

УДК 677.01

**МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ
ПРОЦЕССА ПОЛУЧЕНИЯ ТКАНЫХ МАТЕРИАЛОВ,
ИСПОЛЬЗУЕМЫХ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ КОМПОЗИТОВ**

**MATHEMATICAL MODELING
OF THE PROCESS OF OBTAINING WOVEN MATERIALS
USED FOR THE MANUFACTURE OF COMPOSITES**

*С.С. ЮХИН, М.В. НАЗАРОВА, С.Ю. БОЙКО, В.Ю. РОМАНОВ
S.S. YUKHIN, M.V. NAZAROVA, S.YU. BOYKO, V.YU. ROMANOV*

(Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Волгоградский государственный технический университет)
(Russian State University named after A.N. Kosygin (Technologies. Design. Art),
Volgograd State Technical University)
E-mail: ttp@kti.ru

В настоящей работе приведены результаты исследования процесса выработки тканого материала – неразрезной двухполотенной основоворсовой ткани, которую предлагается использовать в качестве армирующего слоя композиционного материала. В ходе математического моделирования зависимости прочностных показателей тканого материала от заправочных параметров ткацкого станка получены математические модели, позволяющие прогнозировать качество тканого материала, который можно использовать для получения особо прочных композитов.

In the present work the results of investigation the process of making woven material – continuous two-layer warp-piled fabric proposed to be used as the reinforcing layer of the composite material. During mathematical modeling of the dependence of strength properties of woven fabric from filling parameters of a loom of the obtained mathematical model, allowing to predict the quality of woven material, which is proposed to be used to obtain high-strength composites.

Ключевые слова: основоворсовая ткань, математическая модель, тканый материал, композит.

Keywords: warp-piled fabric, mathematical model, woven materials, composite.

В настоящее время современные композиты, все увереннее вытесняющие "классические" материалы, способны произвести революцию в различных отраслях промышленности – авиастроении, автомобилестроении и судостроении, в строительстве и мостостроении, электроэнергетике, нефте- и газодобыче, трубопроводном транспорте и в медицине. Особенно широкое применение тканые материалы с пространственным расположением слоев (арматуры) нашли в промышленности. Изготовление композитов тканым способом с пространственным армирующим каркасом позволяет устранить крайне опасный для конструкции вид разрушения – расслоение композитов, вызванное межслойными напряжениями, что расширяет область применения пространственных композитов. Поэтому задачу расширения ассортимента тканых материалов, применяемых для изготовления композитов, необходимо решать за счет улучшения структуры и строения тканых материалов, в частности, путем создания новых видов переплетений, новых технологий, применения нового высококачественного оборудования [1]. Нами в качестве тканого материала для изготовления композитов предлагается использовать неразрезную двухполотенную основоворсовую ткань, которая представляет собой конструкционную систему, состоящую условно из двух слоев, соединенных поперечными нитями или стойками.

Образцы двухполотенной основоворсовой неразрезной ткани вырабатывались

двухзевным способом на ткацком станке ТВ-160-ШЛ, переплетение грунта ткани, то есть переплетение коренной основы с утком репс основной 2/2, соотношение между коренной основой верхнего полотна, коренной основой нижнего полотна, ворсовой основой равно 1:1:1. Линейная плотность нитей коренной и ворсовой основы $T_0=15,4 \times 2$ текс, а в уточной пряже использовались хлопчатобумажная пряжа $T_y=15,4 \times 2$ текс – в дальнейшем называемая I – вариант, и полиамидная нить $T_y=15,6$ текс – II – вариант. Ворсовая основа закрепляется в ткани одной уточной нитью. Раппорт переплетения ткани по основе $R_0=6$ и по утку $R_y=8$ [2], [3].

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, и в частности, на поверхностную плотность ткани. Это такие параметры, как X_1 – плотность ткани по утку, н/дм, X_2 – величина подачи ворсовой основы, мм. Для проведения исследований по установлению взаимосвязи между заправочными параметрами ткацкого станка ТВ-160-ШЛ и прочностными характеристиками основоворсовой ткани выбран метод исследования Коно-2 [4], [5]. Кодированные и натуральные значения факторов, интервалы их варьирования при проведении двухфакторного эксперимента по плану Коно-2 представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

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

В качестве выходного параметра эксперимента, характеризующего прочностные свойства основоворсовой ткани, приняты: Y_1 – разрывная нагрузка ткани по направлению основы, Н; Y_2 – разрывная нагрузка ткани по направлению утка, Н; Y_3 – разрывное удлинение ткани по направлению основы, мм; Y_4

– разрывное удлинение ткани по направлению утка, мм.

Матрица планирования при проведении двухфакторного эксперимента Коно-2 с кодированными и натуральными значениями факторов и результаты исследования прочностных характеристик ткани представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов		Разрывная нагрузка ткани, Н		Разрывное удлинение ткани, мм		Разрывная нагрузка ткани, Н		Разрывное удлинение ткани, мм	
	X ₁	X ₂	P _y , н/дм	L _{ов} , мм	I – вариант				II – вариант			
					по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку	по основе	по утку
1	+	+	304	4,0	948	1538	38,5	33,0	840	1944	35,3	70,5
2	-	+	182	4,0	893	678	34,7	21,8	755	1423	27,0	75,0
3	+	-	304	1,5	898	994	36,3	34,3	912	2475	34,3	80,8
4	-	-	182	1,5	655	703	37,0	26,0	802	1448	29,7	72,3
5	+	0	304	2,75	695	1025	37,3	32,3	812	2283	30,0	82,5
6	-	0	182	2,75	867	899	35,1	24,0	818	1456	29,2	72,5
7	0	+	243	4,0	893	1239	38,0	27,8	813	1790	29,7	76,5
8	0	-	243	1,5	913	1216	39,2	27,3	801	1853	30,3	74,3
9	0	0	243	2,75	935	1144	38,3	27,5	831	1983	30,5	77,0

В результате обработки на ЭВМ экспериментальных данных получены математические модели зависимости разрывной нагрузки основоворсовой ткани по основе и

I вариант (хлопчатобумажная нить в утке):

- по направлению основы

$$Y_1 = 890,78 + 21X_1 + 44,7 X_2 - 47 X_1X_2 - 87,7 X_1^2 + 34,3 X_2^2,$$

- по направлению утка

$$Y_2 = 1173,9 + 212,8X_1 + 90,3 X_2 + 142,5 X_1X_2 - 226,8 X_1^2 + 38,7 X_2^2.$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению основы оказывает величина подачи ворсовой основы;

- при возрастании величины подачи ворсовой основы и плотности ткани по утку

II вариант (полиамидная нить в утке):

- по направлению основы

$$Y_1 = 814,9 + 31,5X_1 - 17,8 X_2 - 6,3 X_1X_2 + 8,2 X_1^2 + 0,17 X_2^2,$$

- по направлению утка

$$Y_2 = 1932,1 + 395,8X_1 - 103,2 X_2 - 126,5 X_1X_2 - 37,2 X_1^2 - 85,2 X_2^2.$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению основы и

утку от заправочных параметров ткацкого станка с хлопчатобумажной и полиамидной нитью в утке:

разрывная нагрузка ткани по направлению основы увеличивается;

- наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению утка оказывает плотность ткани по утку;

- при росте величины подачи ворсовой основы и плотности ткани по утку разрывная нагрузка ткани по направлению утка увеличивается.

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.

Математические модели зависимости разрывного удлинения основоворсовой

I вариант (хлопчатобумажная нить в утке):

- по направлению основы

$$Y_3 = 38,24 + 0,88X_1 - 0,22 X_2 + 1,13 X_1X_2 - 2,02 X_1^2 + 0,33 X_2^2,$$

- по направлению утка

$$Y_4 = 27,24 + 4,63X_1 - 0,83 X_2 + 0,73 X_1X_2 + 1,03 X_1^2 + 0,43 X_2^2.$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка оказывает плотность ткани по утку;

- при увеличении плотности ткани по

II вариант (полиамидная нить в утке):

- по направлению основы

$$Y_3 = 29,36 + 2,28X_1 - 0,38 X_2 + 0,93 X_1X_2 + 0,75 X_1^2 + 1,15 X_2^2,$$

- по направлению утка

$$Y_4 = 77,56 + 2,33X_1 - 0,9 X_2 - 3,25 X_1X_2 - 0,33 X_1^2 - 2,43 X_2^2.$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка оказывает плотность ткани по утку;

- при увеличении плотности ткани по утку разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка увеличивается;

- при возрастании величины подачи ворсовой основы разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка уменьшается.

ВЫВОДЫ

1. Получены результаты исследования процесса выработки ткани, применяемой в качестве армирующего слоя композиционного материала.

2. В результате проведенных экспериментальных исследований выведены математические модели зависимости разрывной

ткани по основе и утку от заправочных параметров ткацкого станка с хлопчатобумажной и полиамидной нитью в утке:

утку разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка увеличивается;

- при росте величины подачи ворсовой основы разрывное удлинение ткани по направлению основы и утка уменьшается.

нагрузки и разрывного удлинения ткани от заправочных параметров ткацкого станка ТВ-160-ШЛ.

3. Полученные математические модели позволяют прогнозировать качество тканого материала, который предлагается использовать для получения особо прочных композитов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Назарова М.В., Бойко С.Ю. Пути снижения материалоемкости тканых конструкционных материалов // Международный журнал прикладных и фундаментальных исследований. – 2015, № 9. Часть 3. С. 423...425.

2. Назарова М.В., Бойко С.Ю. О возможности выработки на отечественном ткацком оборудовании технических тканей, обладающих виброзащитными свойствами // Международный журнал экспериментального образования. – 2010, № 6. С. 80...82.

3. Назарова М.В., Бойко С.Ю. Разработка метода проектирования ткани для защиты человека от внешних воздействий // Современные проблемы науки и образования. – 2010, № 6. С. 75...79.

4. Назарова М.В., Бойко С.Ю., Короткова М.В. Исследование зависимости влияния заправочных параметров ткацкого станка на физико-механические показатели двухполотенной основоворсовой ткани // *Фундаментальные исследования*. – 2008, №1. С. 72...73.

5. Юхин С.С., Назарова М.В., Бойко С.Ю. Разработка математической модели выработки двухполотенной основоворсовой ткани и ее экспериментальная апробация на ткацком станке // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности*. – 2014, № 6. С. 110...114.

REFERENCES

1. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. Puti snizhenija materialoemkosti tkanyh konstrukcionnyh materialov // *Mezhdunarodnyj zhurnal prikladnyh i fundamental'nyh issledovanij*. – 2015, № 9. Chast' 3. S. 423...425.

2. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. O vozmozhnosti vyrabotki na otechestvennom tkackom oborudovanii tehniceskikh tkanej, obladajushhих vibrozashhitnymi

svojstvami // *Mezhdunarodnyj zhurnal jeksperimental'nogo obrazovanija*. – 2010, № 6. S. 80...82.

3. Nazarova M.V., Bojko S.Ju. Razrabotka metoda proektirovanija tkani dlja zashhity cheloveka ot vneshnih vozdeystvij // *Sovremennye problemy nauki i obrazovanija*. – 2010, № 6. S. 75...79.

4. Nazarova M.V., Bojko S.Ju., Korotkova M.V. Issledovanie zavisimosti vlijanija zapravochnyh parametrov tkackogo stanaka na fiziko-mehaničeskie pokazateli dvuhpolotenoj osnovovorsovoj tkani // *Fundamental'nye issledovanija*. – 2008, №1. S.72...73.

5. Juhin S.S., Nazarova M.V., Bojko S.Ju. Razrabotka matematičeskoj modeli vyrabotki dvuhpolotenoj osnovovorsovoj tkani i ee jeksperimental'naja aprobacija na tkackom stanke // *Izv. vuzov. Tehnologija tekstil'noj promyshlennosti*. – 2014, № 6. S. 110...114.

Рекомендована кафедрой технологии текстильного производства ВГТУ. Поступила 11.11.16.