волн в лигнামоне // Современные проблемы древесиноведения.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981.— С. 212—214. [3]. Берзиньш Г. В., Эглайс И. Я. Исследование скорости распространения импульсных продольных ультразвуковых колебаний в зависимости от плотности пластифицированной древесины // Облагораживание древесины.— Рига: Зинатне, 1971.— С. 101—104. [4]. Боровиков А. М. Исследование влияния температуры и влажности на упругость, вязкость и пластичность древесины: Автореф. дис. ... канд. техн. наук.— Воронеж, 1969.— 23 с. [5]. Бóльнскій В. Н. Определение реологических коэффициентов по диаграмме изгиба древесины // Лесн. журн., 1986.— № 5.— С. 63—67.— (Изв. высш. учеб. заведений). [6]. Гаврилов Г. К. Деформативные показатели и внутреннее трение древесины // Модифицированная древесина и ее использование в народном хозяйстве: Межвуз. сб.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1978.— С. 5—8. [7]. Макаревич С. С. Деформативные свойства, структурных элементов древесины // Механ. технол. древесины.— 1985.— № 15.— С. 95—101. [8]. Модил Н. А. Уплотнение древесины методом радиального прессования // Получение и применение в народном хозяйстве пластифицированной древесины и изделий из нее.— Рига: Зинатне, 1963.— С. 39—40. [9]. Огарков Б. И., Апостол А. В. Теория и физическая сущность прессования древесины.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1980.— 164 с. [10]. Огарков Б. И., Гаврилов Г. К. Влияние пропарки на реологические свойства древесины // Механизация сельскохозяйственного производства: Зап. Воронеж. СХИ.— Воронеж, 1972.— Т. 53.— С. 268—270. [11]. Огарков Б. И. Обоснование изменения механических свойств древесины в процессе прессования // Современные проблемы древесиноведения.— Воронеж: Изд-во Воронеж. ун-та, 1981.— С. 257—260. [12]. Ратениекс Я. Я., Роценс К. А., Гулбис Я. К. Особенности поведения древесины в процессе увеличения ее плотности путем сжатия поперек волокон // Модифицирование свойств древесных материалов.— Рига: Зинатне, 1984.— С. 5—20. [13]. Романов А. Д. Взаимосвязь макроскопических, прочностных и деформативных характеристик древесины // Научно-технический прогресс в деревообрабатывающей промышленности.— Киев: УкрНИИМОД, 1980.— 162 с. [14]. Сидоренко А. К. Детали машин из прессованной древесины.— М.: Машиностроение, 1982.— 86 с. [15]. Уголев Б. Н. Древесиноведение с основами лесного товароведения.— М.: Лесн. пром-сть, 1986.— С. 218—219. [16]. Уголев Б. Н., Лапшин Ю. Г., Кротов Е. В. Контроль напряжений при сушке древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1980.— 205 с. [17]. Хухрянский П. Н. Прессование древесины.— М.: Лесн. пром-сть, 1964.— С. 15—17. [18]. Чудинов Б. С. Вода в древесине.— Новосибирск: Наука. Сиб. отд-ние, 1984.— 270 с. [19]. Shamaev V. A. Modyfikacja drewna mocznikiem // Modyfikacja drewna: Materialy na IV Simpozium naukowe.— Poznan: WRZES, 1983.— S. 26—59. [20]. Taubor S. E., Bender D. A. Simulating correlated lumber properties using a modified multivariate normal approach // Trans ASAE.— 1988.— 31, N 1.— P. 182—186.

УДК 674.093.6

ВОЗМОЖНОСТЬ УКРУПНЕННОЙ СОРТИРОВКИ БРЕВЕН ПО ДИАМЕТРАМ В ЛЕСОПИЛЬНОМ ПОТОКЕ, ОСНАЩЕННОМ БАЗОФОРМИРУЮЩЕЙ ЛИНИЕЙ

Л. С. СУРОВЦЕВА, Л. И. БАХМЕТЬЕВА

Архангельский лесотехнический институт

Особенностью потоков, оснащенных базоформирующей линией (БФЛ), является получение пилозаготовок в результате ориентации бревен перед базоформированием, которая задана относительным смещением центров торцов бревен в горизонтальной и вертикальной