

ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ ИССЛЕДОВАНИЕ СЖАТИЯ ЧЕСАЛЬНОЙ ЛЕНТЫ

Е.В.БАСАЕВА, С.М.ИВАНОВ, В.М.ЗАРУБИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

Известно, что в процессе работы текстильных машин зачастую происходит поперечное сжатие волокнистого продукта в результате воздействия на него рабочих органов машин или ограничение объема, занимаемого полуфабрикатом, их поверхностью. Так, например, поперечное сжатие полуфабриката является типичным способом создания поля сил трения в вытяжных приборах; протаскивание ленты через уплотнитель и последующее воздействие на нее плющильных валов служит целям лентоформирования и т.д. В результате при исследовании взаимодействия рабочих органов различных текстильных машин с перерабатываемым полуфабрикатом возникает вопрос о количественной взаимосвязи характеристик деформации волокнистого продукта с напряжением сопротивления сжатию.

Однако следует подчеркнуть, что большинство работ по данной тематике [1,2] посвящено изучению сжатия или текстильных волокон в массе, или нитей, а сжатие конкретных полуфабрикатов прядения исследовано недостаточно. Так, в [1, рис.1, кривая 1] приводится кривая изменения средней плотности массы волокон хлопка в зависимости от давления при хаотическом расположении волокон. Однако в случае исследования полуфабрикатов прядения, в частности, чесальной ленты, име-

ет место параллельное расположение волокон и, следовательно, аналогичная кривая при этом будет несколько отличаться от представленной: очевидно, она будет располагаться несколько ниже приведенной на рис.1 кривой 1 [1].

Кроме того, необходимо заметить, что одним из вариантов зависимости напряжения сопротивления сжатию от деформации волокнистого материала, представленных в [1...4], является следующий:

$$\sigma = a\gamma_{\text{пр}}^b, \quad (1)$$

где σ – напряжение сжатия; $\gamma_{\text{пр}}$ – средняя плотность полуфабриката (иногда вместо γ в формулу входит коэффициент удельного заполнения ξ):

$$\xi = \frac{\gamma_{\text{пр}}}{\gamma}, \quad (2)$$

γ – плотность волокна; a, b – эмпирические коэффициенты, зависящие от природы волокна.

При рассмотрении данного выражения применительно к сжатию полуфабрикатов прядения возникает противоречие. Согласно формуле (1) до контакта перерабатываемого продукта с рабочими органами машины, вызывающими его сжатие, σ

принимает некоторое значение, так как $\gamma_{пр} \neq 0$. В действительности напряжение сопротивления сжатию в этот момент времени должно равняться нулю. Следовательно, требуется корректировка зависимости (1) в соответствии с указанным условием.

Кроме того, в работах [1,2 и 4], посвященных изучению сжатия текстильных волокон в массе, основное внимание уделялось исследованию полуцикловых характеристик, относящихся непосредственно к процессу сжатия. Что касалось снятия нагрузки, то здесь рассматривали поведение опытных образцов лишь после разгрузки, во время отдыха. Однако при моделировании процесса формирования чесальной ленты возникла необходимость получения зависимости напряжения сопротивления сжатию от характеристик сжатия полуфабриката непосредственно в процессе снятия нагрузки.

Объектом исследований служила хлопковая чесальная лента с машины ЧМД-4 линейной плотности 3,85 ктекс, квадратическая неровнота по 1-метровым отрезкам 3,4%. При этом для определения искомой зависимости использовали прибор, содержащий две пластины, верхняя из которых могла перемещаться, что фиксировалось индикатором, а нижняя – сообщалась с регистрирующим устройством, показывающим информацию о действующей силе. Чесальную ленту помещали между пластинами и начинали сжимать при помощи перемещения верхней пластины; при этом индикатор показывал изменение высоты слоя материала, ширина которого также контролировалась. Напряжение сопротивления сжатию определялось как отношение силы, действующей на ленту, к площади поверхности контакта ленты и пластины. Измерения проводили при температуре воздуха 18 °С и относительной влажности 70%. Число опытов для каждого уровня фактора составляло 50.

В результате получены экспериментальные точки, характеризующие зависимость напряжения сопротивления сжатию σ от коэффициента удельного заполнения ξ в процессе сжатия полуфабриката. Для определения аналогичной зависимости в

процессе снятия нагрузки ленту помещали между пластинами прибора, затем подавали нагрузку до силы сжатия, соответствующей удельному заполнению $\xi_n = 0,185$. После этого нагрузку постепенно снимали, фиксируя на регистрирующем устройстве значения силы, соответствующие степени сжатия полуфабриката.

Характер регрессионной модели для процесса сжатия определяли следующим образом. На основании имеющихся теоретических данных [2,3] предполагалась кубическая зависимость, то есть эмпирический коэффициент b в выражении (1) для хлопкового волокна брался равным трем. В то же время результаты эксперимента позволили сделать вывод, что при сжатии чесальной ленты до определенной степени напряжение сопротивления сжатию практически равно нулю. Следовательно, величина σ в выражении (1) должна расти только начиная с некоторого значения удельного заполнения ξ_0 . Сравнивая искомую зависимость с аналогичными зависимостями [3], находили, что требуемый вид регрессионной модели следующий:

$$\sigma = A(\xi^3 - \xi_0^3), \quad (3)$$

где ξ_0 – первоначальный коэффициент удельного заполнения, то есть коэффициент удельного заполнения, при котором отсутствует сопротивление сжатию чесальной ленты, по результатам эксперимента $\xi_0 = 0,017$; A – некоторый коэффициент.

Искомый коэффициент A вычисляли, используя метод наименьших квадратов [5]. Согласно полученным результатам $A = 2,093 \cdot 10^7$, то есть

$$\sigma = 2,093 \cdot 10^7 (\xi^3 - 0,017^3), \text{ Па.} \quad (4)$$

Адекватность полученного уравнения регрессии определяли с помощью критерия Фишера. График найденной зависимости $\sigma = \sigma(\xi)$ представлен на рис.1 (кривая 2).

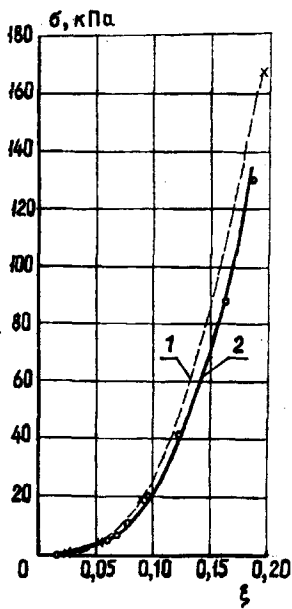


Рис. 1

Для процесса снятия нагрузки рассматривали уравнения регрессий следующих видов:

$$\sigma_p = A(\xi^k - \xi_k^k), \quad (5)$$

$$\sigma_p = e^{F\xi - E} - M, \quad (6)$$

$$\sigma_p = \frac{B}{D - \xi} - C, \quad (7)$$

где ξ_k – некоторое значение коэффициента удельного заполнения, при котором отсутствует сопротивление сжатию чесальной ленты, то есть

$$\sigma_p(\xi_k) = 0. \quad (8)$$

По результатам эксперимента $\xi_k = 0,032$. При $\xi < \xi_k$ сопротивление сжатию чесальной ленты отсутствует. А, k, F, E, M, B, C, D – некоторые коэффициенты.

Анализируя первые два выражения и определяя неизвестные коэффициенты методом наименьших квадратов, пришли к заключению о неадекватности этих уравнений экспериментальным данным.

Наконец, рассматривали выражение (7). Данное уравнение содержит неизвестные

коэффициенты B, C и D; при этом помимо того, что последнее должно как можно точнее описывать экспериментальную зависимость, требуется выполнение следующего условия

$$\sigma_p(\xi_H) = \sigma(\xi_H) = \sigma_H. \quad (9)$$

Согласно условиям (8) и (9)

$$C = \frac{B}{D - \xi_k}, \quad (10)$$

$$B = \frac{\sigma_H}{\xi_H - \xi_k} (D - \xi_H)(D - \xi_k). \quad (11)$$

Используя (10) и (11), уравнение (7) записывали следующим образом:

$$\sigma_p = \frac{\sigma_H (D - \xi_H)(\xi - \xi_k)}{(\xi_H - \xi_k)(D - \xi)}. \quad (12)$$

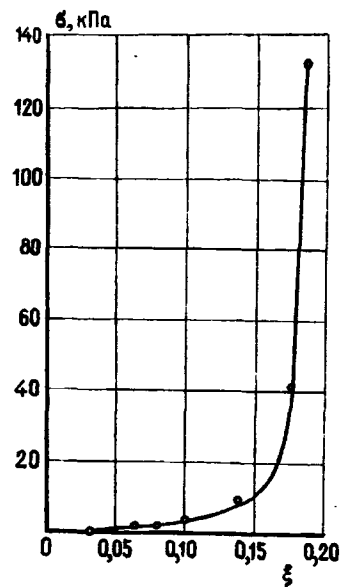


Рис. 2

Неизвестный коэффициент D находили с помощью метода наименьших квадратов. Согласно полученным результатам $D = 0,189$; $B = 534,5$; $C = 3406$. Для определения адекватности полученного уравнения регрессии использовали критерий Фишера. График найденной зависимости $\sigma_p = \sigma_p(\xi)$ изображен на рис.2.

ВЫВОДЫ

1. В результате исследования деформации чесальной ленты, соответствующей полциклу нагружения, получена эмпирическая зависимость между напряжением сопротивления сжатию волокнистого продукта и его деформацией. Это дало основание говорить о характере выявленной взаимосвязи, а именно: напряжение сопротивления сжатию волокнистого продукта пропорционально кубу коэффициента удельного заполнения данного объема полуфабрикатом; при этом изменение напряжения сопротивления сжатию волокнистого продукта начинается при определенной степени деформации ленты, характеризующейся коэффициентом удельного заполнения ξ_0 .

2. При исследовании деформации чесальной ленты, соответствующей полциклу разгрузки, получена эмпирическая зависимость между напряжением сопротивления сжатию волокнистого продукта и его деформацией, что послужило основанием для вывода о гиперболическом характере этой взаимосвязи. Кроме того, вы-

явлено, что изменение напряжения сопротивления сжатию волокнистого продукта заканчивается при определенной степени деформации ленты, характеризующейся коэффициентом удельного заполнения ξ_k , $\xi_k > \xi_0$.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Балясов П.Д.* Сжатие текстильных волокон в массе и технология текстильного производства. – М.: Легкая индустрия, 1975.
2. *Кукин Г.Н. и др.* Текстильное материаловедение (волокна и нити): Учебник для вузов. 2-е изд., перераб. и доп./ Г.Н.Кукин, А.Н.Соловьев, А.И.Кобляков. – М.: Легпромбытиздат, 1989.
3. *Севостьянов А.Г.* Магнитные валики и силы, действующие в вытяжных приборах. – М.: Гизлегпром, 1962.
4. *Капитанов А.Ф., Моревич В.В., Мошечков В.Б.*// Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1993, № 6. С. 28...31.
5. *Джонсон Н., Лион Ф.* Статистика и планирование эксперимента в технике и науке. Методы обработки данных. – М.: Мир, 1980.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильных машин. Поступила 02.02.01.