

УДК 677.024

**РАСЧЕТ РАЦИОНАЛЬНЫХ ПАРАМЕТРОВ СТРОЕНИЯ АРАМИДНЫХ ТКАНЕЙ
РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР**

**CALCULATION OF RATIONAL PARAMETERS OF ARAMIDE FABRICS
OF DIFFERENT STRUCTURE**

П.Е. САФОНОВ, С.С. ЮХИН, Н.М. ЛЕВАКОВА, И.О. КОЖАНОВА
P.E. SAFONOV, S.S. YUHIN, N.M. LEVAKOVA, I.O. KOZHANOVA

(Московский государственный университет дизайна и технологии)
(Moscow State University of Design and Technology)

E-mail: office@msta.ac.ru

Статья посвящена разработке рациональных параметров строения арамидных тканей, выработанных на станках Dornier. В результате выполненной работы установлено, что большинство высокоплотных арамидных тканей полотняного переплетения имеют ПФС, близкий к VIII,

что не удовлетворяет условию равнодеформативности ткани. Предложены структуры тканей, строение которых приближено к V ПФС.

The article is devoted to development of rational parameters of aramide fabrics' structure, produced on Dornier looms. As a result of carried out work it is established that the most of high-density aramide fabrics of a plain weave have PFS close to VIII, and it does not satisfy to the condition of equal dimensional instability of a fabric. The fabric structures close to V RFS have been offered.

Ключевые слова: арамидные ткани, различные переплетения, изгиб нитей в ткани.

Keywords: aramide fabrics, different weave, fabric thread bending.

Актуальность вопроса совершенствования структур тканей для баллистической защиты на основе арамидных нитей заключается в том, что в тканях существующих структур нити основы и утка имеют различную конфигурацию в ткани и, следовательно, неодинаково воспринимают нагрузку при разрушении материала.

Существует мнение о том, что баллистическая эффективность арамидных тканей достигается за счет выполнения условия равнодеформативности [1...3]. В соответствии с данным условием ткань в направлении основы и утка должна одинаково работать при разрушении.

Однако для большинства серийных артикулов арамидных тканей наблюдается анизотропия свойств по направлению основы и утка. Объяснить неоднородность свойств тканей возможно, если принять во внимание следующий факт. Неоднородность ткани по направлению основы и утка заложена в самой структуре ткани, нити основы и утка имеют различную конфигурацию и изгиб. В большинстве серийных артикулов высокоплотных тканей нити основы имеют максимальную извитость, в то время как нить утка остается практически прямолинейной.

Таким образом, для решения проблемы повышения баллистической эффективности арамидной ткани необходимо добиться "квадратного" строения ткани, при котором нити основы и утка в элементе ткани будут одинаково изогнуты.

Для решения поставленного вопроса необходимо обратиться к методам проек-

тирования тканей по заданным параметрам, основанным на геометрической модели строения ткани (Ф.Т. Peirce [4] и Н.Г. Новиков [5]).

Таким образом, в данной работе по методике кафедры ткачества в соответствии с данными Н.Г. Новикова были определены параметры строения арамидных тканей различных переплетений. ПФС определялся по формуле (1), где значения высот волн изгиба и диаметры нитей основы и утка – экспериментально измеренные характеристики:

$$\text{ПФС} = \frac{\varphi+1}{\varphi+1}, \quad (1)$$

где φ – соотношение высот волн изгиба нити основы и утка в ткани.

Соотношение высот волн изгиба нитей может быть выражено следующим образом:

$$\varphi = \frac{h_o}{h_y} = \frac{P_o^3 E_y I_y}{P_y^3 E_o I_o}, \quad (2)$$

где P_o и P_y – плотности ткани по основе и утку, нить/дм; E_o и E_y – модули упругости основы и утка, МПа; I_o и I_y – моменты инерции эллиптических сечений основы и утка, мм⁴.

Моменты инерции эллиптических сечений нитей основы и утка определяются из соотношения:

$$I_o = 0,05d_{ов}^3 d_{ог} \text{ и } I_y = 0,05d_{ув}^3 d_{уг}. \quad (3)$$

Также известно, что высоты волн изгиба основы и утка можно определить из соотношений [6]:

$$h_o = \frac{\varphi(d_{об}+d_{уб})}{\varphi+1} \text{ и } h_y = \frac{d_{об}+d_{уб}}{\varphi+1}. \quad (4)$$

Таблица 1

Переплетение		Значение среднего диаметра нити, мм	Значения диаметров нитей, мм				I _о , мм ⁴	I _у , мм ⁴
			d _{ог}	d _{об}	d _{уг}	d _{уб}		
Арт. 8353/11	Полотно	0,445	1,017	0,286	0,714	0,189	1,19·10 ⁻³	2,41·10 ⁻⁴
Арт. 86-294-05	Полотно	0,254	0,516	0,185	0,270	0,148	1,634·10 ⁻⁴	4,376·10 ⁻⁵
	Саржа 1/5	0,248	0,395	0,162	0,395	0,150	8,397·10 ⁻⁵	6,666·10 ⁻⁵
	Саржа 3/3	0,251	0,406	0,139	0,412	0,169	5,452·10 ⁻⁵	9,943·10 ⁻⁵
	Репс уточный 3/3	0,232	0,274	0,144	0,440	0,161	4,091·10 ⁻⁵	9,181·10 ⁻⁵
	Рогожка 3/3	0,229	0,350	0,148	0,341	0,155	5,673·10 ⁻⁵	6,349·10 ⁻⁵
Атлас (R=6)	0,241	0,392	0,149	0,385	0,149	6,484·10 ⁻⁵	6,368·10 ⁻⁵	

Таблица 2

Переплетение		Плотность по основе, н/см	Плотность по утку, н/см	Высота волны изгиба основы, мм		Высота волны изгиба утка, мм		ПФС	
				эксп.	теор.	эксп.	теор.	эксп.	теор.
Арт. 8353/11	Полотно	11,2	10,5	0,327	0,381	0,07	0,094	7,6	7,42
Арт. 86-294-05	Полотно	25,5	26,5	0,190	0,269	0,03	0,064	7,9	7,46
	Саржа 1/5	28,0	32,0	0,231	0,204	0,229	0,108	5,02	6,22
	Саржа 3/3	25,0	28,0	0,137	0,134	0,151	0,174	4,81	4,48
	Репс уточный 3/3	27,0	25,0	0,021	0,08	0,233	0,225	1,66	3,09
	Рогожка 3/3	27,0	24,0	0,136	0,117	0,163	0,186	4,65	4,09
Атлас (R=6)	25,0	26,0	0,200	0,159	0,119	0,139	6,02	5,27	

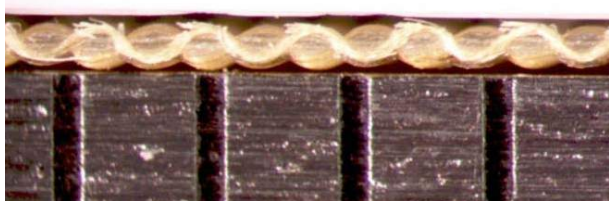
В табл. 1 представлены значения диаметров нитей основы и утка в ткани при учете деформации нити по вертикали и горизонтали и значения моментов инерции сечения нитей.

В табл. 2 представлены экспериментальные и теоретические значения высот волн изгиба основы и утка, а также значения ПФС для тканей различных структур.

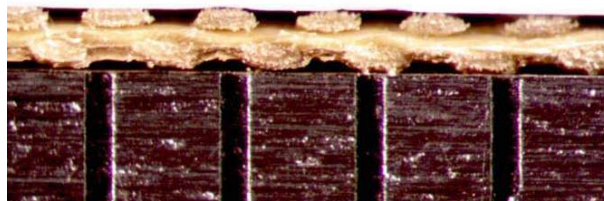
Стоит отметить, что теоретически не удалось предсказать лишь ПФС для ткани

переплетения репс уточный 3/3 (расхождение 46,3%), но для всех остальных образцов тканей расхождение расчетных и экспериментальных значений ПФС находится в пределах от 2,4 до 19,3%.

На рис. 1 и 2 в качестве примера представлены микросрезы (вдоль) арамидных тканей полотняного переплетения и саржи 3/3 соответственно; а) – нити основы; б) – нити утка.



а)



б)

Рис. 1

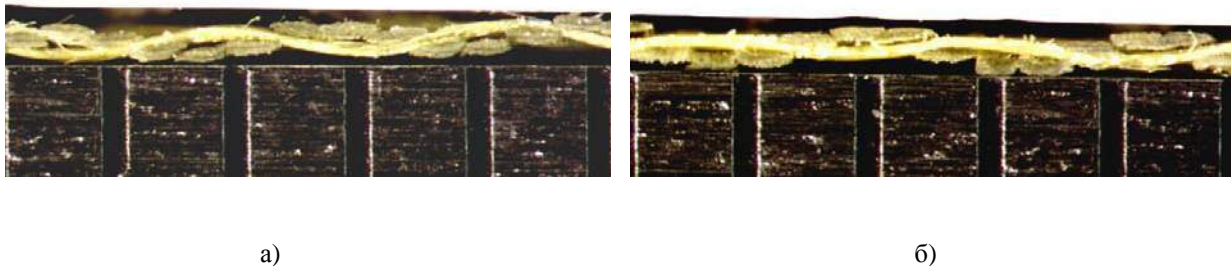


Рис. 2

Из полученных микросрезов и результатов расчета ПФС арамидных тканей различных структур следует, что ткани полотняного переплетения и репс уточный 3/3 в наименьшей степени удовлетворяют условию о равнодеформативности, так как ПФС для полотняного переплетения близок к VIII, а репса уточного 3/3 – к II. То есть для ткани полотняного переплетения свойственно практически прямолинейное расположение нити утка и максимально изогнутая нить основы, а для ткани переплетения репс уточный 3/3 – обратная ситуация: прямолинейная основа и максимально изогнутый уток.

В наибольшей степени условию о равнодеформативности удовлетворяют ткани переплетения саржа 1/5 и саржа 3/3, так как ПФС данных тканей стремятся к V, то есть квадратному строению, ткани переплетений рогожка 3/3 и неправильный атлас также по своему строению достаточно близки к пятому ПФС.

Для серийной ткани полотняного переплетения (ткань близка к VIII ПФС) в целях достижения условия равнодеформативности необходимо стремиться к V ПФС за счет изменения взаимного изгиба нитей основы и утка.

В данной работе добиться изменения взаимного изгиба нитей основы и утка в элементе ткани удалось за счет нанесения эмульсий на нити основы в процессе их перевивания с барабана ленточной сно-

вальной машины Karl Mayer на навой станка Dornier.

В качестве эмульсий были использованы два препарата. Химическая основа препарата № 1: комбинация эфиров жирных кислот, неионогенных эмульгаторов и антистатических активных веществ. Химическая основа препарата № 2: смесь минерального масла и эмульгаторов.

Далее были сделаны микросрезы образцов ткани (рис. 3 – ткань полотняного переплетения (основа обработана препаратом № 1) – срез вдоль: а) – нити основы, б) – нити утка).

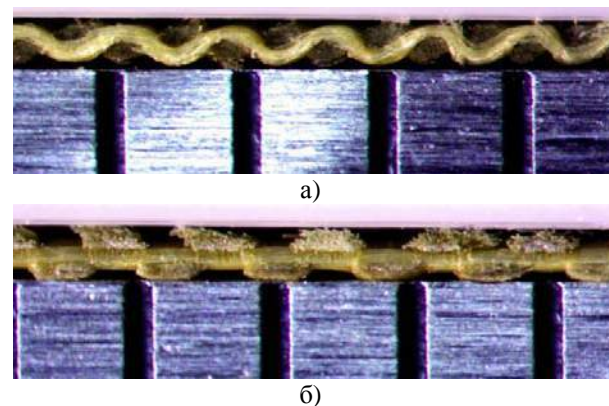


Рис. 3

В результате обработки микросрезов получены значения диаметров нитей, высот волн изгиба и ПФС ткани, они представлены в табл. 3.

Таблица 3

Наименование эмульсии	Значения диаметров нитей, мм				ПФС	Высота волны изгиба, мм		Момент инерции, мм ⁴	
	d _{ог}	d _{ов}	d _{уг}	d _{ув}		h _о	h _у	I _о	I _у
Без эмульсии	0,516	0,185	0,270	0,148	7,9	0,190	0,030	1,63·10 ⁻⁴	4,38·10 ⁻⁵
Препарат №1	0,468	0,116	0,261	0,129	6,2	0,136	0,075	3,65·10 ⁻⁵	2,80·10 ⁻⁵
Препарат №2	0,432	0,152	0,281	0,153	6,8	0,144	0,054	7,59·10 ⁻⁵	5,03·10 ⁻⁵

Таким образом, в результате анализа полученных данных установлено, что ткани, нити основы которых обработаны эмульсией, существенно изменяют порядок строения. ПФС тканей с эмульсированной основой стремится к значению V , объяснение этого факта в том, что эмульсированные нити основы изменяют свою жесткость, что приводит к увеличению высоты волны изгиба утка.

В итоге получено, что ткань полотняного переплетения с более изогнутым утком и эмульсированной основой приближается к V порядку фазы строения, что в свою очередь удовлетворяет условию равнодеформативности.

ВЫВОДЫ

1. Из микросрезов арамидных тканей различных структур определены параметры строения тканей и их ПФС. Установлено, что в наибольшей степени условию о равнодеформативности удовлетворяют ткани переплетения саржа 1/5 и саржа 3/3, так как ПФС данных тканей стремится к V .

2. Для серийной ткани полотняного переплетения в целях достижения условия

равнодеформативности была произведена операция эмульсирования нитей основы. Получено, что ПФС тканей полотняного переплетения с эмульсированной основой стремится к значению V .

ЛИТЕРАТУРА

1. Пат. 2126856 Российская Федерация D03D15/00. Ткань для баллистической защиты. Бова В.Г. и др. 16.05.1997.

2. Пат. 2175035 Российская Федерация D03D15/00, F41H1/02. Ткань для баллистической защиты и баллистический тканевой пакет на ее основе. Бова В.Г. и др. 30.12.1999.

3. Григорян В.А., Кобылкин И.Ф., Маринин В.М., Чистяков Е.Н. Материалы и защитные структуры для локального и индивидуального бронирования / Под. ред. Григоряна В.А. – М.: Изд. РадиоСофт, 2008.

4. Peirce F.T. J Text. Inst. – 1937, 28, Т.45.

5. Новиков Н.Г. О строении и проектировании ткани с помощью геометрического метода // Текстильная промышленность. – 1988, №1. С.57...58.

6. Николаев С.Д., Мартынова А.А., Юхин С.С., Власова Н.А. Методы и средства исследования технологических процессов в ткачестве. – М.: МГТУ им. А. Н. Косыгина, 2003.

Рекомендована кафедрой ткачества. Поступила 23.09.13.