

УДК 677.023

МАТЕМАТИЧЕСКОЕ МОДЕЛИРОВАНИЕ ТЕХНОЛОГИЧЕСКОГО ПРОЦЕССА ВЫРАБОТКИ ТКАНИ ВОЕННОГО НАЗНАЧЕНИЯ

Назарова М.В., Фефелова Т.Л.

Камышинский технологический институт (филиал) ФГБОУ ВПО «Волгоградский государственный технический университет», Камышин, e-mail: ttp@kti.ru

В статье приведены результаты выполнения исследовательской работы по математическому моделированию технологического процесса выработки ткани военного назначения с заданными прочностными характеристиками в условиях работы текстильного предприятия города Камышина – ООО «Камышинский текстиль». Для получения математических моделей, описывающих влияние технологического процесса выработки ткани военного назначения на ее прочностные характеристики, был проведен активный эксперимент по матрице планирования Бокс-3. В качестве выходных параметров приняты прочностные характеристики ткани, такие как разрывная нагрузка ткани по направлению основы и утка, а также разрывное удлинение ткани. На ткацком станке СТБ-2-216 изменялись следующие технологические параметры: заправочное натяжение нитей основы, число уточных нитей на единицу длины ткани и величина заступа. Полученные в ходе проведения работы математические модели дают представление о влиянии параметров технологического процесса выработки ткани военного назначения на ее прочностные характеристики.

Ключевые слова: ткань военного назначения, прочность ткани, ткацкой станок, математическая модель

MATHEMATICAL MODELING TECHNOLOGY OF PROCESS PRODUCING FABRICS OF MILITARY PURPOSE

Nazarova M.V., Fefelova T.L.

Kamyshin Technological Institute (branch) of Volgograd State Technical University, Kamyshin, e-mail: ttp@kti.ru

The paper presents the results of the research work on the mathematical modeling of technological process generation fabric military purpose with the specified strength characteristics in terms of the textile enterprises in the city Kamyshin – LLC «Kamyshin textiles». To obtain mathematical models describing the impact of technological development process fabric military purpose its strength characteristics was conducted active experiment planning matrix Box-3. As output parameters taken strength characteristics of the fabric such as the breaking load of the fabric to the warp direction and the weft, and the fabric elongation at break. On weaving machine STB 2-216 changed the following process parameters: tension warp threads, the number of weft threads per unit length of the fabric and the amount of fowl. Obtained during work mathematical models give an idea about the influence of process parameters produce fabric military purpose its strength characteristics.

Keywords: fabric military purpose, the strength of the fabric, weaving machine, a mathematical model

Эксплуатационные показатели материалов военного назначения обусловлены их целевым назначением. К наиболее важным физико-механическим показателям ткани военного назначения относятся такие показатели как прочность ткани, водо- и воздухопроницаемость, линейная усадка от воздействия высоких температур, стабильность релаксационных свойств при работе в условиях нагрузок, не превышающих 10% от разрывных.

В производственной практике и в научных исследованиях в целях определения качества нитей и тканей широко применяются разрывные характеристики механических свойств текстильных материалов.

Разрывная нагрузка (прочность) – наибольшее усилие, выдерживаемое материалом до разрушения и выражающее его способность воспринимать нагрузку.

Разрывное удлинение (абсолютное) – это разница между длиной образца в момент разрыва и зажимной его длиной до разрыва.

Показатель разрывной нагрузки является обязательным для большинства тканей различного волокнистого состава. Интерес к нему объясняется сравнительной простотой его определения; кроме того, разрывная нагрузка тканей позволяет косвенно оценить качественный состав сырья, используемого для выработки продукции, а также степень повреждения материала в процессах заключительной отделки. Например, ткани из дефектной шерсти или недостаточно зрелого хлопка имеют заниженные против норм значения разрывной нагрузки. Пережог, перекрас, неправильные опаливание, беление или отделка терморезактивными смолами (несминаемая отделка) тоже приводят к снижению разрывной нагрузки ткани. Поэтому, для тканей бытового и специального назначения, которые в процессе эксплуатации испытывают нагрузки, близкие к разрывным, последние широко используются для характеристики механических свойств тканей и нормируются в стандартах.

Ткани, имеющие большое удлинение при разрыве, например шерстяные ткани и ткани из синтетических волокон, обладают, как правило, хорошей эластичностью, несминаемостью, высокой стойкостью к истиранию.

Как и разрывная нагрузка, разрывное удлинение в значительной степени зависит от качественного состава сырья, из которого выработана ткань. При одинаковой разрывной нагрузке лучшей, в отношении механических свойств, считается та ткань, которая имеет более высокое разрывное удлинение.

Российские текстильные предприятия выпускают большой ассортимент тканей военного назначения, к которым предъявляются повышенные требования к их проч-

ности. Поэтому в данной работе решалась задача получения математических моделей, которые описывают технологический процесс выработки тканей военного назначения с заданными прочностными характеристиками. Для решения этой задачи был проведен эксперимент по исследованию прочности ткани военного назначения в условиях работы текстильного предприятия города Камышина – ООО «Камышинский текстиль». На этом предприятии с 1998 года вырабатываются ткани военного назначения из хлопчатобумажной пряжи на ткацких станках СТБ-2-216, СТБ-2-220.

В качестве объекта исследования выбрана ткань военного назначения, техническая характеристика которой представлена в табл. 1.

Таблица 1

Характеристика ткани

Показатель	Значение
Ширина суровой ткани, см	165 + 2,5
Линейная плотность пряжи, текс (№): основа	29 (34,5)
уток	29 (34,5)
кромка	18,5 (54/2) БД
Число нитей на 10см: по основе	228
по утку	228
Ширина проборки по берду, см	179
Уработка по основе, %	8
Поверхностная плотность ткани, г/м ²	146
Переплетение	Полотняное
Тип ткацкого станка	СТБ-2-216
Коэффициент связности	6,8

Выбранная ткань вырабатывается на бесчелночных ткацких станках СТБ-2-216, техническая характеристика которого представлена в табл. 2.

При проведении эксперименты были выбраны входные и выходные параметры. Выходными параметрами эксперимента являются:

Y_1 – разрывная нагрузка ткани по направлению нитей основы, сН;

Y_2 – разрывная нагрузка ткани по направлению нитей утка, сН;

Y_3 – разрывное удлинение ткани по направлению нитей основы, мм;

Y_4 – разрывное удлинение ткани по направлению нитей утка, мм.

Выбор входных параметров обусловлен тем, что:

1) ткань военного назначения в процессе эксплуатации испытывает значительные деформации по основе и утку, поэтому к ним предъявляются повышенные прочностные требования;

2) при переработке ткани в дальнейших технологических переходах она испытывает значительное растяжение по основе и утку (отделочное производство).

При проведении эксперимента для получения математических моделей процесса выработки ткани военного назначения выбран активный эксперимент по матрице планирования Бокс-3, приведенной в табл. 3.

Из опыта работы текстильных предприятий известно, что наибольшее влияние на процесс формирования ткани оказывают: заправочное натяжение нитей основы, число уточных нитей на единицу длины ткани и величина заступа. Поэтому, в качестве входных параметров эксперимента при выработке ткани военного назначения выбираем:

X_1 – заправочное натяжение нитей основы, усл.ед.;

X_2 – число уточных нитей на единицу длины ткани, нит/дм;

X_3 – величина заступа, град.

Таблица 2

Техническая характеристика ткацкого станка СТБ-2-216

Показатели	Значение
Макс. частота вращения вала, мин ⁻¹	210
Макс. заправочная ширина по берду, см: при – <i>одном полотне</i>	220
– <i>двух полотнах</i>	108
Минимальная заправочная ширина полотна ткани, см.	50
Линейная плотность, текс	200 – 5,9
Плотность ткани по утку, нит/см.	10 – 180
Коэффициент наполнения, тах	1,25
Коэффициент связности, тах	8,5
Размеры навоя, мм:	
– диаметр фланцев	600
– диаметр ствола	150
– рассадка фланцев <i>при одном навое</i>	2220
<i>при двух навоях</i>	1020
Габариты станка, мм:	
– <i>ширина</i>	3900
– <i>глубина</i>	1759
Мощность электродвигателя, кВт	1,7

Опираясь на данные, собранные в процессе анализа ранее проведенных исследований при выработке аналогичных тканей и данные предварительного эксперимента, были определены интервалы варьирования

входных параметров. На основе этих данных получены значения основных, верхних и нижних уровней факторов и составлен план проведения эксперимента, который представлен в табл. 3.

Таблица 3

Матрица планирования эксперимента с кодированными и натуральными значениями факторов

№ опыта	Кодированное значение фактора			Натуральное значение фактора		
	x_1	x_2	x_3	X_1 , у.е.	X_2 , нит/дм	X_3 , град
1	+	+	+	10	200	30
2	–	+	+	6	200	30
3	+	–	+	10	130	30
4	–	–	+	6	130	30
5	+	+	–	10	200	20
6	–	+	–	6	200	20
7	+	–	–	10	130	20
8	–	–	–	6	130	20
9	+	0	0	10	165	25
10	–	0	0	6	165	25
11	0	+	0	8	200	25
12	0	–	0	8	130	25
13	0	0	+	8	165	30
14	0	0	–	8	165	20

По матрице планирования был проведен эксперимент по выработке ткани военного назначения на станке СТБ-2-216. Ткань, полученная в результате эксперимента, была подвергнута испытаниям на разрыв по

стандартной методике в лаборатории «Испытание текстильных материалов» кафедры «Технология текстильного производства» Камышинского технологического института (филиала) ВолгГТУ.

Для определения разрывных характеристик ткани военного назначения применялась разрывная машина с маятниковым силоизмерителем РТ – 250. Так как ткань состоит из двух систем нитей (основной и уточной) и эти нити обладают разной прочностью, то прочность ткани определялась отдельно по направлению основы и по направлению утка.

При определении прочности ткани испытывались полоски размером 50х350 мм (три по основе и четыре по утку). Каждая

полоска последовательно разрывалась. Результаты экспериментов сведены в табл. 4.

Разрывная нагрузка ткани по направлению нитей основы и по направлению нитей утка определяется по следующим формулам:

$$P_{0\text{сред}} = \frac{(P_{01} + P_{02} + P_{03})}{3}; \quad (1)$$

$$P_{0\text{сред}} = \frac{(P_{y1} + P_{y2} + P_{y3} + P_{y4})}{4}. \quad (2)$$

Таблица 4

Значения разрывной нагрузки ткани в направлении основы и в направлении утка

№ опыта	Значение разрывной нагрузки, сН						
	O_1	O_2	O_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	31,6	30,8	32,0	33,8	33,2	33,2	29,6
2	26,1	27,0	31,2	27,2	24,2	22,4	19,7
3	27,1	28,7	19,8	10,8	12,4	12,6	12,6
4	31,6	24,8	27,0	11,5	10,8	12,8	10,2
5	23,8	20,6	22,8	18,5	16,9	26,5	31,7
6	29,2	27,2	29,6	38,4	28,4	34,8	31,8
7	28,9	31,2	23,9	12,1	12,6	14,0	12,0
8	28,4	25,8	29,8	12,0	11,4	12,2	10,0
9	17,9	21,0	14,1	13,9	15,7	14,8	15,6
10	20,3	25,0	25,8	19,5	19,8	20,9	32,0
11	30,6	31,0	29,4	22,8	28,6	24,0	25,5
12	26,0	25,8	25,3	9,4	9,6	10,4	9,9
13	28,8	30,6	26,4	21,0	19,2	19,2	17,5
14	29,3	29,8	30,0	21,1	19,8	15,5	16,5

Расчеты для построения математических моделей, проверка на однородность дисперсии, значимость коэффициентов регрессии и адекватность

полученных уравнений проводились на ЭВМ в среде программирования MathCad отдельно для каждого выходного параметра.

Таблица 5

Значения разрывного удлинения ткани в направлении основы и в направлении утка

№ опыта	Значение разрывного удлинения, мм						
	O_1	O_2	O_3	Y_1	Y_2	Y_3	Y_4
1	25	25	23	36	37	36	35
2	34	35	36	36	33	32	30
3	20	17	20	21	16	16	20
4	21	18	18	18	19	21	24
5	21	23	20,5	28	30	33,5	35
6	39	38	36	39	31	36	35
7	24	25	20	20	25	24	24
8	27	27	27	25	21	24	25
9	20,5	20	18	28	31	26	25
10	33	33	37	26	25	26	31
11	31	33	29	30	32	30	33
12	22	24	23	20	20	20	20
13	32	32	25	26	25	28	26
14	30,3	32	30	34	25	25	26

В результате расчетов были получены математические модели, описывающие зависимость разрывной нагрузки ткани по направлению основы (Y_1) и по направлению утка (Y_2) от выбранных факторов и имеют вид:

$$Y_1 = 25,25 - 1,07 x_1 + 0,71 x_2 + 0,36 x_3 - 0,14 x_1 x_2 + 0,97 x_1 x_3 + 1,54 x_2 x_3 - 4,56 x_1^2 + 2,77 x_2^2 + 3,90 x_3^2 \quad (3)$$

$$Y_2 = 17,64 - 0,69 x_1 + 8,05 x_2 - 0,06 x_3 - 0,37 x_1 x_2 + 2,32 x_1 x_3 - 0,03 x_2 x_3 + 1,39 x_1^2 - 0,11 x_2^2 + 1,10 x_3^2 \quad (4)$$

Математические модели, описывающие зависимость разрывного удлинения ткани по направлению основы (Y_3) и по направлению утка (Y_4) от выбранных факторов имеют следующий вид:

$$Y_3 = 28,22 + 0,9 x_1 + 0,32 x_2 + 0,24 x_3 - 4,02 x_1 x_2 + 1,02 x_1 x_3 + 2,31 x_2 x_3 - 3,97 x_1^2 + 2,61 x_2^2 - 0,51 x_3^2 \quad (5)$$

$$Y_4 = 26,04 - 0,26 x_1 + 6,11 x_2 - 0,76 x_3 + 0,3 x_1 x_2 + 0,64 x_1 x_3 + 1,26 x_2 x_3 + 1,21 x_1^2 - 0,41 x_2^2 + 0,84 x_3^2 \quad (6)$$

Анализ полученных уравнений позволяет сделать следующие выводы:

1. Наибольшее влияние на разрывную нагрузку ткани по направлению нитей основы и на величину разрывного удлинения ткани по направлению основы оказывает заправочное натяжение нитей основы, причем при его увеличении разрывная нагрузка ткани по направлению основы уменьшается, а разрывное удлинение увеличивается.

2. Наибольшее влияние на величину разрывной нагрузки ткани по направлению нитей утка и на величину разрывного удлинения ткани по направлению утка оказывает плотность ткани по утку, причем с увеличением плотности ткани по утку разрывная нагрузка и разрывное удлинение ткани по направлению утка увеличиваются.

Список литературы

1. Букаев П.Т. Разработка параметров оптимального процесса бесчелночного ткачества и критериев его оценки. ЛИТЛП. – Дисс. ... канд. техн. наук – Л.: 1984 – 402 с.
2. Исследование зависимости износостойкости ткани плотняного переплетения от вида уточных нитей / А.В. Михеев, В.Ю. Романов // Нижнему Поволжью – творческую молодёжь: матер. VI регион. науч.-практ. студ. конф., посв. 200-летию по-

беды России в Отечественной войне 1812 г., г. Камышин, 17–18 мая 2012 г. В 6 т. Т.2 / ФГБОУ ВПО ВолгГТУ КТИ (филиал) ВолгГТУ. – Камышин, 2012. – С. 40–42.

3. Исследование устойчивости ткани под действием нагрузки / С.Ю. Бойко // Сборник научных трудов: посвящен 100-летию со дня рождения П.В. Власова / Мин-во образования и науки РФ, ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина». – Москва, 2011. – С. 228–229.

4. Литовченко А.Г. Разработка метода проектирования и определения оптимальных параметров изготовления ткани из комбинированных нитей. МГТА. – Дисс. ... канд. техн. наук. – М.: 1995. – 195 с.

5. Новикова О.А. Разработка метода проектирования и определение оптимальных параметров изготовления тканей комбинированных переплетений. МГТА. – Дисс. ... канд. техн. наук. – М.: 1996. – 180 с.

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

7. Свид. о гос. регистрации программы 2013615531 РФ, Оптимизация технологических процессов ткацкого производства по данным активного эксперимента, проведенного по матрице планирования Бокс-3 / М.В. Назарова, В.Ю. Романов. – № 2013613426; заявлено 23.04.2013; опубликовано 13.06.2013.

8. Юхина Е.А. Определение оптимальных параметров строения и условий изготовления хлопколавсановых тканей. Автореферат дисс. ... канд.техн. наук. – М.