

СОВЕРШЕНСТВОВАНИЕ МЕТОДА ОЦЕНКИ ГИБКОСТИ ЛЬНЯНОГО ВОЛОКНА

А.В. КУЛИКОВ, Е.Л. ПАШИН

(Костромской государственной технологической университет,
Всероссийский научно-исследовательский институт по переработке лубяных культур)

Ранее [1] была получена зависимость абсолютной деформации d от параметров валковой пары 2 и свойств горсти волокна 1 (рис. 1 – схема взаимодействия горсти волокна с валковой парой).

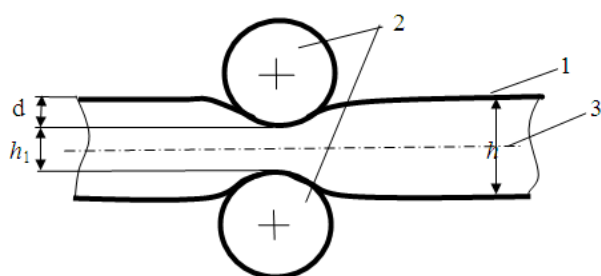


Рис. 1

Эту зависимость запишем в виде функции:

$$d = f(m, R, B, k), \quad (1)$$

где m – масса верхнего вала; R – радиус валков; B – жесткость на изгиб; k – коэффициент упругости при поперечном сжатии волокон (коэффициент постели).

Данная зависимость получена с помощью следующей модели. На упругом основании лежит балка. Упругое основание позволяет учесть деформационные свойства волокна при сжатии, которые количественно определяются коэффициентом постели k , а балка учитывает влияние жесткости на изгиб B . В данной модели балка является бесконечно тонкой.

Зависимость (1) была получена для постоянной высоты горсти $h_0=4$ см. Очевидно, что при изменении высоты горсти ее свойства будут изменяться. Так, жесткость балки на изгиб будет увеличиваться пропорционально высоте h . Это следует из того, что при увеличении высоты возрастает число волокон горсти. Поэтому жесткость балки на изгиб при высоте горсти, равной h , будет равна:

$$B(h) = \frac{B_0 h}{h_0}, \quad (2)$$

где B_0 – жесткость балки на изгиб при высоте горсти, равной h_0 .

Покажем, что коэффициент постели k обратно пропорционален высоте горсти. Если к пружине длиной ℓ приложить некоторую силу F , то деформацию Δ можно будет найти из соотношения:

$$F = k\ell\Delta, \quad (3)$$

где $k\ell$ – жесткость пружины длиной ℓ .

Разделим эту пружину на n частей. Длина одной такой части будет равна ℓ/n , а деформация Δ/n . При этом сила, приложенная к ней, также будет равна F . Следовательно, жесткость k_2 уменьшенной в n раз пружины будет по определению равна

$$k_2 = \frac{F}{(\Delta/n)} = n \frac{F}{\Delta} = nk\ell. \quad (4)$$

Из полученного соотношения видно, что при уменьшении длины пружины в n раз, ее жесткость увеличивается в такое же число раз.

Поэтому для коэффициента постели k можно применить следующую зависимость:

$$k(h) = \frac{k_0 h_0}{h}, \quad (5)$$

где k_0 – коэффициент постели при высоте горсти, равной h_0 .

Теперь выражение для деформации примет вид:

$$d = f(m, R, \frac{B_0 h}{h_0}, \frac{k_0 h_0}{h}) = f_1(m, R, B_0, k_0, h). \quad (6)$$

В результате эксперимента можно измерить высоту деформированной горсти h_1 , которая равна:

$$h_1 = h - 2d = h - 2f_1(m, R, B_0, k_0, h). \quad (7)$$

Предположим, что коэффициент k_0 является постоянным для различного волокна, тогда высоту h_1 можно представить в виде:

$$h_1 = h - 2f_2(m, R, B_0, h). \quad (8)$$

Масса m и радиус валков R известны, поэтому данное уравнение содержит две неизвестные B_0 и h . Для того, чтобы получить второе уравнение, предлагается установить последовательно две валковые пары с различными параметрами (рис. 2 – схема испытания при определении гибкости).

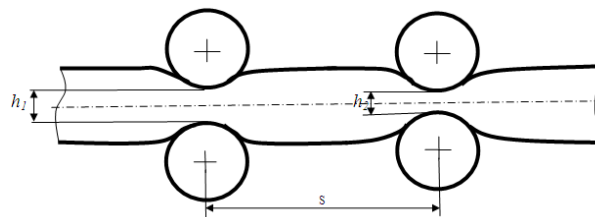


Рис. 2

Таковыми параметрами являются радиусы и массы валков. Если вторая пара будет иметь радиусы валков, отличные от первой, то для обеспечения постоянной линейной скорости горсти потребуется использовать различные частоты вращения. Следовательно, рационально применить валки различной массы. Обозначим массу верхнего валка второй пары через m_2 . Минимальное расстояние между парами должно выбираться из условия существования между ними недеформированного участка горсти.

Таким образом, получим второе уравнение:

$$h_2 = h - 2d_2 = h - 2f_2(m_2, R, B_0, h), \quad (9)$$

где h_2 – высота деформированной во второй валковой паре горсти, d_2 – соответствующая деформация.

Данные два выражения (8) и (9) содержат две неизвестные B_0 , h . Зная скорость перемещения горсти, можно определить высоту (h_1 и h_2) деформированной горсти в одном и том же поперечном сечении, то есть при постоянном h . Для этого после измерения толщины горсти h_1 в первой валковой паре, через промежуток времени t необходимо провести измерение высоты h_2 во второй валковой паре. Здесь t – это время, за которое сечение горсти перемещается из центра одной валковой пары в

центр другой. Его можно вычислить по формуле:

$$t = \frac{S}{v}, \quad (10)$$

где S – расстояние между валковыми парами; v – линейная скорость перемещения горсти.

Так как высота горсти изменяется непрерывно, от нуля на конце до некоторого максимального значения, находящегося около середины, то всегда можно выбрать сечение горсти с определенной высотой h_1 , например $h_1 = 1$ см. Определив соответствующую этому сечению высоту h_2 , из системы уравнений (8) и (9) можно найти жесткость B_0 . Решая данную систему для различных значений h_2 , можно получить зависимость $B_0(h_2)$.

Введем параметр $\delta = h_1 - h_2$, равный изменению абсолютной деформации при перемещении из одной валковой пары в другую. Так как $h_1 = 1$ см постоянно, то δ определяется только значением h_2 . Поэтому можно получить зависимость жесткости B_0 от увеличения абсолютной деформации (параметра δ). Средствами MATLAB была получена такая зависимость (рис. 3). В расчетах масса валков принималась равной $m_1 = 150$ г, $m_2 = 300$ г.

Таким образом, полученная зависимость позволяет определять изгибную жесткость. Для этого необходимо измерить высоту h_2 в сечении, для которого $h_1=1$ см,

найти $\delta = h_1 - h_2$, и по графику 3 найти жесткость.

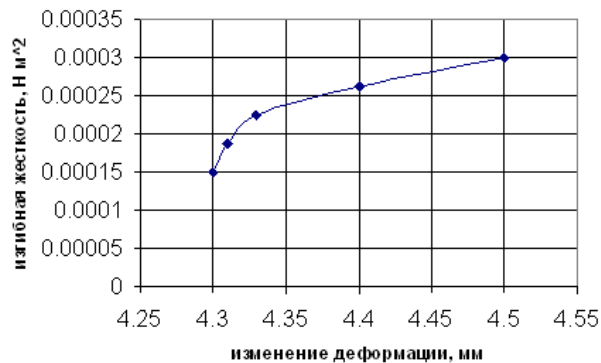


Рис. 3

ВЫВОДЫ

Предложен метод расчета показателей жесткости льняного волокна, основанный на пропуске горсти через две валковые пары и контроле толщины деформированной горсти, и позволяющий повысить его быстрое действие.

ЛИТЕРАТУРА

1. Куликов А.В. Моделирование поперечной деформации горсти льняного волокна с учетом изгибной жесткости // Вестник Всероссийского научно-исследовательского института по переработке лубяных культур. –2007, №3. С.130...133.

Рекомендована лабораторией стандартизации, сертификации и информационных технологий ВНИИЛК. Поступила 29.01.08.