

УДК 677.023.76:517.2

**МАТЕМАТИЧЕСКАЯ МОДЕЛЬ НАМОТКИ ПРЯЖИ
НА ТКАЦКОМ НАВОЕ И МЕТОДИКА РАСЧЕТА
ДИНАМИЧЕСКОЙ СПИРАЛИ НАМОТКИ**

В.Л. МАХОВЕР, И.С. БОБЫЛЬКОВА, А.Ю. КУТЬИН

(Ивановская государственная текстильная академия)

В связи с необходимостью стабилизации процесса ткачества и ликвидации отходов пряжи из-за неодновременного схода основ на двухнавойных ткацких станках остро стоит проблема получения идентичных ткацких навоев. Согласно технологии ИвНИТИ [1] такая идентификация может быть достигнута принудительным отводом уплотняющей скалки от центра паковки в процессе ее формирования на определенную величину, рассчитываемую по математической модели, основу которой составляет динамическая спираль намотки, получаемая экспериментально в виде зависимости радиуса ρ намотки от текущего числа n оборотов паковки.

Однако динамические спирали намотки для разных условий наматывания мало отличаются от линейных зависимостей, то есть они малочувствительны к изменению плотности намотки по радиусу паковки, вследствие чего для определения своих коэффициентов требуют применения техники измерений высокой точности.

Рассмотрим принципиально иной подход к получению динамической спирали намотки и математической модели намотки в целом. В отличие от известных математических моделей [1], [2] положим в ее основу не динамическую спираль, а экспериментально заданный закон $\gamma = \gamma(\rho)$ изменения средней плотности γ намотки по радиусу паковки. Получим условия воспроизведения в процессе наматывания разных ткацких навоев одинакового закона $\gamma = \gamma(\rho)$.

При решении этой задачи воспользуемся взаимосвязью послойной $\gamma_c(\rho)$ плотно-

сти намотки с интегральной (средней) плотностью из [3]:

$$\gamma_c(\rho) = \gamma(\rho) + \frac{\rho^2 - r_0^2}{2\rho} \frac{d\gamma}{d\rho} \quad (1)$$

и формулой для определения толщины δ_c слоя нитей, намотанных за один оборот паковки:

$$\delta_c = m_0 T_n (1 + 0,01 P_v) / (10^5 N \gamma_c), \quad (2)$$

где m_0 , T_n – число нитей на ткацком навое и линейная плотность мягкой пряжи, текс; r_0 , N – радиус ствола и рассадка фланцев ткацкого навоя, см; P_v – видимый приклей шлихтованной пряжи, %.

Поскольку $d\rho/dn = \delta_c$, с учетом (2) получаем

$$\frac{d\rho}{dn} = m_0 T_n (1 + 0,01 P_v) / (10^5 N \gamma_c). \quad (3)$$

Для определения текущей длины L намотанных на ткацкий навой нитей имеем $dL = 2\pi\rho dn$. После подстановки сюда из (3) выражения для dn находим

$$dL = \frac{2\pi \cdot 10^3 N}{m_0 T_n (1 + 0,01 P_v)} \gamma_c(\rho) \rho d\rho. \quad (4)$$

Входящие в полученные выражения величины ρ , L и γ имеют размерности соответственно см, м и г/см³.

Дифференциальные уравнения (1), (3), (4) и формула (2) в совокупности пред-

ставляют собой математическую модель намотки пряжи на ткацком навое. Все ее переменные параметры рассматриваются в момент укладки нитей на текущую открытую поверхность наматывания радиуса ρ .

Определив экспериментально по измерениям текущей длины нитей и радиуса намотки в процессе наматывания навоя закон изменения $\gamma = \gamma(\rho)$, согласно (1) можно найти функцию $\gamma_c = \gamma_c(\rho)$, а по формуле (2) и дифференциальным уравнениям (3) и (4) при начальных условиях $\rho = \rho_0$, $n = 0$ и $L = 0$ легко определяются изменения параметров $\delta_c = \delta_c(\rho)$, $n = n(\rho)$ и $L = L(\rho)$.

Полученные по математической модели динамическая спираль намотки $n = n(\rho)$ и другие параметры однозначно определяют послойную $\gamma_c(\rho)$ и интегральную $\gamma(\rho)$ плотности намотки. Поэтому путем воспроизведения в процессе наматывания навоев одной и той же динамической спирали можно получать идентичные по своей структуре ткацкие навои.

С применением предложенной методики найдем динамические спирали намотки применительно к ткацким навоям, полученным в производственных условиях ОАО "ЗиМа" (г. Иваново) на шлихтовальной машине ШБ-11/140 при подготовке основ к выработке ткани миткаль арт.АЛ-92-33 на пневматических ткацких станках Р-105-ЗВ-8.

По результатам серии факторных экспериментов получена трехфакторная математическая модель для плотности на-

мотки [4], которую можно записать в виде

$$\gamma(\rho) = A_{012} + \frac{B_0}{\rho} - B_{12} \ln \rho, \quad (5)$$

где

$$A_{012} = A_0 + A_1 \tilde{P} + A_2 \tilde{T}, B_{12} = B_1 \tilde{P} + B_2 \tilde{T}, \quad (6)$$

$$\tilde{P} = 2P \cdot 10^{-5} - 4, \quad \tilde{T} = 0,2T - 6,3, \quad (7)$$

$1,5 \cdot 10^5 \leq P \leq 2,5 \cdot 10^5$ Па; $26,5 \leq T \leq 36,5$ сН/нить; $9,0 \leq \rho \leq 33,5$ см.

В этих формулах величины \tilde{P} и \tilde{T} безразмерные, радиус ρ намотки выражен в см, а коэффициенты A_i, B_i ($i = 0,1,2$) имеют значения:

$$\begin{aligned} A_0 &= 0,3926 \text{ г/см}^3; B_0 = 1,5546 \text{ г/см}^2; \\ A_1 &= 0,0660 \text{ г/см}^3, \\ B_1 &= 0,01288 \text{ г/см}^3, A_2 = 0,1126 \text{ г/см}^3; \\ B_2 &= 0,0254 \text{ г/см}^3. \end{aligned} \quad (8)$$

Формулы (6) и (7) показывают, что коэффициенты A_{012} и B_{12} зависят от условий формирования ткацких навоев на шлихтовальной машине, а именно: от натяжения T наматываемых нитей и давления P воздуха в пневмокамере уплотняющего устройства.

Согласно матрице планирования эксперимента при получении математической модели (5) рассмотрены четыре варианта наматывания навоев ($j = 1, 2, 3, 4$). Значения коэффициентов уравнения (5), рассчитанные по формулам (6) и (7) для каждого из этих вариантов, приведены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Номер j варианта	Давление P воздуха в пневмокамере, 10^5 Па	Натяжение T нитей основы, сН/нить	A_{012} , г/см ³	B_{12} , г/см ³	B_0 , г/см ²
1	1,5	26,5	0,2140	-0,03828	1,5546
2	2,5	26,5	0,3460	-0,01252	1,5546
3	1,5	36,5	0,4392	0,01252	1,5546
4	2,5	36,5	0,5712	0,03828	1,5546

Для получения динамической спирали намотки в каждом из указанных вариантов

используем общую для них формулу (5).

По уравнению (1) найдем:

$$\gamma_c(\rho) = (A_{012} - 0,5B_{12}) + 0,5B_0 \frac{1}{\rho} + 0,5B_{12}r_0^2 \frac{1}{\rho^2} + 0,5B_0r_0^2 \frac{1}{\rho^3} - B_{12} \ln \rho. \quad (9)$$

Дифференциальное уравнение (3) запишем следующим образом:

$$dn = K\gamma_c(\rho)d\rho, \quad (10)$$

где

$$K = 10^5 H / [m_0 T_n (1 + 0,01\Pi_B)]. \quad (11)$$

Экстраполируя функцию (9) до радиуса $\rho = r_0$, из уравнения (10) запишем:

$$n = K \left[(A_{012} + 0,5B_{12})(\varrho - r_0) + 0,5B_0 \ln \frac{\varrho}{r_0} + 0,5B_{12}r_0 \left(1 - \frac{r_0}{\varrho} \right) + 0,25B_0 \left(1 - \frac{r_0^2}{\varrho^2} \right) - B_{12}(\varrho \ln \varrho - r_0 \ln r_0) \right], \quad (13)$$

где

$$r_0 = 7,5 \leq \rho \leq \rho_{\text{кон}} = 33,5 \text{ см.}$$

В табл. 2 представлены рассчитанные по формулам (13) и (11) с учетом значений коэффициентов табл. 1 числа n_p оборотов

$$\int_0^n dn = K \int_{r_0}^{\varrho} [(A_{012} - 0,5B_{12}) + 0,5B_0 \frac{1}{\varrho} + 0,5B_{12}r_0^2 \frac{1}{\varrho^2} + 0,5B_0r_0^2 \frac{1}{\varrho^3} - B_{12} \ln \varrho] d\varrho. \quad (12)$$

После почленного интегрирования и несложных преобразований получаем динамическую спираль намотки:

ткацкого навоя в зависимости от текущего радиуса ρ намотки при разных вариантах его формирования. Там же указаны экспериментальные значения числа n , оборотов навоя, полученные одновременно с опытами для функции (5).

Таблица 2

ρ , см	Варианты формирования ткацких навоев							
	j = 1		j = 2		j = 3		j = 4	
	n_p	n_s	n_p	n_s	n_p	n_s	n_p	n_s
7,5	0	0	0	0	0	0	0	0
9,0	188,6	198,2	218,8	210,0	234,2	226,6	264,4	270,0
12,5	584,8	597,6	675,2	698,8	716,3	720,4	806,7	829,6
16,0	944,6	977,4	1099,1	1055,8	1156,7	1101,0	1297,9	1293,4
19,5	1323,5	1336,4	1508,9	1477,4	1576,8	1547,0	1762,2	1695,0
23,0	1686,6	1727,0	1911,2	1880,2	1984,5	1935,0	2209,1	2149,2
26,5	2049,3	2089,6	2309,1	2299,0	2383,7	2357,4	2643,5	2581,8
30,0	2412,6	2453,4	2704,1	2702,0	2776,8	2828,8	3068,3	3018,4
33,5	2776,9	2943,0	3097,2	3191,8	3165,0	3209,4	3485,3	3541,6

По данным табл. 2 построены графики, изображенные на рис. 1 сплошными линиями. Расположение экспериментальных точек на них свидетельствует о хорошем совпадении расчетных динамических спиралей намотки с опытными данными. Средняя относительная погрешность расчета $\bar{\delta}_n$ не превышает 2,8%.

Подставив в (2) формулу (9), найдем зависимость $\delta_c = \delta_c(\rho)$, которая вместе с динамической спиралью (13) в параметрической форме определяет функцию

$$\delta_c = \delta_c(n). \quad (14)$$

Из (13) и (14) следует, что воспроизве-

дение в процессе наматывания навоев одной и той же динамической спирали намотки с целью получения идентичных ткацких навоев возможно двумя способами.

Первый из них (согласно [1]) заключается в том, что принудительный отвод уплотняющей скалки за каждый оборот навоя от центра паковки на величину δ_c должен соответствовать формуле (14). При этом возможно разбиение всей динамической спирали (13) на короткие отрезки в диапазоне от ρ до $\rho + \Delta\rho$, в каждом из которых она аппроксимируется спиралью Архимеда с параметрами

$$\delta_c = [(\rho + \Delta\rho) - \rho] / [n(\rho + \Delta\rho) - n(\rho)].$$

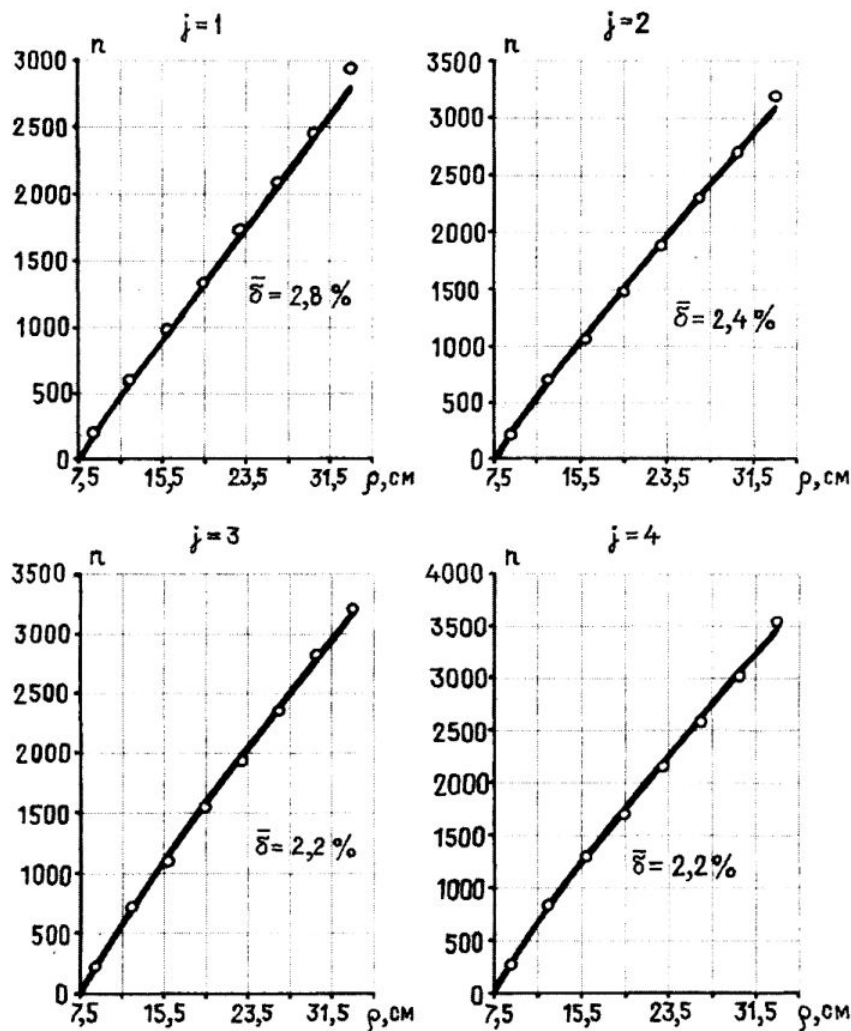


Рис. 1

Второй способ реализуется при обычной технологии, если на шлифовальной машине натяжение T наматываемых нитей и давление P воздуха в пневмокамере уплотняющего устройства поддерживать на постоянных уровнях, а радиусы r_0 ствола и расадка H фланцев у разных ткацких навоев будут иметь близкие значения.

Экспериментальная проверка второго способа в условиях базового предприятия при формировании шести ткацких навоев на машине ШБ-11/180 для выработки ткани миткаль арт. АЛ-92-33 на двухнавойных станках СТБ-2-330 в три полотна показала, что при разнице в диаметрах стволов $\Delta d_0 = 1$ мм и в расадке фланцев ΔH до 8 мм ткацкие навоев близки к идентичным: при одинаковом полном числе оборотов

$n_k = 2360$ разность в конечных радиусах намотки составила от 1 до 1,5 мм, а в длине намотанных нитей $\Delta L = 3...4$ м. При срабатывании этих навоев по известной методике (с отключенным дифференциалом основного регулятора) нити с обоих ткацких навоев на трех станках сошли одновременно и отходы пряжи при доработке основ были равны нулю.

ВЫВОДЫ

Предложена математическая модель намотки пряжи на ткацком навое и методика расчета динамической спирали намотки, позволяющие определять условия формирования идентичных ткацких навоев.

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 1631923 СССР, МКИ В 65 Н 77/00, Д02Н 13/10. Способ управления намоткой паковок с одинаковой структурой и устройство для его осуществления / Ю.К. Кутын, Н.И. Генварев, А.Н. Смирнов и др. (СССР). – № 4449771/12; Заявл. 30.06.88; Зарегистрирован 01.11.90.

2. *Кутын А.Ю., Кутын Ю.К.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2001, №2. С.113...117.

3. *Маховер В.Л., Булыгин А.В.* // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 1986, №2. С.63...66.

4. *Бобылькова И.С., Маховер В.Л.* // Вестник Ивановской государственной текстильной академии. – 2003, №3.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 18.11.03.
