

ОПРЕДЕЛЕНИЕ УПРУГОВЯЗКИХ ХАРАКТЕРИСТИК ШЕРСТЯНЫХ ТКАНЕЙ ПРИ КРАТКОВРЕМЕННОМ НАГРУЖЕНИИ

Т.П. ТУЦКАЯ, Л. УДВАЛ

(Ивановская государственная текстильная академия,
Монгольский государственный университет науки и технологии)

Поведение текстильных материалов в условиях кратковременного нагружения, в частности, при взаимодействии с рабочими органами валкового устройства, характеризуется упругими и эластическими с малым временем релаксации деформациями. При этом в зависимости от их амплитуды изменяется соотношение компонентов полной деформации материала.

Численные значения коэффициентов упругости и вязкости текстильного материала используются для расчета динамики процесса взаимодействия рабочих органов технологического оборудования с обрабатываемым текстильным материалом, а также в качестве технологических параметров динамической модели текстильный

материал – машина, в частности, при взаимодействии с рабочими органами валкового устройства.

Для определения упруговязких характеристик текстильных материалов в условиях кратковременных нагружений применялся метод, связанный с изучением свободных колебаний грузов весом от 3,92, до 14,7 Н), подвешиваемых на испытываемых образцах тканей (Тамир арт. 221, Шeviот арт. 223, Орхон арт. 211, производство Монголии), длиной 400 мм и шириной 50 мм [1].

Полоски тканей выкраивались вдоль нитей основы. Характеристики строения данных тканей приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Наименование ткани, вид переплетения	Толщина ткани, мм	Плотность ткани, шт		Линейное заполнение, %		Линейное наполнение, %		Поверхностное заполнение, %	Поверхностная пористость, %	Разрывная нагрузка, Н	
		Π_0	Π_0	E_0	E_y	H_0	H_y			$P_{p.o}$	$P_{p.y}$
Тамир арт.221 (саржевое, 2/2)	0,65	259	178	87,28	59,98	115,9	79,8	94,0	6,0	93,0	44,5
Шeviот арт. 223 (саржевое, 2/2)	0,75	194	181	75,59	70,53	96,7	91,6	92,4	7,6	77,0	73,5
Орхон арт.211 (полотняное)	0,42	157	167	38,3	44,0	79,6	84,7	65,4	34,6	57	52,4

Этот метод позволяет проводить испытания в условиях динамического нагружения ткани, близких к условиям ее нагружения при прохождении через валковые модули в отделочном производстве (на практике допустимое натяжение шерстяных тканей – от 15 до 90 Н на 100 мм ширины).

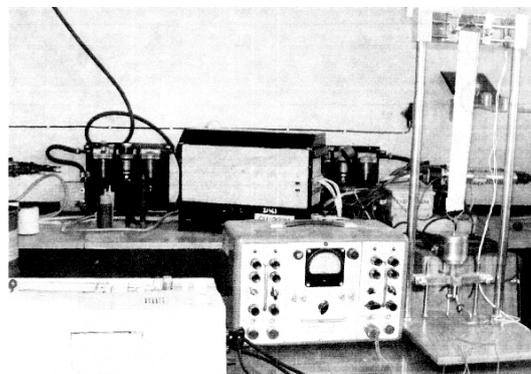
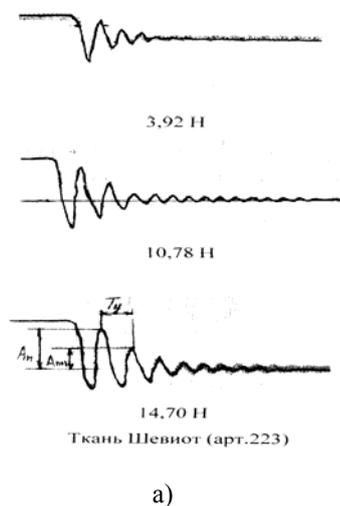


Рис. 1

Испытываемый образец ткани (рис. 1) подвешивался к упругой балочке, установленной на специальных стойках. Балочка являлась датчиком усилия в образце, для чего с обеих ее сторон были наклеены тензорезисторы, включаемые в смежные плечи измерительного моста.

Во время проведения измерений груз выводился из состояния равновесия и со-



вершал свободные затухающие колебания. Колебания усилия в образце вызывали соответствующее изменение сигнала разбаланса тензометрического усилителя. Усиленный сигнал подавался на самописец. Образцы полученных диаграмм приведены на рис. 2-а,б.

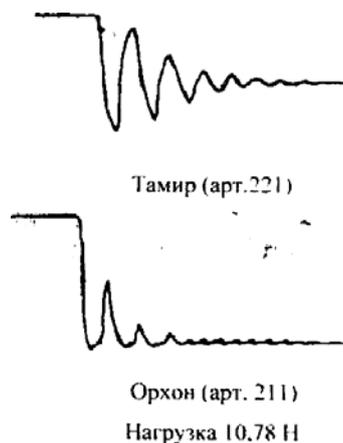


Рис. 2

Анализируя характер полученных колебаний, можно заключить следующее:

- по сравнению с синусоидальными колебаниями, характерными для материалов, подчиняющихся закону Гука, форма полученных колебаний имеет более острые вытянутые вершины и переменный период, что свидетельствует о нелинейности системы;

- упругие деформации наблюдаются при небольших нагрузках и выражаются в относительном постоянстве периода колебаний;

- с увеличением нагрузки в исследуемых тканях преобладают эластические деформации, при этом наблюдается увеличение периода колебаний и убывание амплитуды по экспоненциальному закону (рис. 2-а);

- более высокими упругими свойствами обладает ткань Шевииот арт.223 и в наименьшей степени упругие деформации проявляются у ткани Орхон арт.211 (рис. 2-б).

По полученным диаграммам рассчитывались упруговязкие характеристики исследуемых тканей.

Для колебательной системы образец – груз дифференциальное уравнение свободных колебаний имеет вид:

$$\left(\frac{d^2\lambda}{dt^2}\right) + 2\theta\left(\frac{d\lambda}{dt}\right) + \omega_0^2\lambda = 0, \quad (1)$$

где λ – абсолютная деформация; θ – коэффициент затухания,

$$\theta = \frac{\eta}{2M}, \quad (2)$$

где η – коэффициент вязкости; M – масса груза; ω_0 – угловая частота свободных затухающих колебаний,

$$\omega_0 = \sqrt{\frac{h}{I}}, \quad (3)$$

где h – коэффициент жесткости.

Поскольку $\theta < \omega$, уравнение (1) примет вид:

$$\lambda = e^{-\theta t} A \sin(\omega t + \varphi), \quad (4)$$

где φ – начальный фазовый угол; A – const.

Дифференцируя уравнение (4) дважды и учитывая, что усилие в образце

$$K = -M \left(\frac{d^2 \lambda}{dt^2} \right), \text{ получаем:}$$

$$K = e^{-\theta t} A_1 [a_1 \cos(\omega t + \varphi) + b_1 \sin(\omega t + \varphi)], \quad (5)$$

где $A_1 = AM$; $a_1 = 2\theta M$; $b_1 = \omega^2 - \theta^2$.

Согласно [2] период свободных незатухающих колебаний, описываемых уравнениями (4) и (5):

$$T = T_y \left(1 + \frac{\theta^2}{\omega^2 + \theta^2} \right)^{-1}, \quad (6)$$

где T_y – условный период, определяемый по диаграммам; $\omega = \frac{2\pi}{T_y}$.

Учитывая, что $\theta = \left(\ln \frac{A_n}{A_{n+1}} \right) T_0^{-1}$, где

$\frac{A_n}{A_{n+1}}$ – отношение смежных амплитуд колебаний, вычисляемое на основании диаграмм, из (2) и (3) определяем соответственно коэффициенты вязкости η и жесткости h образца:

$$\eta = 2\theta M, \quad (7)$$

$$h = \left(\frac{2\pi}{T} \right)^2 M. \quad (8)$$

Результаты расчетов коэффициентов вязкости и жесткости образцов тканей при их нагружении от 3,92 до 14,7 Н приведены в табл. 2.

Таблица 2

Наименование ткани	Нагрузка P, Н	Упругое состояние	Упруговязкое состояние	
		коэффициент жесткости h_1 (Н/м)	коэффициент жесткости h_2 Н/м)	коэффициент вязкости η (Н·с/м)
Тамир арт. 221	3,92	1095	933	2,24
	10,78	1927	1695	8,62
	14,70	2030	1825	9,36
Шевигот арт.223	3,92	2465	1947	6,93
	10,78	3012	2566	12,71
	14,70	3017	2628	14,85
Орхон арт. 211	3,92	1577	1009	3,76
	10,78	1694	1612	15,99
	14,70	1826	1766	20,39

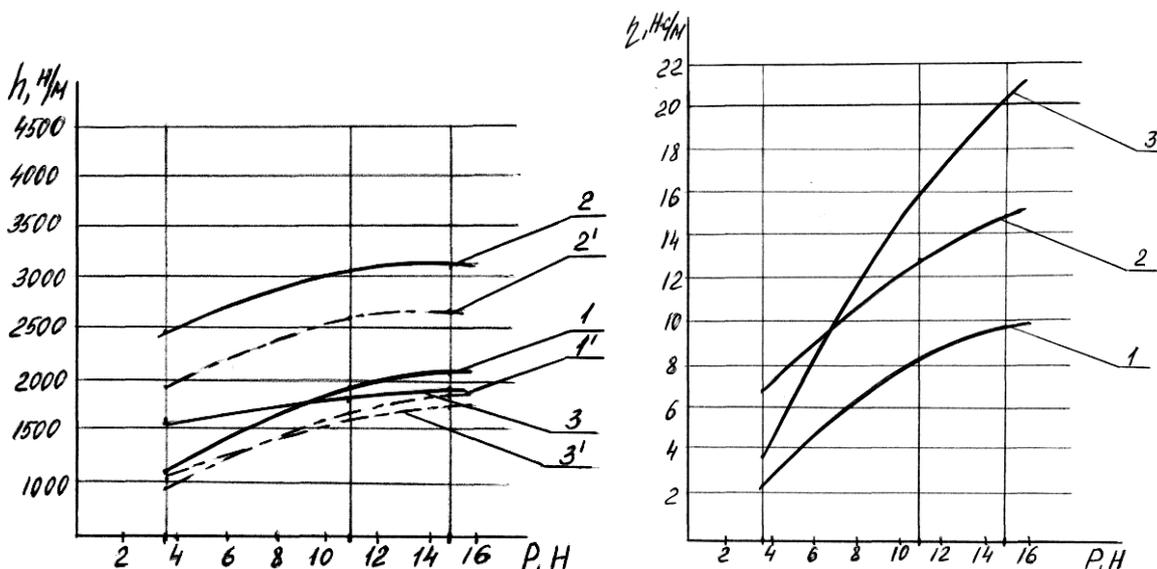


Рис. 3

На основании полученных результатов построены графики зависимости коэффициентов жесткости и вязкости от статической нагрузки (рис. 3-а,б).

На рис. 3-а: — — упругое состояние; — — — — упруговязкое состояние. Кривая 1 — Тамир (арт.221); 2 — Шевиот (арт.223); 3 — Орхон (арт.211). На рис. 3-б: кривая 1 — Тамир (арт.221); 2 — Шевиот (арт.223); 3 — Орхон (211).

Как показывают результаты исследований, коэффициенты жесткости текстильных материалов, определяемые при малых амплитудах деформации, обеспечивающих упругое состояние материала, выше коэффициентов жесткости, определяемых при его упруговязком состоянии, что соответствует поведению материала на основе двухкомпонентной модели Г.Н. Кукина и А.Н. Соловьева [3].

ВЫВОДЫ

1. Увеличение статической нагрузки на шерстяные ткани сопровождается изменением соотношения их упругой и эластической компонент деформации, повышением коэффициентов жесткости и вязкости, при этом зависимость имеет степенной характер.

2. Упруговязкие характеристики шерстяных тканей зависят: от вида шерсти

(грубая, полугрубая) и пряжи (гребенная, аппаратная), из которой они изготовлены; от типа переплетения (саржевое, полотняное) и плотности ткани.

3. Коэффициенты жесткости тканей (Тамир, арт.221; Шевиот, арт. 223; Орхон, арт. 211, производство Монголии) при малых амплитудах деформации (упругое состояние материала) выше коэффициентов жесткости, определяемых при его упруговязком состоянии.

4. Ткань Шевиот (саржевое переплетение, выработана из грубой шерсти) имеет наибольшее значение показателя упругих свойств — коэффициента жесткости. В наименьшей степени упругие свойства проявляются у ткани Орхон (полотняное переплетение, из аппаратной пряжи).

ЛИТЕРАТУРА

1. Налетов В.В. / Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. — 1975, №4. С. 20...24.
2. Пановко Я.Г. Основы прикладной теории колебаний и удара. — Л.: Политехника, 1990.
3. Кукин Г.Н. и др. Текстильное материаловедение. — М.: Легпромбытиздат, 1992.

Рекомендована кафедрой проектирования текстильного отделочного оборудования ИГТА. Поступила 06.04.06.