

АНАЛИТИКО-ЭМПИРИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ ТКАНЫХ ИЗДЕЛИЙ ПО ЗАДАННОЙ ФАЗЕ СТРОЕНИЯ

ANALYTICAL - EMPIRICAL METHOD OF PREPARATION OF WOVEN PRODUCTS ON THE GIVEN PHASE OF THE STRUCTURE

С.Г. Керимов
S.G. Kerimov

АО «Научно-исследовательский институт технических тканей», (г. Ярославль)
SC "Research Institute of Technical Fabrics", (Yaroslavl)
E-mail: niitt@rambler.ru

Предложен новый метод расчета технологических плотностей проектируемых тканых изделий по заданной фазе строения по формулам, полученным путем предварительного построения по аналитическим уравнениям графиков пофазного изменения параметров строения тканых изделий с последующей их аппроксимацией и нахождения определяющих коэффициентов. Приведены примеры практических расчетов структур тканых изделий предложенным методом.

Ключевые слова: тканые изделия, фаза строения, расчетный диаметр нити, технологическая плотность, линейное заполнение.

A new empirical method is proposed for determining the technological densities of the designed woven products according to a given phase of the structure using formulas, obtained by pre-constructing analytical equations of graphs of phase changes in the parameters of the structure of woven products with their subsequent approximation and finding the determining factors. Examples of practical calculations of the structures of woven products by the proposed method are given.

Keywords: woven products, phase of the structure, calculated diameter of the thread, process density, linear filling.

Тканые изделия (ткани и тканые ленты) характеризуются комплексом различных структурно-геометрических, физико-механических, эксплуатационных и других показателей. Классификация и оценка структур тканых изделий в зависимости от применяемых критериев оценки может производиться по одному или нескольким обобщенным показателям. Основным структурным показателем, определяющим взаиморасположение нитей основы и утка в тканых изделиях является величина их взаимоизгибов, которую принято называть порядком фазы строения. Принадлежность структуры тканого изделия к той или иной фазе строения определяется соотношением взаимоизгибов нитей основы и утка.

Теория фаз является удачной концепцией систематизации и классификации тканых изделий по основным геометрическим признакам строения. Классификация взаимоизгибов нитей, определяющих количественные соотношения основных геометрических элементов тканей, позволяет производить проектирование и анализ структур этих изделий по заданным параметрам строения с учетом порядка фазы строения [1, 2].

Проектирование тканых изделий по заданной фазе строения сводится в основном к определению технологических плотностей по основе и утку, которые предопределяются линейными заполнениями:

$$P_o = Z_o / d_o; \quad P_y = Z_y / d_y, \quad (1)$$

где: P_o, P_y – технологические плотности нитей основы и утка тканого изделия, н/дм; Z_o, Z_y – линейное заполнение тканого изделия по основе и утку, %; d_o, d_y – расчетный диаметр нитей основы и утка, мм. Величины линейных заполнений тканых изделий, структуры которых принадлежат 1, 5 и 9 фазам строения, могут быть рассчитаны по

аналитическим формулам, полученным автором ранее [3]:

$$Z_{O1} = \frac{100 K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - [(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}]^2}}; \quad Z_{y1} = 100 (\%); \quad (2)$$

$$Z_{O5} = \frac{100 K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}; \quad Z_{y5} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}; \quad (3)$$

$$Z_{O9} = 100 (\%); \quad Z_{y9} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - [(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}]^2}}; \quad (4)$$

где: Z_{O1} , Z_{O5} , Z_{O9} , Z_{y1} , Z_{y5} , Z_{y9} – линейные заполнения по основе и утку тканого изделия, структура которого принадлежит 1, 5 и 9 фазам строения, %; K_d – отношение диаметров нитей основы и утка:

$$d_o / d_y = K_d; \quad d_o = d_y K_d; \quad d_y = d_o / K_d; \quad d_o + d_y = d_y (1 + K_d). \quad (5)$$

где: Z_{O1} , Z_{O5} , Z_{O9} , Z_{y1} , Z_{y5} , Z_{y9} – линейные заполнения по основе и утку тканого изделия, структура которого принадлежит 1, 5 и 9 фазам строения, %; K_d – отношение диаметров нитей основы и утка:

$$d_o / d_y = K_d; \quad d_o = d_y K_d; \quad d_y = d_o / K_d; \quad d_o + d_y = d_y (1 + K_d). \quad (5)$$

Задаваясь значениями отношений диаметров нитей – K_d в пределах от 0, 5 до 2,5 с интервалом 0,1 и подставляя эти значения в уравнения (2), (3), (4) находим значения Z_{O1} , Z_{O5} , Z_{O9} , Z_{y1} , Z_{y5} , Z_{y9} наносим их на графики, как точки координат и, соединив между собой одноименные точки, соответствующие 1, 5 и 9 фазам строения, получим графики пофазного изменения линейных заполнений тканых изделий при различных значениях отношений диаметров нитей основы и утка. Далее принимаем, что графики пофазного изменения линейных заполнений тканых изделий описывают дуги некоторых кривых второго порядка – парабол, проходящих через три известные фиксированные точки, координаты которых соответствуют этим параметрам в 1, 5, и 9 фазах строения. Уравнения парабол в общем виде имеют вид:

$$K_i = A_i n^2 + B_i n + C_i,$$

где: K_i – ордината (значение соответствующего параметра строения тканого изделия); A_i , B_i , C_i – коэффициенты данной параболы; n – порядок фазы строения тканого изделия.

Частные уравнения парабол, соответствующей координатам 1, 5 и 9 фаз образуют систему из трех уравнений с тремя неизвестными:

$$\left. \begin{array}{l} \text{при } n = 1; \quad K_1 = A + B + C; \\ \text{при } n = 5; \quad K_5 = 25A + 5B + C; \\ \text{при } n = 9; \quad K_9 = 81A + 9B + C, \end{array} \right\}$$

где: K_1 , K_5 , K_9 – значения соответствующих параметра в 1, 5, и 9 фазах строения (ординаты фиксированных точек парабол); A , B , C – константы данной параболы.

Решив эту систему в общем виде и подставив соответствующие обозначения, получим частные уравнения парабол, соответствующей координатам 1, 5 и 9 фаз:

$$A = [(K_9 - K_5) - (K_5 - K_1)]/32;$$

$$B = [7(K_5 - K_1) - 3(K_9 - K_5)]/16;$$

$$C = K_1 + [5(K_9 - K_5) - 13(K_5 - K_1)]/32;$$

$$\underline{Z_o = A_{zo} n^2 + B_{zo} n + C_{zo};} \quad (6)$$

$$A_{zo} = [(Z_{o9} - Z_{o5}) - (Z_{o5} - Z_{o1})]/32; \quad (7)$$

$$B_{zo} = [7(Z_{o5} - Z_{o1}) - 3(K_{zo9} - K_{zo5})]/16; \quad (8)$$

$$C_{zo} = Z_{o1} + [5(Z_{o9} - Z_{o5}) - 13(Z_{o5} - Z_{o1})]/32; \quad (9)$$

$$\underline{Z_y = A_{zy} n^2 + B_{zy} n + C_{zy};} \quad (10)$$

$$A_{zy} = [(Z_{y9} - Z_{y5}) - (Z_{y5} - Z_{y1})]/32; \quad (11)$$

$$B_{zy} = [7(Z_{y5} - Z_{y1}) - 3(Z_{y9} - Z_{y5})]/16; \quad (12)$$

$$C_{zy} = Z_{y1} + [5(Z_{y9} - Z_{y5}) - 13(Z_{y5} - Z_{y1})]/32. \quad (13)$$

Полученные таким образом аналитические формулы (6...13) позволяют проводить проектирование структур тканых изделий по заданной фазе строения. При этом степень соответствия расчетных данных, получаемым практически составляет не менее 99%.

Однако, несмотря на высокую степень достоверности расчетов аналитический метод для практического применения оказался сложен и громоздок.

Поэтому для практических расчетов автором разработан аналитико - эмпирический метод проектирования тканых изделий по заданной фазе строения (см. табл. 1).

Формулы для расчета технологических плотностей проектируемых тканых изделий, принадлежащих заданной фазе строения получены путем предварительного расчета по аналитическим формулам (3,4,5) точек координат графиков, пофазного изменения линейных заполнений при различных соотношениях диаметров нитей основы и утка и последующей аппроксимацией кривых, описывающих эти зависимости на соответствующих графиках [4].

Эмпирические формулы для определения линейных заполнений тканых изделий при их проектировании по заданной фазе строения

Расчетная технологическая плотность тканого изделия при заданной фазе строения, н/дм	по основе	$\Pi_o = [A_{zo} n^2 + B_{zo} n + C_{zo}] / d_o ; \quad (14)$
		$A_{zo} = 0,1428K_d^2 - 0,7712K_d + 1,7458; \quad (15)$
		$B_{zo} = -0,591K_d^2 + 2,6961K_d - 7,0457 ; \quad (16)$
		$C_{zo} = - 6,9852K_d^2 + 38,2024K_d + 22,0061. \quad (17)$
		Для тканых изделий из однородных нитей основы и утка (при $K_d = 1$):
		$Z_o = 1,1174n^2 - 4,9406n + 53,2233; \quad (18)$
		$\Pi_o = [1,1174n^2 - 4,9406n + 53,2233] / d_o. \quad (19)$
	по утку	$\Pi_y = [A_{zy} n^2 + B_{zy} n + C_{zy}] / d_y ; \quad (20)$
		$A_{zy} = - 0,1281K_d^2 + 0,7339K_d + 0,4670; \quad (21)$
		$B_{zy} = 2,2411K_d^2 - 12,4602K_d - 6,5666; \quad (22)$
		$C_{zy} = - 2,1129K_d^2 + 11,726K_d + 106,1; \quad (23)$
		Для тканых изделий из однородных нитей в основы и утка (при $K_d = 1$):
		$Z_y = 1,0728 n^2 - 16,7857 n + 115,7131 ; \quad (24)$
		$\Pi_y = [1,0728 n^2 - 16,7857 n + 115,7131] / d_y. \quad (25)$

С целью подтверждения целесообразности применения предлагаемого метода и определения степени достоверности эмпирических формул для расчета технологических плотностей проектируемых тканей по заданной фазе строения автором был проведен поверочный расчет трех серийно вырабатываемых технических тканей, параметры строения которых были заведомо известны. Результаты указанного поверочного расчета приведены в табл. 2.

В таблице 2 цифры расположенные рядом условными обозначениями и помещенные в скобки указывают на номер расчетной формулы, по которой рассчитывался данный параметр.

Таблица 2

Наименование параметров строения тканей		Условное обозначение параметра	Марка технической ткани		
			«Тентовая»	ТКБ для конвейерных лент	ТПК-300 для элеваторных ремней
ЗВид сырья и структура нити:	основы	T_o	НПэф 27,7 текс х 4	НПам 93,5 текс	НПэф 111 текс х 6
	утка	T_y	НПэф 27,7 текс х 4	НПам 93,5 текс х 3	НПам 187 текс х 2
Расчетный диаметр нити, мм	основы	d_o	0,449370	0,458667	1,1050
	утка	d_y	0,449370	0,794430	0,9285
Отношение диаметров нитей основы и утка		K_d	1,00	0,58	1,203
Число нитей на 10 см по	основе	$P_{oф}$	96 ± 2	95 ± 2	100 ± 2
	утку	$P_{yф}$	92 ± 2	72 ± 2	45 ± 2
Линейное заполнение ткани, %, по	основе	Z_o	43,14	43,57	91,85
	утку	Z_y	41,34	57,20	54,14
Отношение линейных заполнений по основе и утку		K_z	1,035	0,762	1,697
Порядок фазы строения ткни		$n (26÷30)$	5,128	5,375	7,350
Коэффициенты к эмпирическим формулам для расчета технологических плотностей тканей при заданной фазе строения	по основе	$A_{zo} (15)$	1,0933	1,3392	1,0114
		$B_{zo} (16)$	- 4,7396	- 5,6022	- 4,4807
		$C_{zo} (17)$	54,1012	41,9449	58,4037
	по утку	$A_{zy} (21)$	1,0933	0,8551	1,1760
		$B_{zy} (22)$	- 17,1259	- 13,1203	- 18,5100
		$C_{zy} (23)$	116,0326	112,2652	117,3340

Технологическая плотность ткани по результатам поверочного	основы	P_{op} (14)	98,9	97,4	103,2
	утка	P_{yr} (20)	94,7	75,1	46,5
Степень достоверности поверочных расчетов по эмпирическим формулам, %			97,0	97,5	96,5
Условные обозначения сырьевого состава нитей основы и утка: Пр. х/бум. – пряжа хлопчато-бумажная; НПэф – нить полиэфирная (лавсановая); НПам – нить полиамидная (капроновая).					

Результаты поверочного расчета, приведенные в табл. 2, показывают, что предлагаемый аналитическо-эмпирический метод проектирования тканей по заданной фазе строения обеспечивает высокую до 97 % степень достоверности.

При проектировании структур тканых изделий по заданной фазе строения порядок фазы изначально задан. При анализе структур тканых изделий порядок фазы можно определять по аналитико-эмпирической формулам (26, 27, 28, 29,30), полученным автором путем предварительного расчета по аналитическим формулам точек координат графиков, пофазного изменения отношений заполнений при различных соотношениях диаметров нитей основы и утка и последующей аппроксимации кривых описывающих эти зависимости на соответствующих графиках:

$$n = A_n + \sqrt{B_n + C_n K_z}, \quad (26)$$

где: n – порядок фазы строения тканого изделия; K_z – отношение линейных заполнений тканого изделия по основе и утку; A_n, B_n, C_n – эмпирические коэффициенты, полученные путем аппроксимирования:

$$A_n = 0,0101 K_d^2 - 4,6259 K_d + 3,3985 \quad (27)$$

$$B_n = 26,3969 K_d^2 - 56,5089 K_d + 2,0396 \quad (28)$$

$$C_n = - 6,3576 K_d^2 + 31,3248 K_d + 41,1771. \quad (29)$$

Для тканых изделий из однородных нитей основы и утка (при $K_d = 1$):

$$n_{\phi} = -1, 2173 + \sqrt{66,1443 K_z - 28, 1724}. \quad (30)$$

По эмпирическим формулам (26 - 30) можно с очень высокой степенью достоверности расчетным путем определять порядок фазы строения тканей по их заправочным параметрам, что ранее было невозможно сделать.

ЛИТЕРАТУРА

- Новиков Н. Г. О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода. «Текстильная промышленность», 1946, № 2, с. 9 - 17; № 4. с. 8—14; № 5, с. 18 - 24; № 6. с. 18 - 24; М., 11 - 12, с. 17 - 25.
- Керимов С. Г., Ефремов Е. Д. К вопросу теории фазового строения тканых изделий. Ж// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности, 1978, № 6, с. 49-54.
- Керимов С. Г. Аналитический метод проектирования и анализа структур тканей с учетом

порядка фазы их строения. Ж// Известия ВУЗов. Технология текстильной промышленности, 2010, № 8, с. 34 - 40.

4. Гусак А. А. Элементы методов вычислений. БГУ, Минск. 1974. с. 145 – 162.