

УДК 677.017.4.072.6.074

## **МОДУЛЬ УПРУГОСТИ ХЛОПКОВОГО ВОЛОКНА В ПРЯЖЕ**

*Ю.К.БАРХОТКИН*

**(Ивановская государственная текстильная академия)**

В [1] приведена методика определения упругого крутящего момента идеальной пряжи. В формулах (16) и (18) крутящего

момента и осевой растягивающей силы одним из параметров является  $E_v$  – модуль упругости хлопкового волокна (модуль

Юнга). Для определения модуля упругости одиночного волокна существует известная формула [2]:

$$E_v = \frac{1000L_0P}{(L_1 - L_0)F}, \text{ кг/мм}^2, \quad (1)$$

где  $P$  – нагрузка волокна (25% от разрывной нагрузки), сН;  $L_0$  – начальная длина образца, мм;  $L_1$  – длина образца в конце нагружения, мм;  $F$  – площадь поперечного сечения волокна,  $\text{мк}^2$ .

Если взять за основу экспериментальные данные, приведенные там же: длину волокна  $L_0$ , равную 36 мм; разрывную нагрузку одного волокна  $P = 4,8$  сН; разрывное удлинение  $\varepsilon = 0,07$ ; площадь сечения волокна  $F = 130 \text{ мк}^2$ , то  $E_v = 527 \text{ кг/мм}^2$ . Однако полученный таким методом модуль упругости хлопкового волокна нельзя использовать в формулах для определения крутящего момента пряжи и осевого усилия [1], а также в других формулах, определяющих прочностно-деформационные параметры хлопчатобумажной пряжи.

Известно, что зрелое хлопковое волокно представляет сплюсненную и скрученную вдоль оси в попеременном направлении трубочку или, как ее еще называют, ленточку. Эксперименты показывают, что при растяжении хлопкового волокна его

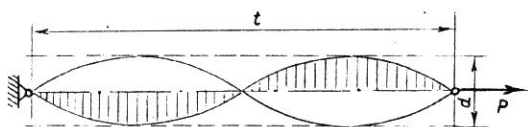


Рис. 1

Рассмотрим один шаг (виток) геометрического плоского тела (волокна) (рис. 1), нагруженный через шарнир силой  $P$ . Вследствие деформации под действием силы  $P$  виток волокна удлинится на величину  $\Delta l$ . Будем считать, что осевая растягивающая сила  $P$  полностью раскрутит виток.

На рис. 2 изображен разворот половины ширины ленточки волокна на длине

витки начинают раскручиваться, вследствие чего часть деформации растяжения такого винтообразного пространственного геометрического тела будет составлять удлинение его за счет раскручивания витков.

Таким образом, удлинение при растяжении хлопкового волокна будет состоять из двух компонентов: из удлинения самого материала волокна (в основном целлюлозы) и удлинения за счет геометрического раскручивания витков волокна.

Однако, когда волокно находится в пряже и зажато со всех сторон другими волокнами, раскручивание его витков при растяжении пряжи затруднено, поэтому определенный в свободном состоянии модуль упругости одиночного волокна не будет равен модулю упругости волокна, находящегося в пряже.

Для определения модуля упругости хлопкового волокна, находящегося в пряже, нами предлагается два способа: теоретический и экспериментальный.

Теоретический способ определения заключается в следующем. Представим хлопковое волокно в виде плоской ленточки шириной  $h$  попеременно скрученной с постоянным шагом  $t$ .

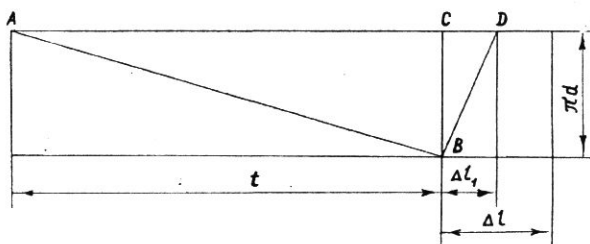


Рис. 2

одного шага  $t$ . Тогда крайнюю линию волокна (крайние мицеллы ленточки волокна) можно представить отрезком  $AB = AD$ , а длину средней части волокна (при раскручивании она не будет растягиваться) – отрезком  $AC = t$ . Высота треугольника  $ABD$  будет равна  $\pi d = \pi h$ ; где  $d$  – диаметр описанной окружности сечения скрученной волокнистой ленточки.

Из рис. 2 следует, что наружная часть

волокнистой ленточки при полном раскручивании по сравнению со средней частью удлинится на величину  $\Delta l_1$ .

Тогда  $\Delta l_1$  составит

$$\Delta l_1 = AD - AC = \sqrt{\pi^2 d^2 + t^2} - t. \quad (2)$$

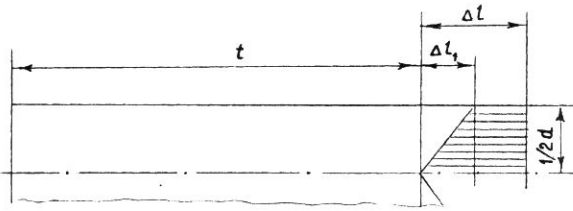


Рис. 3

На рис. 3 схематически изображен развернутый виток волокна (половина площади волокна).

В этом случае полное удлинение ленточки волокна будет определяться (заштрихованная площадь) величиной  $l_p = \Delta l - 0,5\Delta l_1$ , а удлинение волокна с учетом (2) при полном раскручивании витков определится по формуле

$$\Delta L_p = \Delta L - 0,5(\sqrt{\pi^2 d^2 + t^2} - t) K L, \quad (3)$$

$$E_{в.п} = \frac{1000L_0 P}{\left[ L_1 - L_0 - 0,5(\sqrt{\pi^2 h^2 + t^2} - t) K L_0 \right] F}. \quad (4)$$

Расчеты, проведенные по этой формуле, показали, что модуль упругости волокна в пряже по сравнению с расчетом по формуле (1) увеличивается с 527 до 1035 кг/мм<sup>2</sup>.

Суть экспериментального способа определения модуля упругости хлопкового волокна в пряже состоит в следующем.

В ходе эксперимента создавались такие условия деформации волокна, которые последнее испытывает в пряже. Для этого подбирали пряжу хлопковых волокон, состоящую из 100 шт, тщательно расправляли ее и закрепляли с двух концов таким образом, чтобы при общей деформации растяжения все волокна имели одинаковое натяжение.

Затем эту пряжу (пучок) волокон связы-

где  $K$  – крутка волокна (число витков на единицу длины), кр/мм;  $L$  – длина волокна, мм;  $t$  – шаг витка волокна, мм;  $d = h$  – диаметр описанной окружности волокна (ширина ленточки волокна), мм.

Пример. Определим удлинение "материала" волокна при условии его полного раскручивания от осевой растягивающей силы  $P$ , которую примем, как и в первом примере, равной разрывному усилию. Относительное удлинение  $\epsilon = 0,07$ ; длина волокна  $L = 36$  мм; шаг витка волокна  $t = 0,1$  мм;  $K = 10$  кр/мм;  $h = 12 \cdot 10^{-3}$  мм. Тогда  $\Delta L_p = 1,25$  мм. Расчет показал, что раскручивание волокна уменьшает удлинение волокна как "материала" примерно в 2 раза.

Таким образом, жесткость волокна на растяжение, находящегося в пряже, то есть не имеющего возможности свободно раскручиваться, будет больше жесткости волокна, находящегося в свободном состоянии, примерно в 2 раза. На основании вышеизложенного нами предлагается следующая формула для определения модуля жесткости на растяжение хлопкового волокна в пряже:

вали натуральной шелковой пряжей № 300 на всю длину пучка через каждые 0,2...0,3 мм. Далее этот пучок нагружали растягивающей силой, равной 25% от разрывной нагрузки, а перемещение свободного конца пучка определяли стрелочным измерительным прибором (рис.4). Модуль упругости определяли по формуле (1), а результат делили на 100.

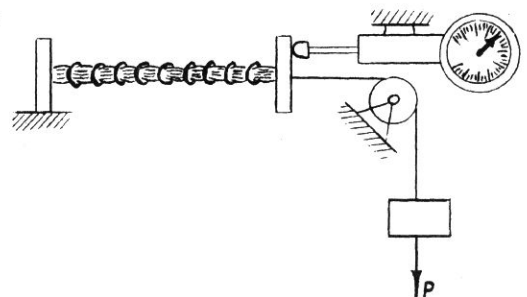


Рис. 4

Полученный таким способом модуль упругости хлопкового волокна  $E_B = 1021 \text{ кг/мм}^2$ . Очевидно, что такой результат хорошо согласуется с расчетным, полученным по нашей формуле (4).

## ВЫВОДЫ

1. Установлено, что жесткость волокна на растяжение, которое последнее имеет в пряже, выше жесткости одиночного волокна примерно в 2 раза.

2. Найдено, что в расчетных формулах для определения прочностно-деформационных параметров хлопчатобумажной

пряжи модуль упругости  $E_B$  хлопкового волокна на растяжение необходимо брать равным  $1000 \text{ кг/мм}^2$ .

## ЛИТЕРАТУРА

1. Бархоткин Ю.К. // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2002, №4. С.56...59.

2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильное материаловедение: Учебник для вузов. – Ч. II. – М.: Рос-техиздат, 1961...1964.

Рекомендована кафедрой прядения. Поступила 11.02.03.