

УДК 677.17.021

### МОДЕЛИРОВАНИЕ МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ВОЛОКОН «ШЕРСТИСТОГО» ХЛОПКА

Кулметов М., Мардонов Б., Очилов Т.А.

(Ташкентский ордена Дружбы народов  
институт текстильной и легкой  
промышленности имени Юлдаша Ахунбабаева)

Волокна «шерстистых» сортов хлопка отличаются от промышленных большим разрывным удлинением, наличием волнообразной извитостью относительно продольной оси волокна и некоторыми другими свойствами. По линейной плотности и разрывным характеристикам они близки к шерсти (1).

Для моделирования механических свойств волокон «шерстистых» сортов хлопка С-7055, С-7059 в цикле «растяжение-разгрузка-отдых» была применена модель Кельвина-Фойгта (2) с дополнительным упругим элементом. При этом волокна «шерстистого» хлопка рассматриваются как упругие тела, обладающие внутренним трением, а вязкие деформации возникают лишь после того, как упругие достигнут некоторого значения. Кроме того, сделаны следующие допущения:

в первом этапе пружина с модулем  $E_1$  упругой составляющей;

во втором - параллельно расположенная пружина с модулем и поршень с коэффициентом  $\eta_2$  вязкости соответствуют (по Кельвину - Фойгту) эластической составляющей. пластическая составляющая также отображается вторым звеном;

коэффициент вязкости  $\eta_2$  имеет в несколько раз больше значение, чем величина модуля продольной упругости  $E_2$ , т.е. фактически вторым звеном изображается и эластическая и пластическая составляющие деформации.

Линейное (дифференциальное) уравнение для этой модели при постоянстве напряжения  $\sigma$  имеет вид:

$$\varepsilon = \sigma / E_1 + \sigma / E_2(1 - \exp(-T_1/\tau)) \quad (1)$$

где  $T_1$  - время нагрузки;

$\tau = \eta_2 / E_2$  - константа, определяющая темп релаксации напряжения во времени, называемая «временем релаксации»

Для вычисления значений коэффициентов вязкости и модулей упругости, а также  $\tau$ , предложенной модели для волокон «шерстистого» хлопка были использованы результаты экспериментов, проведенных на приборе РОВ конструкции МТИ. С этой целью были получены величины деформации для разного времени  $T_1$  (в периоде растяжения),  $T_2$  (для периода отдыха).

Согласно (1) при условии  $T_1=0$

$$\varepsilon = \varepsilon_0 = \sigma_0 / E_1 \quad (2)$$

Отсюда  $E_1 = \sigma_0 / \varepsilon_0$

При истечении некоторого времени  $T_1'$  и  $T_1''$  деформации соответственно будут

$$\varepsilon' = \varepsilon_0 + \sigma_0 / E_2 (1 - e^{-T_1'/\tau}) \quad (3)$$

$$\varepsilon'' = \varepsilon_0 + \sigma_0 / E_2 (1 - e^{-T_1''/\tau})$$

Решая систему уравнений (3) можно вычислить величину  $E_2$

$$E_2 = \sigma_0 (1 - e^{-T_1''/\tau}) \quad (4)$$

Подставляя значение  $E_2$  во второе уравнение системы (3) и преобразуя ее получим трансцендентное уравнение

$$1 - e^{-T''/1/\tau} / 1 - e^{-T'/1/\tau} = \varepsilon'' - \varepsilon_0 / \varepsilon' - \varepsilon_0 \quad (5)$$

Для решения которого предварительно определена начальная деформация  $\varepsilon_0$ . Для этого необходимо было продолжить экспериментальную кривую до пересечения с осью ординат.

Аппроксимируем экспериментальные кривые по результатам опытов (рис.1) определяем величины  $\tau$ ,  $E_2$  и  $E_1$  для исследуемых волокон по формулам (5), (4), (2)

$$E = E_H - E_1(1 - e^{-A(T - T_2)^{-1}}) \quad (6)$$

где  $\varepsilon_n$  – величина деформации, соответствующая через 5 сек. после снятия нагрузки;

$\varepsilon_1$  – медленнообратимая составляющая деформации;

$T_2$  – время отдыха;

$A$  – константа, которая вычислена аппроксимации кривой изменения деформации в период отдыха.

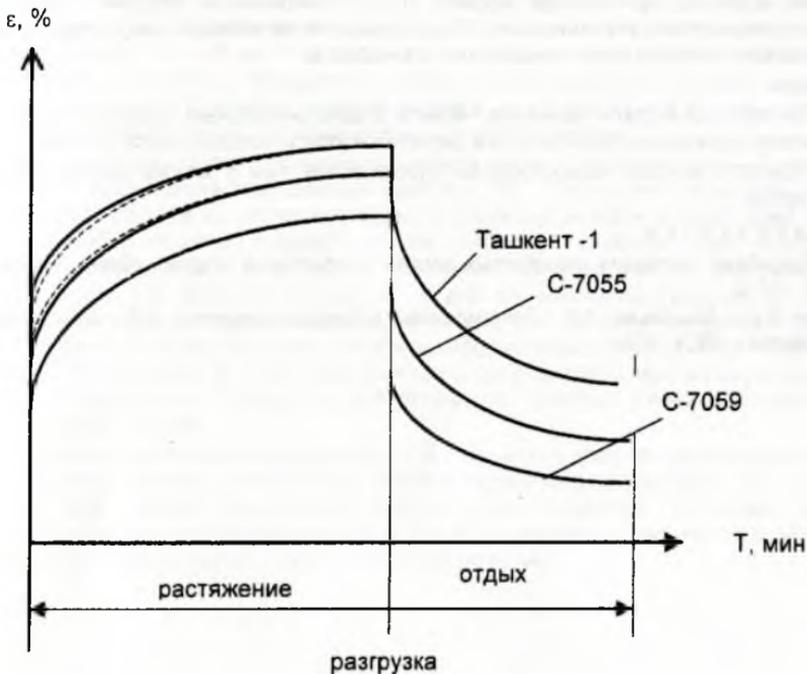


Рис.1. Изменение деформации волокон (расчетной и экспериментальной) хлопчатобумажных сортов C-7055, C-7059 и с/в Ташкент-1.

При условии  $\varepsilon_1 > 0$  и  $T_2 \rightarrow \infty$  остаточная деформация  $\varepsilon_k$  очевидно будет  $\varepsilon_k = \varepsilon_n - \varepsilon_1$  отсюда  $\varepsilon_1 = \varepsilon_n - \varepsilon_k$  тогда уравнение (6) будет иметь вид

$$e^{-A(T - T_2)^{-1}} = 1 - (E_H - E) / (E_H - E_k) = (E - E_k) / (E_H - E_k)$$

при  $T_2 = T_{2пр}$   $e^{-A(T_{2пр} - T)^{-1}} = 1 - (E_{пр} - E_k) / (E_H - E_k)$  или

$$e^{-A(T_{2пр} - T)^{-1}} = 1 - (E_H - E_k) / (E_{пр} - E_k)$$

Величина  $A$  определена после логарифмирования и соответствующего преобразования этого уравнения в вид

$$A = \frac{1}{T_{2nn} - T_{2n}} \ln \frac{E_n - E_k}{E_{np} - E_k} \quad (7)$$

Вычислены значения  $A$  для периода отдыха и  $E_1$ ,  $E_2$  и  $\tau$  для периода растяжения. Анализ результатов исследований показывает, что расхождение теоретических и экспериментальных кривых изменения деформации исследуемых волокон не превышает 5%, а константа, определяемая темпом релаксации во времени  $\tau$ ,  $E_1$  у волокон «шерстистого» хлопка меньше, чем у волокон селекции Ташкент – 1. Следовательно, темпы релаксации или «время релаксации» также меньше у «шерстистых» сортов, особенно у С-7055. Отсюда следует, что доля упругой составляющей деформации у волокон «шерстистого» больше предопределяет упругость этих волокон, а изделия, выработанные из «шерстистого» хлопка будут более формоустойчивыми.

Таким образом, применение модели с дополнительным упругим элементом позволило определить значение константы  $A$  и «время релаксации», характеризующих механические свойства волокон «шерстистого» хлопка.

Выводы:

1. При помощи модели Кельвина –Фойгта с дополнительным упругим элементом можно определить механические свойства волокон «шерстистого» хлопка.
2. Упругость волокон «шерстистого» хлопка выше, чем у хлопка промышленных сортов.

#### ЛИТЕРАТУРА

1. А.Д.Дадабаев Селекция шерстистых сортов хлопчатника. Изд-во «Фан», Ташкент, 1976, 107 с.
2. Кукин Г.Н., Соловьев А.Н. Текстильного материаловедение, ч.2., М., «Легкая индустрия», 1964, 378 с.