

УДК 677.024

**ИССЛЕДОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ОСНОВОВОРСОВОЙ ДВУХПОЛОТЕННОЙ ТКАНИ**

**INVESTIGATION OF PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES  
OF A TWO-LAYER WARP-PILED FABRIC**

*М.В. НАЗАРОВА, С.Ю. БОЙКО*  
*M.V. NAZAROVA, S.YU. BOYKO*

(Камышинский технологический институт (филиал)  
Волгоградского государственного технического университета)  
(Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University)  
E-mail: ttp@kti.ru

*В статье приведены результаты исследования физико-механических свойств неразрезной двухполотенной основоворсовой ткани, предназначенной в качестве армирующего каркаса текстильных композитов. В результате проведенных исследований определены основные физико-механические характеристики ткани, получены математические модели зависимости толщины и прочности ткани от плотности ткани по утку и величины подачи ворсовой основы, а также определены оптимальные технологические параметры процесса ткачества.*

*The paper presents the results of a study of physical and mechanical properties of the two-layer warp-piled fabric designed as a reinforcing carcass of textile composites. The research resulted in identified the main physical and mechanical properties of the fabric, were obtained the mathematical model depending of the thickness and strength of the fabric in the weft density and the supply amount of pile warp yarns, also identified as the optimal weaving process parameters.*

**Ключевые слова:** ткачество, основоворсовая ткань, математическая модель, оптимизация, композит.

**Keywords:** weaving, warp-piled a fabric, mathematical model, optimization, composite.

В настоящее время внимание специалистов привлекают материалы с пространственным расположением слоев (арматуры), которые используются при изготовлении композитов. Введение пространственного каркаса позволяет значительно улучшить характеристики слоистых и волокнистых композитов. За счет пространственного каркаса удается увеличить сопротивление композитов сдвигу и поперечному отрыву, повысить долговечность материала. Использование текстильной технологии изготовления композитов с пространственным армирующим каркасом позволяет устранить крайне опасный для конструкции вид разрушения – расслоение композитов, вызванное межслойными напряжениями, что расширяет область применения пространственных композитов.

В настоящей работе в качестве армирующего каркаса текстильных композитов предлагается использовать неразрезную двухполотенную основоворсовую ткань: с применением хлопчатобумажной нити в утке ( $T=15,4 \times 2$  текс) – в дальнейшем именуемой I – вариант, с капроновой нитью в утке ( $T=15,6$  текс) – II – вариант [1].

Предлагаемая в качестве армирующего каркаса основоворсовая ткань представляет собой конструкционную систему, состоящую условно из двух слоев, соединенных поперечными нитями или стойками, представленную на рис. 1 (схема армирующего каркаса для текстильных композитов:  $b_T$  – толщина конструкционного материала, мм; 1 – верхний слой конструкционного материала; 2 – нижний слой конструкционного материала; 3 – поперечные стойки, соединяющие два слоя).

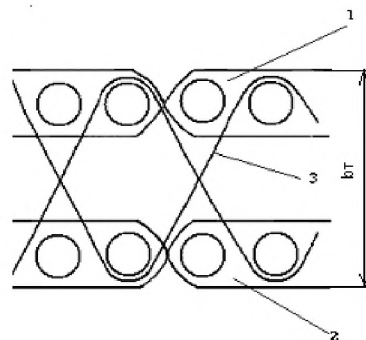


Рис. 1

Образцы двухполотенной основоворсовой неразрезной ткани вырабатывались двухзевным способом на ткацком станке ТВ-160-ШЛ, переплетение грунта ткани, то есть переплетение коренной основы ( $T=15,4 \times 2$  текс) с утком репс основной  $2/2$ , соотношение между коренной основой верхнего полотна, коренной основой нижнего полотна, ворсовой основой ( $T=15,4 \times 2$  текс) равно 1:1:1. Ворсовая основа закрепляется в ткани одной уточной нитью. Раппорт переплетения ткани по основе  $R_o=6$  и по утку  $R_y=8$  [2].

Руководствуясь данными условиями и в результате проведения предварительного эксперимента, были выбраны факторы, оказывающие существенное влияние на процесс формирования исследуемой ткани и ее физико-механические свойства, наиболее важные при производстве текстильных композитов:  $X_1$  – плотность ткани по утку, нит./дм;  $X_2$  – величина подачи ворсовой основы, мм [3], [4].

Кодированные и натуральные значения факторов, интервалы их варьирования при проведении двухфакторного эксперимента по плану Коно-2 представлены в табл. 1.

Таблица 1

Факторы	Уровни варьирования			Интервал варьирования
	-1	0	+1	
$X_1$ – плотность ткани по утку, нит./дм;	182	243	304	61
$X_2$ – величина подачи ворсовой основы, мм	1,5	2,75	4,0	1,25

Одними из основных показателей ткани, предназначенной для армирующего каркаса текстильных композитов, являются ее толщина и прочность. От толщины конструкционного материала зависят его физико-механические свойства. Прочностные

характеристики исследуемой ткани является одним из основных показателей механических свойств ткани, так как от разрывной нагрузки исследуемой ткани зависит прочность армирующего каркаса.

В качестве выходных параметров эксперимента были приняты:  $Y_1$  – толщина конструкционного материала, мм;  $Y_2$  – разрывная нагрузка по направлению нитей основы, Н;  $Y_3$  – разрывная нагрузка по направлению нитей утка, Н.

Матрица планирования при проведении двухфакторного эксперимента Коно-2 с кодированными и натуральными значениями факторов и результаты исследования физико-механических свойств неразрезной двухполотенной основоворсовой ткани представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов		Толщина, мм		Разрывная нагрузка ткани, Н I вариант		Разрывная нагрузка ткани, Н II вариант	
	$X_1$	$X_2$	$P_{y, \text{нит./дм}}$	$L_{\text{ов}}, \text{мм}$	I вар.	II вар.	по основе	по утку	по основе	по утку
1	+	+	304	4,0	7,62	7,57	948	1538	840	1944
2	-	+	182	4,0	7,12	6,96	893	678	755	1423
3	+	-	304	1,5	3,03	3,0	898	994	912	2475
4	-	-	182	1,5	2,85	2,79	655	703	802	1448
5	+	0	304	2,75	5,35	4,83	695	1025	812	2283
6	-	0	182	2,75	4,98	4,46	867	899	818	1456
7	0	+	243	4,0	7,38	7,19	893	1239	813	1790
8	0	-	243	1,5	2,97	2,93	913	1216	801	1853
9	0	0	243	2,75	5,01	4,54	935	1144	831	1983

В результате обработки на ЭВМ экспериментальных данных получены модели

зависимости толщины ткани от заправочных параметров ткацкого станка, мм:

$$I \text{ – вариант: } Y_1 = 5,09 + 0,18X_1 + 2,21X_2 + 0,08X_1X_2 + 0,04X_1^2 + 0,05X_2^2, \quad (1)$$

$$II \text{ – вариант: } Y_1 = 4,6 + 0,22X_1 + 2,17X_2 + 0,1X_1X_2 + 0,07X_1^2 + 0,43X_2^2. \quad (2)$$

Анализ уравнений (1), (2) позволил сделать выводы о том, что наибольшее влияние на толщину ткани оказывает величина подачи ворсовой основы, и при возрастании величины подачи ворсовой основы и

плотности ткани по утку толщина ткани увеличивается.

Влияние технологических параметров заправки ткацкого станка на прочность ткани на разрыв по основе  $Y_2$  и утку  $Y_3$ :

I вариант

$$Y_2 = 890,78 + 21X_1 + 44,7X_2 - 47X_1X_2 - 87,7X_1^2 + 34,3X_2^2, \quad (3)$$

$$Y_3 = 1173,9 + 212,8X_1 + 90,3X_2 + 142,5X_1X_2 - 226,8X_1^2 + 38,7X_2^2. \quad (4)$$

Анализ уравнений (3), (4) позволил сделать выводы о том, что наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению основы оказывает величина подачи ворсовой основы; наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по

направлению утка оказывает плотность ткани по утку; при возрастании величины подачи ворсовой основы и плотности ткани по утку разрывная нагрузка ткани по направлению основы и утка увеличивается.

II вариант

$$Y_2 = 814,9 + 31,5X_1 - 17,8X_2 - 6,3X_1X_2 + 8,2X_1^2 + 0,17X_2^2, \quad (5)$$

$$Y_3 = 1932,1 + 395,8X_1 - 103,2X_2 - 126,5X_1X_2 - 37,2X_1^2 - 85,2X_2^2. \quad (6)$$

Анализ уравнений (5),(6) позволил сделать выводы о том, что наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению основы и утка оказывает плотность ткани по утку; при увеличении плотности ткани по утку разрывная нагрузка ткани по направлению основы и утка увеличивается; при возрастании величины подачи ворсовой основы разрывная нагрузка ткани по направлению основы и утка уменьшается.

Для наглядного представления задачи оптимизации и облегчения анализа полученной математической модели технологического процесса ткачества используем геометрическое представление целевой функции и ограничений оптимизационной модели.

Для выполнения поставленной задачи оптимизации технологического процесса ткачества при выработке двухполотенной, неразрезной, основоворсовой ткани был проведен анализ полученных регрессионных уравнений и исследованы двумерные сечения толщины и прочности ткани.

Исследование поверхностей отклика выходных параметров при оптимизации процесса ткачества проводили методом наложения двумерных сечений отклика на ЭВМ.

Исследуя полученные двумерные сечения поверхностей отклика, определены оптимальные технологические параметры процесса ткачества при выработке двухполотенной, неразрезной, основоворсовой ткани, предназначенной в качестве армирующих каркасов текстильных композитов.

Для получения основоворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке максимальной прочности по направлению основы 901 Н и максимальной прочности по направлению утка 1146 Н при толщине ткани 7,6 мм необходимо на ткацком станке установить следующие заправочные параметры: плотность ткани по утку 289 нит./дм и величину отпуска ворсовой основы 4 мм.

Для получения основоворсовой ткани с капроновой нитью в утке максимальной прочности по направлению основы 821 Н и максимальной прочности по направлению утка 2435,2 Н при толщине ткани 3,1 мм

необходимо на ткацком станке установить следующие заправочные параметры: плотность ткани по утку 304 нит./дм и величину отпуска ворсовой основы 1,5 мм.

## ВЫВОДЫ

1. В настоящей работе в качестве армирующего каркаса текстильных композитов предлагается использовать неразрезную двухполотенную основоворсовую ткань, полученную на ткацком станке ТВ-160-ШЛ.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований технологического процесса выработки основоворсовой ткани по данным активного эксперимента, проведенного по матрице планирования Коно-2, получены математические модели зависимости толщины и разрывной нагрузки ткани по направлению основы и по направлению утка от заправочных параметров ткацкого станка.

3. С использованием методов канонического преобразования математических моделей на ЭВМ получены оптимальные заправочные параметры ткацкого станка при выработке двухполотенной, неразрезной, основоворсовой ткани, обеспечивающей максимальную прочность.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Бойко С.Ю.* Разработка оптимальных технологических параметров выработки ткани для защиты человека от внешних воздействий: Дис.... канд. техн. наук. –М., 2004.

2. *Назарова М.В., Бойко С.Ю.* Разработка метода проектирования ткани для защиты человека от внешних воздействий // *Международный журнал экспериментального образования.* – 2010, № 6. С.75...79.

3. *Назарова М.В., Бойко С.Ю., Романов В.Ю.* Разработка оптимальных технологических параметров выработки ткани, обладающей теплозащитными свойствами // *Международный журнал экспериментального образования.* – 2013, № 10 (часть 2). С.391...396.

4. *Назарова М.В., Бойко С.Ю., Завьялов А.А.* Разработка оптимальных технологических параметров выработки ткани, обладающей высокими прочностными свойствами // *Международный журнал экспериментального образования.* – 2013, № 10 (часть 2). С. 385...390.

## REFERENCES

1. Bojko S.Yu. Razrabotka optimalnyh tehnologicheskikh parametrov vyrabotki tkani dlya zashity cheloveka ot vneshnih vozdeystvij: Dis.... kand. tehn. nauk. –M., 2004.

2. Nazarova M.V., Bojko S.Yu. Razrabotka metoda proektirovaniya tkani dlya zashity cheloveka ot vneshnih vozdeystvij // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2010, № 6. S. 75...79.

3. Nazarova M.V., Bojko S.Yu., Romanov V.Yu. Razrabotka optimalnyh tehnologicheskikh parametrov

vyrabotki tkani, obladayushej teplozashitnymi svojstvami // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2013, № 10 (chast 2). S.391...396.

4. Nazarova M.V., Bojko S.Yu., Zavyalov A.A. Razrabotka optimalnyh tehnologicheskikh parametrov vyrabotki tkani, obladayushej vysokimi prochnostnymi svojstvami // Mezhdunarodnyj zhurnal eksperimentalnogo obrazovaniya. – 2013, № 10 (chast 2). S.385...390.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства. Поступила 20.04.15.

---