

## ЛИТЕРАТУРА

- [1]. ГОСТ 27.202—83. Надежность в технике. Технологические системы. Методы оценки надежности по параметрам качества изготавливаемой продукции.— Введ. 01.07.84.— М.: Изд-во стандартов, 1984.— 50 с. [2]. Ковзун Н. И. Косвенный метод расчета входного уровня дефектности партии пиломатериалов по толщине // Измерительная техника.— 1984.— № 9.— С. 27—28. [3]. Курицын А. К., Соболев И. В., Шемелин А. И. Управление качеством обработки пиломатериалов.— М.: Лесн. пром-сть, 1983.— 63 с. [4]. Об эффективности статистического регулирования точности рамной распиловки / И. В. Соболев, А. И. Шемелин, Г. А. Хмылова, А. К. Курицын // Контроль и управление качеством продукции: Науч. тр. ЦНИИМОД.— С. 57—62. [5]. Соболев И. В., Курицын А. К. Статистический контроль и регулирование процесса рамной распиловки // Планирование раскроя и контроль качества пиломатериалов: Лекции обществ. заоч. ин-та НТО лесн. пром-сти и лесн. хоз-ва.— М.: Лесн. пром-сть, 1977.— С. 71—99. [6]. Фергин В. Р., Курицын А. К. Алгоритмы сбора и обработки информации при управлении точностью рамной распиловки // Лесн. журн.— 1975.— № 6.— С. 136—140. (Изв. высш. учеб. заведений). [7]. Шор Я. Б. Статистические методы анализа и контроля качества и надежности.— М.: Сов. радио, 1962.— 552 с. [8]. Brown D. Determining Lumber Target Sizes and Monitoring Sawing Accuracy // Forest Products J.— 1979.— V. 29, N 4.— PP. 48—54. [9]. Williston E. M. How to Increase Profit in Bandsawing // Practical Models for Increased Lumber Recovery.— Sweden, Uddeholm.— 44 s.

УДК 630\*812 : 674.812

## БЕСПРЕССОВОЕ УПЛОТНЕНИЕ ДРЕВЕСИНЫ

А. В. АПОСТОЛ

Воронежский лесотехнический институт

Образцы березы размером  $40 \times 40 \times 80$  мм (большой размер в направлении вдоль волокон) с радиальным и тангенциальным направлениями волокон исследовали с целью выяснения влияния структурных направлений на характер и величину беспреессового уплотнения.

Предварительно все образцы высушивали до постоянной массы при температуре  $100 \pm 5$  °С, взвешивали и измеряли в радиальном и тангенциальном направлениях соответственно с точностью 0,01 г и 0,01 мм. Затем образцы помещали в прессформы, где с помощью винтов и планок фиксировали их размеры: у первой партии образцов — в радиальном, у второй — в тангенциальном направлениях. Далее образцы вместе с прессформами погружали в воду температурой 20 °С, выдерживали в течение 1 сут и высушивали при температуре  $100 \pm 5$  °С до постоянной массы.

Затем образцы снова взвешивали, измеряли, помещали в те же прессформы, где фиксировали их новые размеры и вновь погружали в воду. Циклы увлажнения и высушивания повторяли до получения стабильных размеров образцов в сухом состоянии.

Для изучения процесса водопоглощения образцов (в прессформах) в несвободном состоянии и выбора оптимального времени выдерживания их в воде эксперимент проводили при длительности водопоглощения в течение 1, 2, 6, 12, 14, 15, 20 сут.

Данные о водопоглощении несвободных образцов в зависимости от длительности выдерживания их в воде представлены в табл. 1.

Таблица 1

| Длительность выдерживания в воде, сут | 1    | 2    | 6    | 12   | 14   | 15   | 20   | 48   |
|---------------------------------------|------|------|------|------|------|------|------|------|
| Водопоглощение, %                     | 23,5 | 25,6 | 27,2 | 27,9 | 28,7 | 29,9 | 30,1 | 30,5 |

Из табл. 1 видно, что наиболее интенсивное водопоглощение несвободных образцов происходит за первые сутки и составляет около 23,5 % (у свободных, не помещенных в прессформы, — 56 %). Дальнейшая выдержка образцов в воде приводит к замедленному росту водопоглощения.

Так как усушка древесины связана с удалением связанной влаги, то наибольшая ее величина наблюдается при сушке древесины, достигшей предела гигроскопичности. Однако из-за длительности процесса водопоглощения сушку несвободных образцов проводили после выдерживания их в воде в течение 1 сут. Это ускоряло процесс беспреессового уплотнения, хотя усушка в каждом цикле снижалась примерно на 1,35 %. Усушка несвободных образцов в направлении, перпендикулярном уплотнению, в каждом

цикле остается постоянной, равной в радиальном направлении 1,3 %, в тангенциальном — 2,4 %.

Усушка тех же образцов в направлении уплотнения зависит от структурных направлений волокон и числа циклов. Результаты измерения беспрессового уплотнения образцов в радиальном и тангенциальном направлениях в зависимости от числа циклов приведены в табл. 2. Из данных табл. 2 видно, что в первых циклах наблюдается большее уплотнение образцов с тангенциальным расположением волокон по сравнению с радиальным. С увеличением числа циклов эта разница снижается.

Таблица 2

| № цикла | Уплотнение в направлении |                   | № цикла | Уплотнение в направлении |                   |
|---------|--------------------------|-------------------|---------|--------------------------|-------------------|
|         | радиальном               | тангенциальном, % |         | радиальном               | тангенциальном, % |
| 1       | 2,35                     | 3,87              | 8       | 28,50                    | 34,62             |
| 2       | 6,36                     | 7,44              | 9       | 31,55                    | 37,25             |
| 3       | 10,40                    | 12,16             | 10      | 34,22                    | 39,69             |
| 4       | 15,13                    | 18,36             | 11      | 36,70                    | 41,52             |
| 5       | 19,19                    | 22,63             | 12      | 39,30                    | 43,20             |
| 6       | 22,48                    | 27,57             | 13      | 41,90                    | 44,91             |
| 7       | 25,60                    | 31,25             | 14      | 44,12                    | 46,62             |

Максимальное уплотнение за 14 циклов у образцов с радиальным направлением волокон составило 44 %, а с тангенциальным — 46 %; плотность древесины повысилась с 610 до 1 090 кг/м<sup>3</sup>. Уплотнение древесины  $У$  (в процентах) после каждого цикла вычисляли по формуле:

$$У = \frac{H - K}{H} 100,$$

где  $H$  — первоначальный размер сухого образца в выбранном для уплотнения направлении, мм;

$K$  — конечный размер сухого образца после очередного цикла в том же направлении, мм.

При статистической обработке экспериментальных данных установлены небольшие коэффициенты изменчивости для показателей точности, не превышающих 2,54 %, что позволяет считать результаты исследований достаточно надежными. Установлено, что многократная сушка образцов при температуре 100 °С снижает предел гигроскопичности. Так, за 14 циклов увлажнения и высушивания гигроскопичность снизилась на 2,5 %; плотность древесины повысилась в 1,8 раза; предел прочности при сжатии вдоль волокон увеличился на 37 % и составил 102 ... 107 МПа.

Итак, используя закономерности несвободного разбухания древесины в воде и последующей усушки, можно с помощью несложного фиксирующего приспособления уплотнить древесину, повысив ее физико-механические свойства.

УДК 629.11.012.81

## ОПРЕДЕЛЕНИЕ УГЛОВОЙ ЖЕСТКОСТИ ПАКЕТА ПРИ СКРУЧИВАНИИ

Г. К. ЛЕНИУК

УкрНПОбумпром

При изучении поперечной динамики лесовозного автопоезда и установлении основных параметров подвески роспуска необходимо знать угловую жесткость пакета при скручивании.

В данной работе показывается, что жесткость пакета на изгиб вполне определяет его угловую жесткость при скручивании и приводится соответствующая зависимость.

Пакет представляет собой балку длиной  $l$  с непрерывно распределенной массой переменной интенсивности и свесами комлевой части  $a$  и вершинной  $b$ .

Имея в виду, что угол скручивания элемента  $dx$  пакета определяется выражением

$$d\varphi = \frac{M_K}{GI_p} dx, \quad (1)$$

где  $M_K$  — постоянное значение крутящего момента между опорами;  
 $G$  — модуль сдвига;  
 $I_p$  — полярный момент инерции сечений элемента  $dx$ ,

найдем зависимость между углами скручивания двух смежных элементов:

$$d\varphi_{i+1} = \frac{I_{pi}}{I_p(i+1)} d\varphi_i, \quad (2)$$

где  $d\varphi_i$ ,  $d\varphi_{i+1}$  — соответственно углы скручивания  $i$ -того и  $(i+1)$ -го элементов;  
 $I_{pi}$ ,  $I_{p(i+1)}$  — соответственно полярные моменты инерции сечений  $i$ -того и  $(i+1)$ -го элементов.

Разбивая участок пакета длиной  $(x-a)^*$ , начиная с первого опорного сечения  $A$ , на  $n$  элементарных частей, получим приближенно угол поворота сечения  $x$  относительно первого опорного сечения суммированием  $n$  частных результатов:

$$\begin{aligned} d\varphi + \frac{I_{p1}}{I_{p2}} d\varphi + \frac{I_{p2}}{I_{p3}} \frac{I_{p1}}{I_{p2}} d\varphi + \frac{I_{p3}}{I_{p4}} \frac{I_{p2}}{I_{p3}} \frac{I_{p1}}{I_{p2}} d\varphi + \dots + \\ + \frac{I_p(n-1)}{I_{pn}} \frac{I_p(n-2)}{I_{p(n-1)}} \dots \frac{I_{p2}}{I_{p3}} \frac{I_{p1}}{I_{p2}} d\varphi = \left( 1 + \frac{I_{p1}}{I_{p2}} + \frac{I_{p1}}{I_{p3}} + \right. \\ \left. + \frac{I_{p1}}{I_{p4}} + \dots + \frac{I_{p1}}{I_{pn}} \right) d\varphi, \end{aligned} \quad (3)$$

где  $d\varphi$  — угол скручивания первого элемента в опорном сечении  $A$ ;  
 $I_{pi}$  — полярный момент инерции сечений  $i$ -того элемента.

Точное значение угла поворота сечения  $x$  относительно первого опорного сечения определяется пределом Римановой суммы (3) при  $n \rightarrow \infty$ , т. е. определенным интегралом

$$\varphi(x) = \frac{C_6(\gamma - \beta)}{GI_{pA}} \int_a^x \frac{I_{pA}}{I_p(\xi)} d\xi, \quad (4)$$

где  $C_6(\gamma - \beta)$  — постоянное значение крутящего момента между опорами;  
 $C_6$  — угловая жесткость пакета при скручивании;  
 $(\gamma - \beta)$  — угол поворота второго опорного сечения  $B$  пакета относительно первого опорного сечения  $A$ ;  
 $G$  — модуль сдвига;  
 $I_{pA}$  — полярный момент инерции опорного сечения  $A$ ;  
 $I_p(\xi)$  — полярный момент инерции произвольного сечения  $\xi$  пакета.

Полное закручивание пакета, т. е. угол поворота второго опорного сечения относительно первого, определится из выражения (4):

$$\gamma - \beta = \frac{C_6(\gamma - \beta)}{GI_{pA}} \int_a^{l-b} \frac{I_{pA}}{I_p(\xi)} d\xi, \quad (5)$$

откуда искомое значение угловой жесткости пакета

$$C_6 = \frac{GI_{pA}}{l-b} = \frac{G}{\int_a^{l-b} \frac{d\xi}{I_p(\xi)}}. \quad (6)$$

По определению полярного момента инерции сечения

$$I_p(\xi) = I_y(\xi) + I_z(\xi), \quad (7)$$

где  $I_y(\xi)$  и  $I_z(\xi)$  — осевые моменты инерции сечения  $\xi$  относительно горизонтальной и вертикальной осей сечения.

Следовательно, всегда имеется возможность определить полярный момент инерции сечения по осевым, используя метод Гастева — Цофила\*\*.

\* Координата  $x$  отсчитывается от комлевого сечения пакета.

\*\* Гастев Б. Г., Мельников В. И. Основы динамики лесовозного подвижного состава. — М.: Лесн. пром-сть, 1967. — 220 с.

В случае равенства осевых моментов  $I_y(\xi) = I_z(\xi) = I(\xi)$  формула (6) примет вид

$$C_0 = \frac{2G}{l-b} \cdot \int_a^{l-b} \frac{d\xi}{I(\xi)} \quad (8)$$

Рассмотрим пример при следующих данных: объем пакета  $V_n = 19,53 \text{ м}^3$ ; масса пакета  $M_n = 14,9 \text{ т}$ ; средний диаметр хлыстов  $d_{ср} = 28 \text{ см}$ ; длина пакета  $l = 23 \text{ м}$ ; свес комлевой части  $a = 1,1 \text{ м}$ ; пролет между опорами — 16,5 м.

Осевой момент инерции пакета по Гастеву — Цофину

$$I(x) = 29,7 (0,084 - 0,016x^{0,5})^3 \text{ м}^4.$$

Интенсивность массы по Цофину

$$m(x) = 1,644 - 0,311x^{0,5} \text{ т/м},$$

значит,

$$\int_a^{l-b} \frac{d\xi}{I(\xi)} = \frac{1}{29,7} \int_{1,1}^{17,6} (0,084 - 0,016x^{0,5})^{-3} = 24\,672,2.$$

При нормальном модуле упругости  $E = 10^{10} \text{ Н/м}^2$  и модуле сдвига

$$G \approx \frac{10^{10}}{2(1+0,3)} = 3,8461538 \cdot 10^9 \text{ Н/м}^2$$

угловая жесткость пакета

$$C_0 = \frac{2 \cdot 3,8461538 \cdot 10^9}{24672,2} = 311780,5 \text{ Н} \cdot \text{м/рад}.$$

Используя формулы (6) и (8), можно также контролировать правильность определения осевого момента инерции пакета путем экспериментального определения его угловой жесткости.

УДК 662.62 : 662.612.3

## КИНЕТИЧЕСКИЕ ХАРАКТЕРИСТИКИ ВЫХОДА ЛЕТУЧИХ ИЗ ТВЕРДЫХ ТОПЛИВ

В. К. ЛЮБОВ, С. М. ШЕСТАКОВ, В. Ю. ЗАХАРОВ,  
О. А. ЛЮБОВА

Архангельский лесотехнический институт  
Ленинградский политехнический институт

Одна из важных задач котлостроения — создание унифицированных по топливу парогенераторов. Актуальность данной задачи определяется как необходимостью перевода индивидуального производства котлоагрегатов в серийное поточное изготовление унифицированных блоков, так и использованием на электростанциях нерасчетных топлив все более низкого качества.

Опыт низкотемпературного вихревого сжигания широкой гаммы топлив [3] показал, что топки Ленинградского политехнического института (ЛПИ) достаточно унифицированы по топливу, т. е. режим работы топки мало зависит от характеристик топлива. В связи с этим значительный интерес представляет проверка данной схемы при организации совместного сжигания некондиционных древесных отходов с дробленым углем, расчетное обоснование возможности которого приведено в работе [5].

На ТЭЦ Архангельского целлюлозно-бумажного комбината (АЦБК) и многих других станциях Северо-Западного экономического района сжигают интинские, кузнецкие и воркутинские каменные угли, однако достаточно надежных экспериментальных данных по кинетике выхода летучих для данных углей нет. Ввиду этого для выполнения расчетного анализа процесса воспламенения топливной смеси, при условии совместного сжигания неликвидных древесных отходов с немолотыми углями данных марок в топке ЛПИ, нами проведено исследование кинетических характеристик данных углей на экспериментальной установке.

Установка выполнена на базе серийно выпускаемого прибора — дериватографа, конструкция и принцип действия которого приведены в работе [2]. Данный прибор