

УДК 677.024

РАЗРАБОТКА ОПТИМАЛЬНЫХ ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ПАРАМЕТРОВ ВЫРАБОТКИ ТКАНИ ОБЛАДАЮЩЕЙ ТЕПЛОЗАЩИТНЫМИ СВОЙСТВАМИ

Назарова М.В., Бойко С.Ю., Романов В.Ю.

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

В статье приведены результаты проведения активного эксперимента по математическому описанию технологического процесса выработки двухслойной основоворсовой ткани, обладающей теплозащитными свойствами и его оптимизации. В результате проведенных исследований было установлено, что для получения ткани, обладающей теплозащитными свойствами необходимо на ткацком станке установить следующие заправочные параметры: для ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке плотность ткани по утку – 304 н/дм и величина отпуска ворсовой основы – 2,31 мм, при этом толщина ткани составит 6,12 мм, воздухопроницаемость ткани составит – 40,86 (дм³/м²с); для ткани с капроновой нитью в утке плотность ткани по утку – 304 н/дм и величина отпуска ворсовой основы – 4 мм, при этом толщина ткани составит 7,59 мм, воздухопроницаемость ткани составит – 89,29 (дм³/м²с).

Ключевые слова: оптимизация, ткачество, воздухопроницаемость, основоворсовая ткань

DEVELOPMENT OPTIMAL TECHNOLOGICAL PARAMETERS PRODUCING FABRICS POSSESS HEAT SHIELD PROPERTIES

Nazarova M.V., Boyko S.Y., Romanov V.Y.

*Kamyshin Technological Institute, branch of Volgograd State Technical University, Kamyshin,
e-mail: tp@kti.ru*

The paper presents the results of the active experiment on mathematical description of the technological process of formulating a two-layer warp-piled fabric having a heat-shielding properties, and optimization. The research resulted in have established that to obtain fabric having a heat-shielding properties necessary for the loom to set the following parameters: fabric with cotton yarn in the weft density fabric in weft – 304 strands in one decimeter and the length of the pile warp yarn supply – 2.31 mm, the thickness of the fabric will be – 6.12 mm, air permeability fabric will be – 40.86 (dm³/m²s); fabric with cotton yarn in the weft density fabric in weft – 304 strands in one decimeter and the length of the pile warp yarn supply – 4 mm, the thickness of the fabric will be – 7.59 mm, air permeability fabric will be – 89.29 (dm³/m²s).

Keywords: optimization, weaving, air permeability, warp-piled a fabric

Текстильная промышленность России – одна из старейших и перспективных для экономики страны. И совершенно очевидно, что у России есть возможность для ее возрождения. Российская текстильная промышленность переживает на данном этапе своего исторического развития сложную структурную перестройку. Для того чтобы выжить и остаться на отечественном рынке, ей приходится приспосабливаться к работе в условиях перехода к рыночной экономике.

В настоящее время в России большое внимание уделяется вопросам проектирования технологических режимов выработки тканей с заданными эксплуатационными характеристиками, особенно тканей для спецодежды.

К современной бытовой одежде человека предъявляется сложный комплекс гигиенических, технологических и эстетических требований. В климатических условиях нашей страны особое значение имеют теплозащитные функции одежды.

Исследования показывают, что в условиях теплового комфорта трудовые процессы человека протекают с меньшей затратой

энергии; вместе с тем они более производительны, менее утомительны; отдых в этих условиях также более эффективен; физиологический аппарат терморегуляции организма работает с меньшим напряжением, исключаются простудные заболевания. Таким образом, одежда, предохраняя организм человека от неблагоприятных внешних воздействий, способствует сохранению его работоспособности и здоровья [1, 2].

Теплозащитными свойствами тканей и одежды называют термоизоляционные свойства и некоторые сочетания этих свойств с другими, которые в значительной мере влияют на тепловые потери кожного покрова тела одетого человека, возникающие за счет теплопередачи и испарения влаги (пота).

Теплозащитные свойства являются одним из важных показателей для многих текстильных тканей, предназначенных для теплой одежды, и их изучение приобретает все большее практическое значение.

Высокие теплозащитные свойства ткани зависят от теплопроводности волокон

и их формы, а также от характера и количества заполнения ими объема ткани.

Ткань, обладающая большей пористостью, менее теплопроводна, так как в ней больший объем заполнен воздухом, который является плохим проводником тепла.

К основным факторам, влияющим на теплопроводность материала, относятся: толщина, вид волокнистого материала, воздухопроницаемость. При оценке теплозащитных свойств одежды ее воздухопроницаемость является одним из решающих факторов. При большой воздухопроницаемости зимняя одежда не может быть теплой независимо от ее толщины и веса. Низкие теплозащитные свойства современной зимней одежды объясняются в большинстве случаев большой воздухопроницаемостью. Поэтому актуальной является задача разработки технологического режима выработки ткани обладающей минимальной воздухопроницаемостью [3].

В данной работе в качестве теплоизолятора предлагается использовать нераз-

резную двухслойную основоворсовую ткань.

Для проведения эксперимента по разработке технологического режима выработки ткани обладающей минимальной воздухопроницаемостью на базе лабораторий ткачества кафедры «Технология текстильного производства» Камышинского технологического института (филиала) Волгоградского государственного технического университета на ткацком станке ТВ-160-ШЛ были получены образцы двухслойной основоворсовой неразрезной ткани.

Для получения неразрезной двухслойной основоворсовой ткани на ткацком станке был отключен механизм для разрезания ворса, а отвод ткани из зоны формирования производился на один товарный валик.

Предлагаемая для теплоизоляции ткань, представляет собой конструкционную систему, состоящую условно из двух слоев, соединенных поперечными нитями или стойками. На рис. 1 схематически представлен конструкционный материал, обладающий теплоизоляционными свойствами:

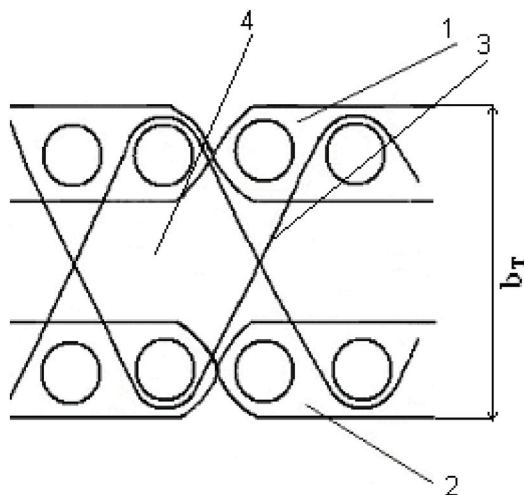


Рис. 1. Схема теплоизоляционного материала:

$b_{т}$ – толщина теплоизоляционного материала, мм; 1 – верхний слой конструкционного материала; 2 – нижний слой конструкционного материала; 3 – поперечные стойки, соединяющие два слоя; 4 – воздушная прослойка

Экспериментальные исследования проводились с использованием метода математического планирования эксперимента по плану КОНО-2 для двух факторов, с различным видом уточной пряжи:

- хлопчатобумажная пряжа $T=15,4 \times 2$ текс (1 вариант – теплоизолятор 1);
- нить капроновая $T=15,6$ текс (2-вариант – теплоизолятор 2).

В коренной и ворсовой основе при выработке образцов неразрезной основоворсовой ткани использовалась: хлопча-

тубумажная пряжа линейной плотности $T=15,4 \times 2$ текс

Применяемая матрица планирования КОНО-2 является D-оптимальной, то есть обеспечивает получение минимума дисперсий всех коэффициентов регрессии и обладают свойствами равномерности и рототабельности, имеет малое число опытов [4,5].

При данном методе планирования эксперимента необходимо установить выходные (критерии оптимизации) и входные (факторы) параметры.

Критерий оптимизации должен удовлетворять следующим требованиям:

- оценивать эффективность исследуемого объекта;
- быть количественно измеримым, т.е. принимать числовые значения;
- определяться с достаточной точностью без больших затрат или потерь времени;
- обеспечивать достаточную полноту описания объекта;
- иметь простую форму и определенный физический смысл.

Факторы (входные параметры) и их сочетания должны удовлетворять следующим требованиям:

- изменяться по желанию экспериментатора в заданных пределах;
- быть однозначными и существенными;
- между ними должна отсутствовать корреляционная связь;
- должны обладать свойствами совместности;
- точность замеров их должна быть достаточно высокой.

В результате эксперимента, проведенного по матрице планирования Коно-2, по-

лучаются модели в виде полинома второго порядка:

$$Y = b_0 + b_1x_1 + b_2x_2 + b_{11}x_1^2 + b_{22}x_2^2 + b_{12}x_1x_2 .$$

Руководствуясь данными условиями и в результате проведения предварительного эксперимента, были выбраны факторы, оказывающие существенное влияние на процесс формирования ткани, ее физико-механические, в том числе и теплоизоляционные свойства: X_1 – плотность ткани по утку, н/дм; X_2 – величина подачи ворсовой основы, мм.

В качестве критериев оптимизации выбраны толщина – Y_1 и воздухопроницаемость – Y_2 ткани, по значениям которых можно оценить способность ткани сопротивляться воздействию температуры.

Кодированные и натуральные значения факторов, уровни и интервалы их варьирования при использовании метода математического планирования эксперимента по плану Коно-2 представлены в табл. 1.

Матрица планирования эксперимента Коно-2 с кодированными и натуральными значениями факторов представлена в табл. 2.

Таблица 1

Кодированные и натуральные значения факторов, уровни и интервалы их варьирования

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

Таблица 2

Матрица планирования эксперимента

№ опыта	Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов	
	X_1	X_2	P_y , н/дм	$L_{ов}$, мм
1	+	+	304	4.0
2	-	+	182	4.0
3	+	-	304	1.5
4	-	-	182	1.5
5	+	0	304	2.75
6	-	0	182	2.75
7	0	+	243	4.0
8	0	-	243	1.5
9	0	0	243	2.75

Результаты исследования физико-механических свойств неразрезной двухслойной основоворсовой ткани с хлопчатобумажной

пряжей в утке (1 – вариант) с капроновой нитью в утке (2 – вариант) представлены в табл. 3.

Результаты эксперимента

№ опыта	Плотность ткани н/дм		Толщина, мм	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с	Толщина, мм	Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² с
	по основе	по утку	1- вариант		2 – вариант	
1	374	304	7,62	53,5	7,57	91,2
2	374	182	7,12	175,8	6,96	227,7
3	374	304	3,03	57,7	3,0	106,7
4	374	182	2,85	197,0	2,79	278,0
5	374	304	5,35	54,8	4,83	94,0
6	374	182	4,98	132,7	4,46	248,0
7	374	243	7,38	70,5	7,19	121,7
8	374	243	2,97	124,5	2,93	156,6
9	374	243	5,01	88,4	4,54	142,3

Обработка результатов эксперимента проводилась на ЭВМ, в результате которой получены математические модели зависимости толщины и воздухопроницаемости теплоизоляционного материала от плотности ткани по утку X_1 , н/

дм и величины подачи ворсовой основы X_2 , мм.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие математические модели зависимости толщины ткани от заправочных параметров ткацкого станка:

– теплоизолятор 1:

$$Y_1 = 5.09 + 0.18X_1 + 2.21X_2 + 0.08X_1 \cdot X_2 + 0.04X_1^2 + 0.05X_2^2$$

– теплоизолятор 2:

$$Y_1 = 4.6 + 0.22X_1 + 2.17X_2 + 0.1X_1 \cdot X_2 + 0.07X_1^2 + 0.43X_2^2$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на толщину ткани оказывает величина подачи ворсовой основы;
- при увеличении величины подачи ворсовой основы и плотности ткани по утку, толщина ткани увеличивается.

$$Y_2 = 80.57 - 56.27X_1 - 13.58X_2 + 4.73X_1 \cdot X_2 + 17.1X_1^2 + 20.85X_2^2$$

– теплоизолятор 2:

$$Y_2 = 139.8 - 77.0X_1 - 17.6X_2 + 8.65X_1 \cdot X_2 + 32.47X_1^2 + 2.97X_2^2$$

Анализ уравнений позволил сделать следующие выводы:

- наибольшее влияние на воздухопроницаемость ткани оказывает плотность ткани по утку;
- при увеличении величины подачи ворсовой основы и плотности ткани по утку, воздухопроницаемость ткани уменьшается.

Для наглядного представления задачи оптимизации и облегчения анализа полученных математических моделей используем метод канонического преобразования математических моделей.

В результате обработки экспериментальных данных получены следующие математические модели зависимости воздухопроницаемости ткани от заправочных параметров ткацкого станка (дм³/м²с):

– теплоизолятор 1:

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

Исследование поверхностей отклика выходных параметров оптимизации процесса ткачества проводилось методом двумерных сечений. Построение двумерных сечений поверхностей отклика выходных параметров оптимизации процесса ткачества при выра-

ботке двухслойной неразрезной основоворсовой ткани с хлопчатобумажной и капроновой нитями в утке было осуществлено на ЭВМ и представлено на рис. 2-5.

Исследуя полученные двумерные сечения поверхностей отклика, были определены оптимальные технологические параметры процесса ткачества при выработке

двухслойной неразрезной основоворсовой ткани.

Оптимальные значения факторов, соответствующие экстремумам целевых функций при исследовании теплоизоляционных свойств двухслойной неразрезной основоворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке представлены в табл. 4.

Таблица 4

Оптимальные заправочные параметры

Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов	
X_1	X_2	$X_1, \text{н/дм}$	$X_2, \text{мм}$
+1	0,35	304	2,31

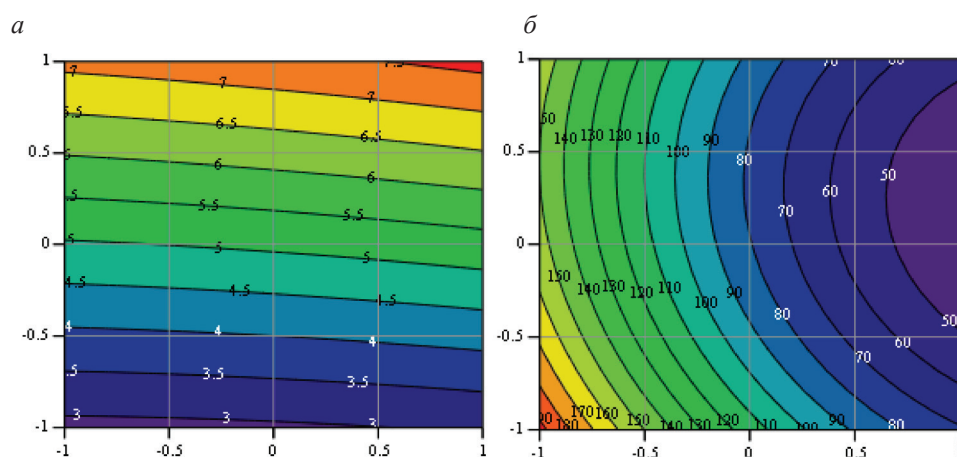


Рис. 2. Сечения поверхностей отклика влияния технологических параметров выработки основоворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке на толщину (а) и воздухопроницаемость ткани (б)

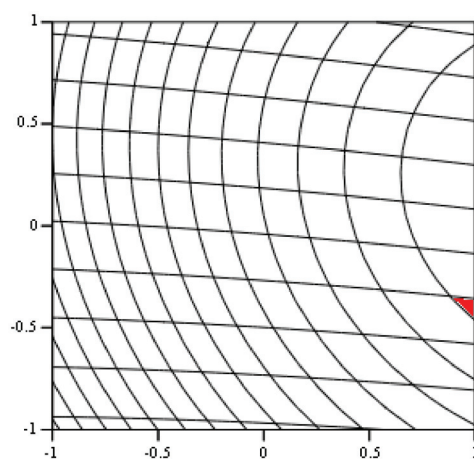


Рис. 3. Двухмерное сечение поверхности отклика толщины и воздухопроницаемости основоворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке

Таким образом, для получения теплоизоляционной основоворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке обладающей минимальной воздухопроницаемостью – 40,86 (дм³/м²с), необходимо на ткацком

станке ТВ-160-ШЛ установить следующие заправочные параметры: плотность ткани по утку – 304 н/дм и величина отпуска ворсовой основы – 2,31 мм при этом толщина ткани составит – 6,12 мм.

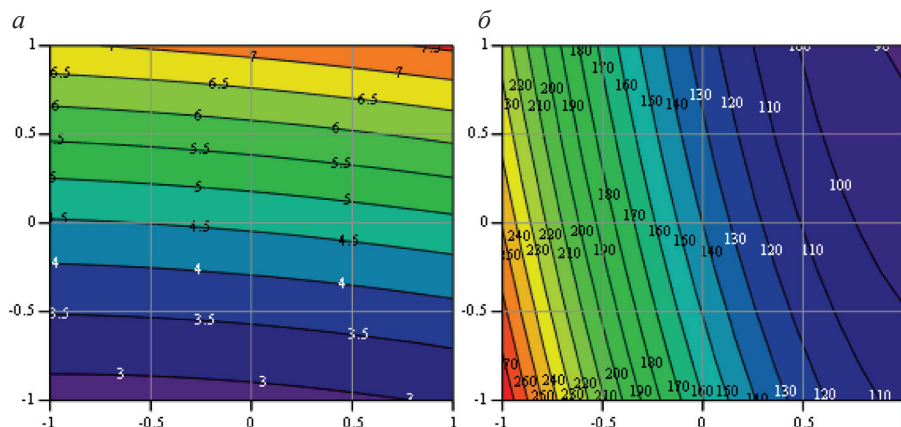


Рис. 4. Сечения поверхностей отклика влияния технологических параметров выработки основворсовой ткани с капроновой нитью в утке на толщину (а) и воздухопроницаемость ткани (б)

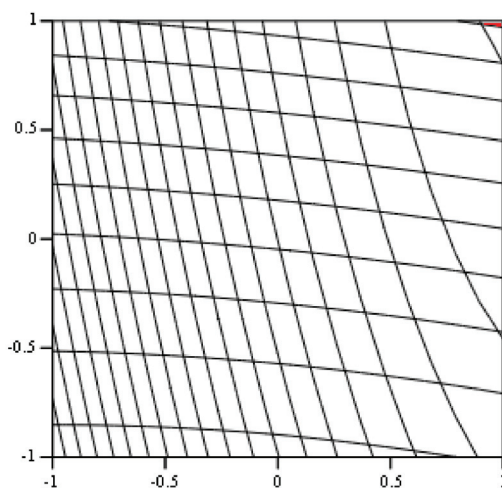


Рис. 5. Двухмерное сечение поверхности отклика толщины и воздухопроницаемости основворсовой ткани с хлопчатобумажной пряжей в утке

Оптимальные значения факторов, соответствующие экстремумам целевых функций для капроновой нити, представлены в табл. 5.

Таблица 5

Оптимальные заправочные параметры

Кодированные значения факторов		Натуральные значения факторов	
X_1	X_2	X_1 , н/дм	X_2 , мм
+1	+1	304	4

Таким образом, для получения основворсовой ткани с капроновой нитью в утке обладающей минимальной воздухопроницаемостью – 89,29 (дм³/м²с), необходимо на ткацком станке ТВ-160-ШЛ установить следующие заправочные параметры: плотность ткани по утку – 304 н/дм и величина отпуска ворсовой основы – 4 мм при этом толщина ткани составит – 7,59 мм.

Список литературы

1. Назарова М.В., Бойко С.Ю. Исследование теплозащитных свойств неразрезной двухполотной основворсовой ткани // Современные проблемы науки и образования. – 2009.-5. – С. 113-117.

2. 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.

3. Назарова М.В., Бойко С.Ю., Короткова М.В. Исследование зависимости влияния заправочных параметров ткацкого станка на физико-механические показатели двухполотенной основворсовой ткани // Фундаментальные исследования. – 2008. –1. – С. 72-73.

4. Романов В.Ю. Определение оптимальных параметров изготовления хлопчатобумажной ткани // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2008. № 2С. С. 64-66.

5. Романов В.Ю., Назарова М.В. Разработка оптимального режима протекания технологических процессов ткацкого производства с использованием в качестве критерия оптимизации коэффициента повреждаемости нитей // Современные проблемы науки и образования. 2011. № 6. С. 104.