

УДК 677.01

**ИССЛЕДОВАНИЕ НЕРАВНОМЕРНОСТИ ТКАНИ
ПО ПРОЧНОСТИ**

А. Г. СЕВОСТЬЯНОВ, Н. В. ДРЕМИНА

(Московская государственная текстильная академия им. А. Н. Косыгина)

Участок ткани полотняного переплетения представляет текстильное изделие из ряда элементов, включающих контактирующиеся изогнутые нити (основные и уточные), располагающиеся в двух взаимно перпендикулярных плоскостях.

При формировании элемента ткани основная и уточная нити изгибаются и, охватывая друг друга, испытывают определенное напряжение, которое обуславливает взаимное давление основной и уточной нитей, изменение поперечных сечений (сжатие) в местах контакта и силы трения на контактной поверхности.

Релаксационные явления в ткани после ее формирования вызывают некоторые изменения и стабилизацию взаимного расположения основных и уточных нитей в элементе ткани, а также их напряженное состояние.

Таким образом, в процессе формирования ткани осуществляются сложные геометрические и механические преобразования в изделие (ткань) системы основных и уточных нитей. Аналитическое описание данного процесса как линейной динамической системы преобразования в ткань двух видов нитей представляет большие трудности. Однако для исследователя и производителя важно прогнозирование не только прочности ткани, формируемой из нитей с известными механическими свойствами нитей и выбранной структурой ткани, но и неравномерность ткани по прочности, длине и ширине ее при известной неравномерности нитей по прочности.

Нами приводится описание экспериментального метода решения второй задачи.

Изменение толщины и сопротивления при разрыве любого сечения (реально любого элемента ткани) чаще всего описывается случайной функцией [1] и реже периодической.

Сопротивление разрыву полоски ткани вдоль основных нитей определяется, во-первых, сопротивлением сил трения на поверхности контакта i -й основной нити с m_y уточными нитями, входящими в полоску ткани, которые зависят от сопротивления сжатию и изгибу нитей основы и утка при растяжении полоски ткани, и, во-вторых, сопротивлением разрыву системы m_0 основных нитей, образующих эту полоску.

Рассмотрим полоску ткани большой длины, включающую m_0 основных нитей, как линейную многомерную динамическую систему с m_0 входами $X_i(t)$ и одним выходом $Y(t)$. Структурная схема такой системы приведена на рис. 1. Полагаем, что $X_i(t)$ стационарное случайное воздействие на систему, характеризующее случайное изменение сопротивления разрыву i -й одиночной нити (например, основной нити). Допускаем, что $X_i(t)$ и $Y_j(t)$ — некоррелированные случайные воздействия.

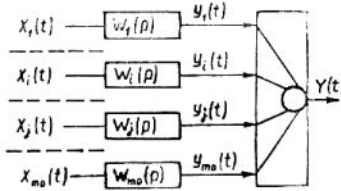


Рис. 1.

Система на рис. 1 предусматривает два последовательных преобразования: 1) взаимное переплетение каждой i -й основной нити с m_y уточными нитями, входящими в полосу ткани длиной L , обуславливающее сопротивление смещению этой нити при растяжении полосы ткани относительно m_y уточных нитей. Данное преобразование для каждой нити основы характеризуется передаточной функцией $W_i(p)$; 2) одновременное смещение m_0 основных нитей, вызывающее

сопротивление разрыву m_0 основных нитей при растяжении полосы ткани, что характеризуется передаточной функцией $W(p)$.

Следует отметить, что воздействия $Y_i(t)$ и $Y_j(t)$ на систему второго преобразования необходимо рассматривать как корреляционно-связанные сигналы, что усложняет задачу определения общей передаточной функции $W(p)$ многомерной системы (рис. 1).

Для упрощения задачи допускаем, что исследуемая динамическая система является одномерной, то есть имеет один вход $X(t)$ — неровнота нити и один выход $Y(t)$ — неровнота ткани по разрывной нагрузке.

При изучении механико-технологических процессов текстильной промышленности [1, 2, 3] часто используются динамические характеристики преобразования входящего продукта в объект (процесс):

$$W(p) = L\{Y(t)\}/L\{X(t)\}, \quad (1)$$

$$|W(i\omega)|^2 = W(i\omega)W(-i\omega) = S_Y(\omega)/S_X(\omega), \quad (2)$$

$$W(i\omega) = A(\omega)\exp[i\varphi(\omega)] = S_{YX}(\omega)/S_X(\omega), \quad (3)$$

$$A(\omega) = A_Y(\omega)/A_X(\omega), \quad (4)$$

где $W(p)$, $W(i\omega)$, $A(\omega)$, $\varphi(\omega)$ — передаточная функция, амплитудно-фазовая частотная характеристика, амплитудная и фазовая частотные характеристики;

$S_Y(\omega)$, $S_X(\omega)$ — спектральные плотности, характеризующие неравномерность входящего и выходящего продукта;

$S_{YX}(\omega)$ — взаимная спектральная плотность.

Если (1)...(4) можно использовать при экспериментальном исследовании неравномерности продукта по линейной плотности, то для изучения неравномерности продукта по разрывной нагрузке это довольно затруднительно.

В данном случае неравномерность продуктов по разрывной нагрузке на входе и выходе можно оценивать с помощью градиентов неровноты и показать, что квадрат модуля АФЧХ и градиент неровноты по прочности входящего и выходящего продуктов взаимосвязаны уравнением

$$|W(S)|^2 = [d^2\beta_Y(S)/dS^2]/[d^2\beta_X(S)/dS^2], \quad (5)$$

где

$$\beta_Y(S) = B_Y(S)/2C^2_Y\{P\}; \quad (6)$$

$$\beta_X(S) = B_X(S)/2C^2_X\{P\}; \quad (7)$$

$B_X(S), B_Y(S)$ — градиенты неровноты продуктов на входе и выходе в комплексной области;

$\beta_X(S), \beta_Y(S)$ — нормированные градиенты неровноты продуктов на входе и выходе;

$C^2_X\{P\}, C^2_Y\{P\}$ — квадрат неровноты по прочности входящего и выходящего продуктов при минимально возможной длине зажима на разрывной машине.

Рассмотрим для примера получение спектральной плотности при известном градиенте внешней неровноты, который описывается уравнением [1]:

$$B(L) = 2C^2(\alpha L + \exp(-\alpha L) - 1)/\alpha^2 L^2. \quad (8)$$

Такой вид градиента соответствует неравномерности продукта при нормированной корреляционной функции $r(\tau) = \exp(-|\tau|)$.

Переходя в область изображений и дважды дифференцируя (8), получаем

$$d^2\beta(s)/ds^2 = 2\alpha/s^2(\alpha^2 - s^2), \quad (9)$$

$$S(s) = s^2[d^2\beta(s)/ds^2] = 2\alpha/(\alpha^2 - s^2). \quad (10)$$

Выделяя в (10) действительную часть, имеем

$$S(\omega) = 2\alpha/(\alpha^2 + \omega^2). \quad (11)$$

Пусть $S(\omega) = S_Y(\omega)$ и $\alpha = \alpha_T$ соответствуют характеристикам выходного продукта. Тогда для входного продукта аналогично записываем

$$S_X(\omega) = 2\alpha_{OT}/(\alpha_{OT}^2 + \omega^2). \quad (12)$$

С учетом этого искомая амплитудно-фазово-частотная характеристика примет вид

$$|W(i\omega)|^2 = \{[1 + \omega^2/\alpha_{OT}^2]\alpha_{OT}\} / \{[1 + \omega^2/\alpha_T^2]\alpha_T\}, \quad (13)$$

Таблица 1

Градиенты неровноты	Зажимная длина L , мм						C	α
	50	100	200	300	400	500		
Основная хлопчатобумажная пряжа								
$B_{\text{вход}}(L)$	322,6	186,6	131,8	104	88,4	77,4	—	—
$B_{\text{вых}}(L)$	309,6	218,5	132,8	94,3	72,9	59,5	22,03	0,305
Уточная льняная пряжа								
$B_{\text{вход}}(L)$	295	231	156,2	106	92,2	84,6	—	—
$B_{\text{вых}}(L)$	295	230	155,0	114,9	90,7	74,3	19,86	0,019
Хлопкольняная ткань								
$B_{\text{вход}}(L)$	20,52	17,06	13,10	7,51	5,81	—	—	—
$B_{\text{вых}}(L)$	20,72	16,23	12,05	9,29	8,72	—	30,45	0,0584
$B_{\text{вту}}(L)$	6,85	6,20	4,9	4,60	4,5	—	—	—
$B_{\text{вту}}(L)$	6,81	6,17	5,2	4,59	4,12	—	7,61	0,014

а АЧХ определится по формуле

$$A(\omega) = A_Y(\omega) / A_X(\omega) = (1 + \omega / \alpha_{OT}) / (1 + \omega / \alpha_T). \quad (14)$$

Нами проведен эксперимент для определения градиентов $B_{IB}(L)$ неровноты по разрывной нагрузке основных и уточных нитей и градиентов $B_{TB}(L)$ неровноты по разрывной нагрузке полосок ткани (шириной 50 мм) по основе и утку (табл. 1).

Ткань полотняного переплетения вырабатывалась из основной хлопчатобумажной пряжи линейной плотности 37 текс и уточной льняной пряжи 34 текс с плотностью ткани по основе 210 и по утку 220 нитей/10 см.

В табл. 1 $B_{IB}(L)$, $B_{IBR}(L)$ — квадраты неровноты основной и уточной нити по разрывной нагрузке (экспериментальный и расчетный) в зависимости от зажимной длины L на разрывной машине; $B_{TB}(L)$, $B_{TR}(L)$ — то же для ткани (разрывная машина FP-100/1); C — неровнота нити и ткани при $L=0$; α — коэффициент из (8); C и α рассчитывались по экспериментальным значениям $B_{IB}(L)$ или $B_{TB}(L)$ с помощью метода наименьших квадратов при использовании программы — алгоритма Хука — Дживса, а $B_{IBR}(L)$ и $B_{TR}(L)$ — по уравнению (8). Расчетные и экспериментальные значения различаются незначительно.

Согласно табл. 1 и формуле (14) найдена АЧХ, значения которой свидетельствуют об уменьшении неровноты ткани по разрывной нагрузке в сравнении с неровнотой нитей.

Таким образом, разработана методика определения динамических характеристик преобразования в ткань нитей основы и утка по известному градиенту неровноты продуктов на входе и градиенту неровноты ткани (продукта на выходе) по разрывной нагрузке.

ЛИТЕРАТУРА

1. Севостьянов А. Г. Методы исследования неровноты продуктов прядения. — М.: Легкая индустрия, 1962.
2. Севостьянов А. Г. Методы и средства исследования механико-технологических процессов. — М.: Легкая индустрия, 1980.
3. Севостьянов П. А., Севостьянов А. Г. Моделирование механико-технологических процессов текстильной промышленности. — М.: Легкая индустрия, 1984.

Рекомендована кафедрой механической технологии текстильных материалов. Поступила 11.04.97.