

УДК 677.064.001.2

**АНАЛИТИЧЕСКИЙ МЕТОД ПРОЕКТИРОВАНИЯ
И АНАЛИЗА СТРУКТУР ТКАНЕЙ
С УЧЕТОМ ПОРЯДКА ФАЗЫ ИХ СТРОЕНИЯ**

С. Г. КЕРИМОВ

(Научно-исследовательский институт технических тканей, г. Ярославль)
E-mail: ttp@igta.ru

Установлена функциональная аналитическая зависимость пофазного изменения величин основных параметров строения тканей при различном соотношении диаметров нитей основы и утка.

The functional analytical dependence of phase-by-phase changes of the key parameters rates of the fabrics structure at a various ratio of threads diameters of a warp and a weft is stated herein.

Ключевые слова: параметры строения ткани, порядок фазы строения, тканое изделие, аналитические формулы, соотношения диаметров нитей основы и утка.

Ткани 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 признакам.

Основным структурным показателем, определяющим взаиморасположение нитей основы и утка в тканых изделиях, является величина их взаимоиэгибов, которую принято называть порядком фазы строения. Понятие о фазах строения было введено Н.Г. Новиковым, который предложил различать девять фаз строения тканей. Принадлежность структуры тканого изделия к той или иной фазе строения определяется соотношением взаимоиэгибов нитей основы и утка.

Теория фаз явилась удачной концепцией систематизации и классификации тканей по основным геометрическим признакам строения. Классификация взаимоиэгибов нитей, определяющих количественные соотношения основных геометрических элементов тканей, позволяет производить сравнение, анализ и проектирование этих изделий по заданным параметрам строения. При этом оценку принадлежности ткани к определенной фазе строения можно проводить как по отношению высот волн изгиба, так и по величинам отношений линейных заполнений по основе и утку.

Рассмотрим совмещенные по горизонтальным осям схемы продольных сечений нитей основы и утка элементов тканых изделий, принадлежащих к 1, 5 и 9-й фазам строения (рис. 1).

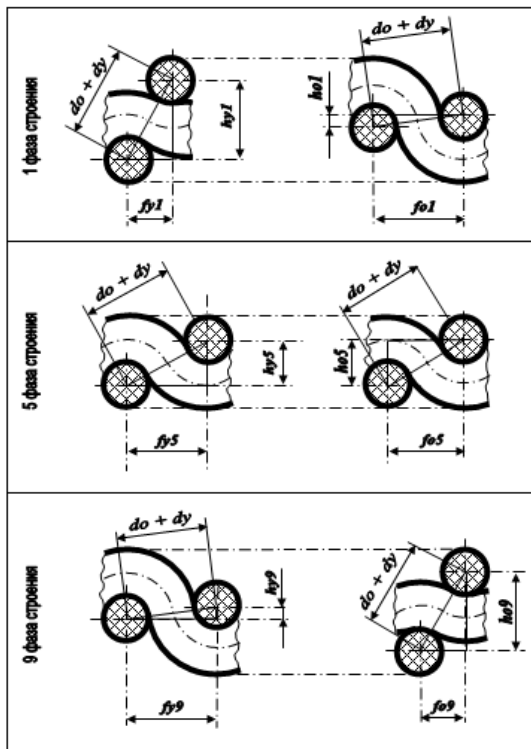


Рис. 1

Обозначим отношения диаметров нитей основы и утка через K_d :

$$\begin{aligned} d_o / d_y &= K_d; \quad d_o = d_y K_d; \\ d_y &= d_o / K_d; \quad d_o + d_y = d_y(1 + K_d), \end{aligned} \quad (1)$$

$$f_{y1} = d_y; \quad f_{o1} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1} \right]^2}, \quad (5)$$

$$h_{o1} = d_y \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1} \right], \quad h_{y1} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}, \quad (6)$$

$$f_{o1} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1} \right]^2}, \quad (7)$$

$$h_{o5} = d_y; \quad h_{y5} = d_y K_d, \quad (8)$$

$$f_{o5} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}, \quad f_{y5} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}, \quad (9)$$

$$f_{o9} = d_y K_d; \quad f_{y9} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2} \right]^2}, \quad (10)$$

$$f_{h9} = d_y \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}, \quad h_{y9} = d_y \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2} \right], \quad (11)$$

тогда известные зависимости [1] примут удобный для преобразований вид:

$$h_o = \sqrt{d_y^2 (1 + K_d)^2 - f_o^2}, \quad (2)$$

$$h_y = \sqrt{d_y^2 (1 + K_d)^2 - f_y^2},$$

$$f_o = \sqrt{d_y^2 (1 + K_d)^2 - h_o^2}; \quad (3)$$

$$f_y = \sqrt{d_y^2 (1 + K_d)^2 - h_y^2},$$

$$h_o + h_y = d_o + d_y = d_y(K_d + 1), \quad (4)$$

где K_d – отношение диаметров нитей основы и утка; d_o , d_y – расчетный диаметр нитей основы и утка, мм; h_o , h_y – высота волны изгиба нитей основы и утка, мм; f_o , f_y – геометрическая плотность нитей основы и утка, мм.

Определим основные структурно-геометрические параметры тканых изделий в 1, 5, 9-й фазах строения.

Геометрические плотности и высоты волн изгиба нитей основы и утка:

где $f_{01}, f_{05}, f_{09}, f_{y1}, f_{y5}, f_{y9}$ – геометрическая плотность нитей основы и утка в 1, 5, и 9-й фазах строения, мм; $h_{01}, h_{05}, h_{09}, h_{y1}, h_{y5},$

h_{y9} – высота волны изгиба нитей основы и утка в 1, 5 и 9-й фазах строения, мм.

Отношения высот волн изгиба нитей основы и утка:

$$K_{h1} = h_{01} / h_{y1} = \frac{(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}, \quad (12)$$

$$K_{h5} = h_{05} / h_{y5} = 1 / K_d, \quad (13)$$

$$K_{h9} = h_{09} / h_{y9} = \frac{\sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}{K_d + 1 - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}, \quad (14)$$

где K_{h1}, K_{h5}, K_{h9} – отношения высот волн изгиба нитей основы и утка в 1, 2 и 9-й фазах строения.

Линейные заполнения тканого изделия по основе и утку:

$$Z_{01} = \frac{100K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1} \right]^2}}, \quad Z_{y1} = 100 \quad (\%), \quad (15)$$

$$Z_{05} = \frac{100K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}, \quad Z_{y5} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}, \quad (16)$$

$$Z_{09} = 100 \quad (\%), \quad Z_{y9} = \frac{100}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2} \right]^2}}, \quad (17)$$

где $Z_{01}, Z_{05}, Z_{09}, Z_{y1}, Z_{y5}, Z_{y9}$ – линейное заполнение тканого изделия по основе и

утку в 1, 5, 9-й фазах строения, %.

Отношения заполнений по основе и утку:

$$K_{Z1} = Z_{01} / Z_{y1} = \frac{K_d}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - 1} \right]^2}}, \quad (18)$$

$$K_{Z5} = Z_{05} / Z_{y5} = \frac{K_d \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2}}{\sqrt{(K_d + 1)^2 - 1}}, \quad (19)$$

$$K_{Z9} = Z_{09} / Z_{y9} = \sqrt{(K_d + 1)^2 - \left[(K_d + 1) - \sqrt{(K_d + 1)^2 - K_d^2} \right]^2}. \quad (20)$$

Задаваясь значениями отношений диаметров нитей K_d в пределах от 0,25 до 4,0 с интервалом 0,25 и подставляя эти значения в уравнения (15)...(20), находим значения $K_{h1}, K_{h5}, K_{h9}, Z_{01}, Z_{05}, Z_{09}, Z_{y1}, Z_{y5},$

$Z_{y9}, K_{Z1}, K_{Z5}, K_{Z9},$ наносим их на графики как точки координат и, соединив между собой одноименные точки, соответствующие 1, 5 и 9-й фазам строения, получаем графики пофазного изменения основных

параметров строения тканых изделий при различных значениях отношений диаметров нитей основы и утка. На рис. 2...4 приведены графики пофазного изменения основных параметров строения тканых изделий: отношений высот волн (рис. 2); линейных заполнений по основе и утку (рис. 3); отношений линейных заполнений

по основе и утку (рис. 4). Графики пофазного изменения основных параметров строения тканых изделий образуют ломаные линии, проходящих через три известные фиксированные точки, координаты которых соответствуют этим параметрам в 1, 5 и 9-й фазах строения.

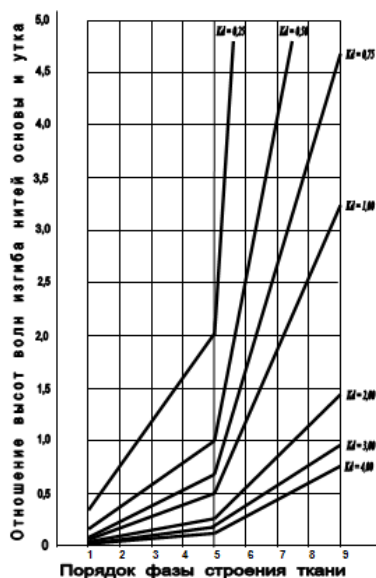


Рис. 2

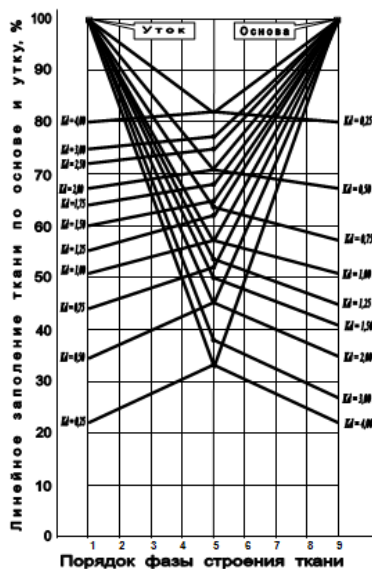


Рис. 3

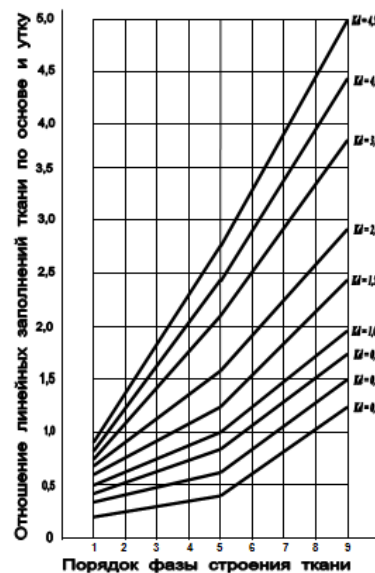


Рис. 4

Сравнительный анализ графиков пофазного изменения параметров строения тканых изделий при различных значениях отношений диаметров нитей основы и утка показывает, что при равенстве между собой величин отношений высот волн или отношений линейных заполнений порядки их фаз и строения различны.

Записав в принятых обозначениях уравнения прямых, образующих ломаные линии на графиках (рис. 2...4), получим аналитические формулы для определения пофазного изменения основных структурно-геометрических параметров строения тканых изделий в дискретных интервалах фаз от 1 до 5 и от 5 до 9.

Для интервала фаз $1 \leq n \leq 5$	Для интервала фаз $5 \leq n \leq 9$
$K_{h(1\div5)} = K_{h1} + \frac{K_{h5} - K_{h1}}{4} (n - 1)$	$K_{h(5\div9)} = K_{h5} + \frac{K_{h9} - K_{h5}}{4} (n - 5) \quad (21)$
$Z_{o(1\div5)} = Z_{o1} + \frac{Z_{o5} - Z_{o1}}{4} (n - 1)$	$Z_{o(5\div9)} = Z_{o5} + \frac{Z_{o9} - Z_{o5}}{4} (n - 5) \quad (22)$
$Z_{y(1\div5)} = Z_{y1} - \frac{Z_{y1} - Z_{y5}}{4} (n - 1)$	$Z_{y(5\div9)} = Z_{y5} - \frac{Z_{y5} - Z_{y9}}{4} (n - 5) \quad (23)$
$K_{z(1\div5)} = K_{z1} + \frac{K_{z5} - K_{z1}}{4} (n - 1)$	$K_{z(5\div9)} = K_{z5} + \frac{K_{z9} - K_{z5}}{4} (n - 5) \quad (24)$

Высоты волн изгиба нитей основы и утка в любом интервале фаз от 1 до 9:

$$h_o = \frac{K_h (d_o \eta_o + d_y \eta_y)}{K_h + 1},$$

$$h_y = \frac{(d_o \eta_o + d_y \eta_y)}{K_h + 1}, \quad (25)$$

где h_o , h_y – расчетное значение высот волн изгиба нитей основы и утка, мм; K_h – расчетное значение отношения высот волн изгиба нитей основы и утка; η_o , η_y – коэффициент смятия нитей основы и утка в тканом изделии.

При проектировании структур тканых изделий по заданной фазе строения порядок фазы изначально задан. При анализе структур тканых изделий порядок фазы определяется путем предварительного

расчета по формуле (19) значения отношения линейных заполнений по основе и утку (K_{Z5}) с последующим сравнением с (K_Z) анализируемого тканого изделия.

При этом если $K_{Z5} \geq K_Z$, анализируемое тканое изделие имеет порядок фазы строения в интервале от 1 до 5, а если $K_{Z5} \leq K_Z$, анализируемое тканое изделие имеет порядок фазы строения в интервале от 5 до 9. Далее порядок фазы строения анализируемого тканого изделия в зависимости от установленного интервала фаз может быть определен по одной из формул (26).

Для интервала фаз $1 \leq n \leq 5$	Для интервала фаз $5 \leq n \leq 9$
$n = 1 + \frac{4(K_{Z(1+5)} - K_{Z1})}{K_{Z5} - K_{Z1}}$	$n = 5 + \frac{4(K_{Z(5+9)} - K_{Z5})}{K_{Z9} - K_{Z5}} \quad (26)$

Т а б л и ц а 1

Наименование параметров строения тканых изделий		Расчетная формула или обозначение	Марка ткани		
			ткань полиэфирная тентовая	ткань брекерная ТКБ для конвейерных лент	бельтинг фильтровальный БФ
Вид сырья и структура нити:	основы	T_o	НПЭф 27,7 текс x 4 $A=0,042691$	НПам 93,5 текс $A=0,047434$	Пр. х/бум. 50 текс x 10 $A=0,039528$
	утка	T_y	НПЭф 27,7 текс x 4 $A=0,042691$	НПам 93,5 текс x 3 $A=0,047434$	Пр. х/бум. 50 текс x 10 $A=0,039528$
Расчетный диаметр нити, мм	основы	$d_o = A\sqrt{T_o}$	0,449370	0,458667	0,88388
	утка	$d_y = A\sqrt{T_y}$	0,449370	0,794430	0,88388
Отношение диаметров нитей основы и утка		$K_d = d_o / d_y$	1,00	0,58	1,00
Число нитей на 10 см по	основе	Π_o	96 ± 2	95 ± 2	98 ± 2
	утку	Π_y	92 ± 2	72 ± 2	58 ± 2
Линейное заполнение тканого изделия, %, по	основе	$Z_o = \Pi_o d_o$	43,14	43,57	86,62
	утку	$Z_y = \Pi_y d_y$	41,34	57,20	51,27
Отношение линейных заполнений по основе и утку		$K_z = Z_o / Z_y$	1,035	0,762	1,690
Расчетные значения отношений линейных заполнений тканого изделия с заданным K_d по основе и утку в	5-й фазе	K_{Z5} (19)	1,00000	0,694747	1,00000
	9-й фазе	K_{Z9} (20)	1,981969	1,573547	1,981969
Порядок фазы строения ткани		n (26)	5,16	5,41	7,88

Примеры анализа структур серийных тканей технического назначения и проектирования тканей по заданной фазе строения по предложенным формулам приведены в табл. 1 и 2.

В табл. 1 приняты следующие условные обозначения: НПэф – нить полиэфирная (лавсановая); НПам – нить полиамид-

ная (капроновая); Пр. х/бум – пряжа хлопчатобумажная; А – коэффициент для определения расчетного диаметра нитей. В табл. 1 и 2 цифры, заключенные в скобки, указывают на номер расчетной формулы, по которой определен данный параметр строения тканого изделия.

Т а б л и ц а 2

Наименование и обозначение параметра		Рассчитываемые параметры строения проектируемых тканей											
Линейная плотность и расчетный диаметр полиамидных (капроновых) нитей основы и утка, мм	T_0	93,5 текс x 1			93,5 текс x 2			93,5 текс x 4			93,5 текс x 3		
	d_0	0,45867			0,64865			0,91733			0,79443		
	T_y	93,5 текс x 3			93,5 текс x 2			93,5 текс x 2			93,5 текс x 1		
	d_y	0,70443			0,64865			0,64865			0,45867		
Отношение диаметров нитей	K_d	0,7071			1,0			1,4142			1,7132		
Расчетное значение линейного заполнения по основе в 1, 5 и 9-й фазах строения при заданном значении отношений диаметров нитей, %	Z_{01} (15)	42,186			50,455			58,816			63,551		
	Z_{05} (16)	51,108			57,735			64,359			68,125		
	Z_{09} (17)	100,000			100,000			100,000			100,000		
Расчетное значение линейного заполнения по утку в 1, 5 и 9-й фазах строения при заданном значении отношений диаметров нитей, %	Z_{y1} (15)	64,360			100,000			100,000			100,000		
	Z_{y5} (16)	58,816			57,735			51,108			47,330		
	Z_{y9} (17)	-			50,455			42,186			37,581		
Заданная фаза строения	n	3	5	8	3	5	8	3	5	8	3	5	8
Линейное заполнение проектируемой ткани по основе и утку, %	Z_0 (22)	46,6	51,1	87,8	54,1	57,7	89,4	61,6	64,4	91,1	65,8	68,1	92,0
	Z_y (23)	82,2	64,4	60,2	78,9	57,7	52,3	75,5	51,1	44,4	73,7	60,5	40,0
Технологическая плотность проектируемой ткани по основе и утку, нитей/дм ($P_0 = Z_0/d_0$; $P_y = Z_y/d_y$)	P_0	102	111	191	83	89	138	95	99	110	83	86	116
	P_y	104	81	76	122	89	81	117	79	69	161	103	87

Полученные аналитические формулы позволяют проводить проектирование и анализ структур тканей с учетом фазы строения. При этом степень соответствия расчетных данных данным, получаемым практическим способом, достигает 98%.

В Ы В О Д Ы

1. Установлена функциональная зависимость пофазного изменения величин основных параметров строения тканей при различном соотношении диаметров нитей основы и утка.

2. Выведены аналитические формулы для расчета основных структурно-геометрических параметров строения и анализа структур тканых изделий с учетом порядка фазы их строения.

3. Приведены примеры проектирования и анализа структур тканых изделий с учетом фазы строения.

ЛИТЕРАТУРА

1. С.Г. Керимов, Е.Д. Ефремов // Изв.вузов. Технология текстильной промышленности – 1978, № 6. С.49...54.

Рекомендована заседанием ученого совета. Поступила 13.07.10.
