

ем условий получения наибольшего выхода пиломатериалов, минимизации отходов древесины бревна в горбыль.

Полученные результаты проверены гидростатическим методом экспериментально и позволяют упростить расчеты баланса древесины.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1]. Алексеев А.Е., Горяева С.Н., Постников Б.М. Формализованный метод расчета поставов // Лесн. и деревообраб. пром-сть: Информ. сб. / ВНИПИЭИлеспром. - 1990. - № 1. - С. 22-24. [2]. Алексеев А.Е., Горяева С.Н. Сборник несимметричных поставов для распиловки еловых бревен на экспортные пиломатериалы // Деревообработка: Информ. сб. / ВНИПИЭИлеспром. - 1991. - № 6. - С. 9. [3]. Алексеев А.Е. Определение параметров горбыля с учетом результатов распиловки // Науч. тр. – М.: МГУЛ, 1996. - С. 213-238. [4]. Алексеев А.Е., Постников Б.М. Расчет поставов при различных способах установки бревна перед раскромом // Совершенствование технологии подготовки сырья к раскрою: Науч. тр.- Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. - С. 87-96. [5]. Алексеев А.Е. Ресурсосберегающие технологии раскромки пиловочного сырья: Автореф. дис. ... д-ра техн. наук. - Архангельск, 1998. - 46 с. [6]. Алексеев А.Е. Характер распределения елового пиловочного сырья по кривизне // Резервы использования материальных и трудовых ресурсов: Науч. тр. - Архангельск: ЦНИИМОД, 1988. - С. 12-19. [7]. А.с. 1355488 СССР, МКИ В 27 В 1/00. Способ распиловки бревен / В.Г. Турушев, А.Е. Алексеев. - № 38611221/29-15; Заявлено 30.12.84; Оpubл. 30.11.87, Бюл. № 44 // Открытия. Изобретения. - 1987. - № 44. - С. 71. [8]. А.с. 1824300 СССР, МКИ В 27 В 1/00. Способ распиловки бревен / В.Г. Турушев, А.Е. Алексеев - № 4837134/15; Заявлено 11.06.90; Оpubл. 30.06.93, Бюл. № 24 // Открытия. Изобретения. - 1993. - № 24. - С. 69. [9]. Дуббель Г. Справочник по математике. - М.; Л.: ОНТИ-НКТП СССР, 1936. - 320 с.

Поступила 17 декабря 1996 г.

УДК 630*812

В.В. ДУНАЕВА, В.Ф. ДУНАЕВ

Дунаева Валерия Викторовна родилась в 1938 г., окончила в 1960 г. Архангельский педагогический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры теоретической механики Архангельского государственного технического университета. Имеет 45 печатных трудов в области совершенствования дереворежущего инструмента и процессов лесопиления.



Дунаев Владимир Федорович родился в 1938 г., окончил в 1970 г. Северо-западный заочный политехнический институт, кандидат технических наук, доцент кафедры автоматизации технологических процессов и производств Архангельского государственного технического университета. Имеет 42 печатных труда в области автоматизации процессов лесопиления.



ПРОГНОЗИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ПИЛОМАТЕРИАЛОВ

Получено уравнение, описывающее силу реакции материала при деформировании с постоянной скоростью в зависимости от сложности структуры и накопленных повреждений; составлены алгоритм функционирования механизма деформирования и программа обработки результатов испытаний на языке Паскаль.

The equation has been set up, describing the reactive force of the material under deformation with constant speed depending on the complexity of structure and damages occurred; the algorithm is developed for functioning the deformation mechanism as well as programme of processing the testing results in Pascal.

Механические свойства пиломатериалов – модуль упругости и прочность – интересуют потребителей в первую очередь. Определение в производственных условиях показателей этих свойств представляет собой сложную теоретическую и техническую задачу.

В первых работах по автоматическому определению механических свойств* использовали следующую теоретическую зависимость между предельной силой реакции y , приложенной нагрузкой P и вызванным ею прогибом x :

$$y = k \frac{P}{x} + c \pm 3\sigma, \quad (1)$$

где k – коэффициент пропорциональности, учитывающий породу древесины и сечение пиломатериала;

c – коэффициент, экспериментально определяемый для каждой породы и сечения;

σ – среднеквадратическое отклонение погрешности измерений и вычислений.

* Голяков А.Д. Исследование метода прочностной сортировки для колесных несущих конструкций: Автореф. дис. ... канд. техн. наук. – Л., 1972. – 20 с.

Коэффициент корреляции r между предельной нагрузкой y и прогибом x изменяется от 0,5 до 0,8. Из-за низкой точности прогноза предельной нагрузки отказались от испытательных механизмов, использующих соотношение (1).

Более высокую точность прогноза обеспечивает следующее эмпирическое соотношение (см. ссылку на с. 128):

$$\begin{cases} y_x = \frac{a}{1 + e^{-b(x-c)}} - d; \\ y_h = \frac{p}{1 + e^{-q(h-r)}} - z, \end{cases} \quad (2)$$

где y_x – поперечная сила при прогибе x ;
 y_h – поперечная сила при смятии h в момент изгиба x ;
 a, b, c, d, p, q, r, z – эмпирические коэффициенты, характеризующие механические свойства пиломатериала.

Предельную нагрузку $y_{пр}$ выбирают по условию

$$y_{пр} = \min \begin{cases} y_{x=c} + (0,43 \dots 0,46)a; \\ y_{h=r} + (0,43 \dots 0,46)p, \end{cases}$$

где $y_{x=c}$ – поперечная сила при $x = c$, которой соответствует максимум первой производной y_x по x ;

$y_{h=r}$ – поперечная сила при смятии $h = r$, которой соответствует максимум первой производной y_h по h .

Практика показала, что прогноз предельной нагрузки по формуле (2) справедлив только для поперечного изгиба пиломатериала с той же скоростью деформирования, что и при испытаниях.

Для обеспечения прогноза с ошибкой не более $\pm 5\%$ необходимо деформировать образец до 0,7 ... 0,8 максимально возможной деформации, однако при этом в нем появляются значительные разрушения.

Наибольшая точность прогноза предельной нагрузки была получена после разработки математического описания диаграммы деформирования материалов, отражающей развитие силы реакции образца при деформировании (сжатии, растяжении, изгибе) с постоянной скоростью.

При этом были отмечены следующие особенности деформирования:

1) древесина представляет собой многокомпонентный материал, причем каждый компонент является аддитивной составляющей прочности образца;

2) количество компонентов зависит от структуры и наклона волокон в образце, места выпилки образца из бревна;

3) все компоненты материала разрушаются с одинаковой скоростью, имеют различные деформации и модули упругости;

4) начальный (вогнутый) участок отражает всю предысторию деформирования образца, включая механические воздействия при распиловке, транспортировке, пакетировании и сушке;

5) многокомпонентный материал может иметь параллельную, последовательную и комбинированную структуру;

6) у материала с параллельной структурой из n компонентов деформации равны, а сила реакции является суммой реакций всех компонентов;

7) у материала с последовательной структурой из n компонентов деформация равна сумме деформаций всех компонентов, а сила реакции каждого компонента равна силе реакции образца.

Все перечисленные особенности отражает уравнение для материалов с параллельной структурой:

$$y = y_1 + y_2 + \dots + y_n = \sum_{i=1}^n y_i = \sum_{i=1}^n k_i z_i e^{-\frac{x_i}{v t_{oi}}} e^{-\frac{x_i + x_{внi}}{x_{oi}}} = \left(1 - e^{-\frac{x_i + x_{внi}}{x_{pi}}} \right), \quad (3)$$

где y_i – сила реакции i -го компонента материала;

k_i – коэффициент пропорциональности (аналог модуля упругости);

$$z_i = \begin{cases} x_i + x_{внi}, & \text{если } x_i + x_{внi} \leq x_{oi}; \\ x_{oi}, & \text{если } x_i + x_{внi} > x_{oi}; \end{cases}$$

x_i – деформация i -го компонента, соответствующая силе y_i ;

$x_{внi}$ – внутренняя деформация i -го компонента;

x_{oi} – постоянная деформирования i -го компонента (резерв деформации);

v – скорость деформирования;

t_{oi} – постоянная времени разрушения i -го компонента;

x_{pi} – размер деформации до испытаний.

Уравнение (3) отражает физический смысл процесса деформирования многокомпонентного материала. Оно содержит такие оценки, которые раньше не были известны: x_p – максимальная деформация, которую имел образец до начала испытаний; $x_{внi}$ – деформация, вызванная внутренними напряжениями (например, от воздействий неравномерности влажностного, температурного поля в материале и т. д.). С помощью этого уравнения можно оценить и другие механические свойства (например, постоянные разрушения, которые до сих пор определяли отдельными специальными экспериментами).

Для решения уравнения (3) была составлена программа, основанная на методах экспоненциальной аппроксимации, наименьших квадратов и Гаусса.

Выполнение программы начинается с введения числа измерений и результатов измерений. Программа автоматически определяет до 12 компонентов.

В качестве контрольного примера использовали 25 начальных результатов измерения образца, который разрушился после 62 измерений.

Сравнение экспериментальных и расчетных данных приведено в таблице.

Сила реакции, Н		Абсолютная погрешность измерения, Н
расчетная	экспериментальная	
6 103,0	6 062,5	- 40,5
7 181,1	7 237,5	+ 56,4
8 117,0	8 212,5	+ 105,5
8 899,8	8 987,5	+ 87,7
9 528,6	9 587,5	+ 58,9
10 009,2	9 987,5	- 21,7
10 351,4	10 225,0	- 126,4
10 452,3	10 250,0	- 202,3

Абсолютная погрешность испытательной установки составила 250,0 Н, максимальное расхождение экспериментальных данных с расчетными – 202,3 Н.

$$\text{Дальность прогноза } d = \frac{N_{\max}}{N_{\text{рас}}} = \frac{62}{25} = 2,48, \text{ т. е. измерения необходи-}$$

мы только на начальном участке нагружения, при этом доля использован-

$$\text{ных данных } D = \frac{1}{d} = \frac{N_{\text{рас}}}{N_{\max}} = 0,4 \text{ без}$$

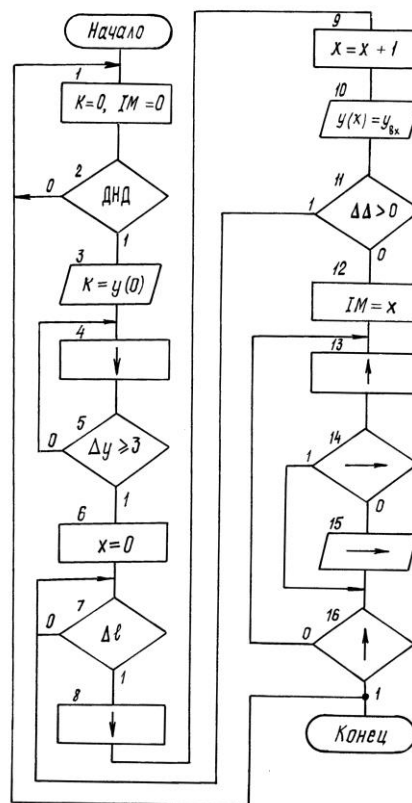
потери точности результата (N_{\max} – число измерений до разрушения; $N_{\text{рас}}$ – число измерений, использованных в расчетах).

Это свидетельствует о том, что эмпирическое уравнение (3) отражает объективную физическую закономерность.

Для использования уравнения (3) на практике можно применять испытательную технику, имеющую стабильную скорость движения механизма нагружения, электронный съем информации о перемещении и силе реакции.

Алгоритм управления приведен на рисунке.

Перед началом цикла измерения очищают регистры УМПК (оператор 1) и ожидают появления доски (ДНД = 0) – оператор 2. При появлении доски на измерительной позиции в регистр K заносят результат измерения силы (оператор 3), включают механизм деформирования (оператор 4) и определяют момент начала дефор-



Алгоритм управления механизмом деформирования и измерения силы реакции и деформации