

УДК 677.024.017  
DOI 10.47367/0021-3497\_2024\_3\_97

## ИССЛЕДОВАНИЕ ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТИ ПЛАЩЕВЫХ ТКАНЕЙ

## STUDY OF AIR PERMEABILITY OF RAINCOAT FABRICS

С.А. ХАМРАЕВА<sup>1</sup>, Ш.П. ШУМКОРОВА<sup>2</sup>, З.Т. БЕКМУРАТОВА<sup>1</sup>,  
Б.П. ТОРЕБАЕВ<sup>3</sup>, А.К. БЕКТУРСУНОВА<sup>3</sup>

S.A. KHAMRAYEVA<sup>1</sup>, SH.P. SHUMKOROVA<sup>2</sup>, Z.T. BEKMURATOVA<sup>1</sup>,  
B.P. TOREBAEV<sup>3</sup>, A. K. BEKSULTANOVA<sup>3</sup>

<sup>1</sup>Ташкентский институт текстильной и легкой промышленности, Республика Узбекистан,

<sup>2</sup>Джизахский политехнический институт, Республика Узбекистан,

<sup>3</sup>Южно-Казахстанский университет имени М. Ауэзова, Республика Казахстан)

(<sup>1</sup>Tashkent Institute of Textile and Light Industry, Uzbekistan,

<sup>2</sup>Jizakh Polytechnic Institute, Uzbekistan,

<sup>3</sup>M. Auezov South Kazakhstan University, Kazakhstan)

E-mail: sanovar-xamraeva@mail.ru

*В статье исследована воздухопроницаемость тканей, предназначенных для плащей. В результате проведенных научных исследований установлена взаимосвязь между коэффициентами воздухопроницаемости и плотностью хлопчатобумажных и смесовых плащевых тканей. Показано, что на плотность ткани и ее воздухопроницаемость оказывает большое влияние диаметр нитей основы и утка. По мере увеличения диаметра нитей плотность плащевой ткани уменьшается, а толщина и воздухопроницаемость увеличиваются. Установлено, что показатели воздухопроницаемости различных испытуемых тканей в наибольшей степени зависят от формы пор. Если ткань содержит нити разного диаметра в основе и утке, то она имеет поры в форме трапеции, через которые воздух проходит труднее по сравнению с квадратными. Для изменения формы пор ткани необходимо изменить натяжение нити утка и/или плотность ткани по утку. Построены регрессионные модели, позволяющие рассчитывать воздухопроницаемость в зависимости от данных факторов.*

*The article examines the breathability of fabrics intended for raincoats. As a result of scientific research, a relationship between the coefficients of air permeability and the density of cotton and mixed raincoat fabrics has been established. It has been shown that the diameter of the warp and weft threads has a great influ-*

*ence on the density of the fabric and its breathability. As the diameter of the threads increases, the density of the raincoat fabric decreases, and the thickness and breathability increase. It was found that the air permeability indicators of various tested fabrics depend greatly on the shape of the pores. If the fabric contains threads of different diameters in the warp and weft, then it has trapezoid-shaped pores through which air passes more difficultly compared to square ones. To change the shape of the pores of the fabric, it is necessary to change the tension of the weft thread and/or the density of the fabric along the weft. To calculate air permeability depending on these factors regression models have been constructed.*

**Ключевые слова:** плащевая ткань, воздухопроницаемость, заполнение, объемная пористость, влажность, натяжение нити, плотность ткани.

**Keywords:** raincoat fabric, air permeability, filling and bulk porosity, humidity, thread tension, fabric density.

В настоящее время значительную долю в общем объеме производства текстильной продукции занимают ткани из химических волокон и нитей. За счет возможности создавать ткани с разнообразными свойствами ассортимент этих тканей постоянно расширяется [1].

Большую долю в производстве тканей из химических волокон и нитей занимают плащевые ткани. К плащевым тканям предъявляют высокие требования стабильности их свойств в процессе эксплуатации.

Воздухопроницаемость является одним из основных свойств плащевых тканей и зависит от их волокнистого состава, плотности и отделки. Тонкие ткани воздухопроницаемы, плотные пропитаны водоотталкивающими растворами, прорезиненные ткани полностью непроницаемы или плохо пропускают воздух. Создание нового ассортимента тканей на основе управления факторами, влияющими на качество продукции, а также переработка местных текстильных волокон и дальнейшее увеличение объемов производства готовых текстильных изделий являются важными вопросами [1...4].

Прогнозирование свойств тканей в настоящее время осуществляют на основе упрощенных моделей. В частности, в расчетах не учитывают наличие различных форм пор (поры между волокнами в пряже и между нитями в тканях и т.п.), наличие контактного сопротивления между волокнами, а также между нитями [5, 6].

Так, в [6] приведена зависимость коэффициента воздухопроницаемости ткани от ее поверхностной плотности  $M_2$  при  $S_2=0,9551$  [8]:

$$\lambda_{\text{э}}=0,01(0,0033M^2). \quad (1)$$

Однако данная формула дает очень приблизительное значение, так как воздухопроницаемость текстильных материалов зависит от многих факторов, таких как параметры структуры тканей, тип волокон, из которых изготовлена ткань, влажность, температура.

Волокнистые материалы плащевых тканей обладают гигроскопическими свойствами, т. е. способностью поглощать жидкость (влагу). Волокно, впитывая влагу, набухает, и, чем выше влагопоглощающие свойства волокна, тем больше влаги оно будет поглощать. Наличие влаги в определенном количестве приводит к увеличению воздухопроницаемости в порах волокна. Это объясняется тем, что воздухопроницаемость в увлажненной ткани в 20 раз превышает воздухопроницаемость в порах.

По мере увеличения степени пористости ткани увеличивается количество пор, создающее  $\lambda_{\text{эф}}$ , с увеличением плотности ткани размер пор уменьшается до наименьшего значения, а коэффициент теплопроводности воздуха приближается к  $0,0238 \text{ Вт/м}\cdot\text{град}$ .

Пористость ткани характеризуется ее плотностью по основе и утку, а также линейной плотностью нитей или диаметрами нитей. Если основные и уточные нити в ткани имеют одинаковый диаметр, то поры ткани приобретают форму квадрата, а если система нитей разного диаметра, то форму трапеции. Если ткань имеет поры в форме трапеции, то воздух через нее проходит труднее. Для изменения формы пор ткани необходимо изменить натяжение нити утка и/или плотность ткани по утку.

Целью настоящей работы является установление зависимости воздухопроницаемости плащевых тканей от их строения.

#### Материалы и методы исследования

Исследованы образцы хлопчатобумажных и смесовых плащевых тканей плотностью от 210 до 320 нитей/10см.

Плотность ткани определена по ГОСТ 3812-72, а диаметр нитей – по формуле [7]:

$$d_{\text{рас}} = 0,0357 \sqrt{T/\delta}, \quad (2)$$

где  $T$  – линейная плотность нити, текс;  $\delta$  – объемная масса, мг/мм<sup>3</sup>: для хлопчатобумажных нитей  $\delta=0,8-0,9$  мг/мм<sup>3</sup>; для шерстяных и шелковых нитей  $\delta=0,7-0,8$  мг/мм<sup>3</sup>; для смешанных нитей (хлопчатобумажные и полиэстровые, хлопчатобумажные и шелковые)  $\delta=0,8$  мг/мм<sup>3</sup> [9].

Коэффициент воздухопроницаемости рассчитывали по формуле:

$$\lambda_3 (\text{возд-сть}) = \frac{h}{B}, \text{сек}, \quad (3)$$

где  $h$  – толщина образца, мм;  $B$  – воздухопроницаемость плащевой ткани, см<sup>3</sup>/см<sup>2</sup>·с.

Для исследований выбраны два независимых фактора:  $X_1$  – натяжение нити утка  $F_y$ , сН;  $X_2$  – плотность ткани по утку  $P_y$ , нить/10см [9]. Проведен двухфакторный эксперимент (табл. 1, 2) и найдены уравнения регрессии, оценивающие воздухопроницаемость [8].

Таблица 1

№ образца	Кодированное значение факторов		Натуральное значение факторов		Воздухопроницаемость 100% хлопчатобумажной ткани с переплетением саржа 3/1, дм <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> ·с		$(Y_i - \bar{Y}_i)^2$
	$X_1$	$X_2$	$F_y$ , сН	$P_y$ , нить/10см	$Y_i$	$\bar{Y}_i$	
1	+	+	18	204	91,2	90,1	1,21
2	-	+	18	204	98,9	101	4,41
3	+	-	12	196	123,4	121,2	4,84
4	-	-	12	196	138,8	139,3	0,25
5	-1,414	0	15	200	120,8	123,4	6,76
6	+1,414	0	15	200	104,5	105,6	1,21
7	0	-1,414	10	194	126,7	129,8	9,61
8	0	+1,414	20	206	90,5	92,6	4,41
9	0	0	15	200	107,1	108,7	2,56
<b>Среднее значение:</b>					<b>103,5</b>		<b>29,64</b>

#### Результаты и их обсуждение

Исследования показывают, что в диапазоне плотности 210 и 320 нитей/10 см значение плотности возрастает до максимального значения, при этом по мере увеличения плотности воздухопроницаемость  $\lambda_3$  уменьшается.

В результате проведенных научных исследований установлена взаимосвязь

между коэффициентами воздухопроницаемости и уровнем ворсистости хлопкового и смешанного волокна, плотностью хлопчатобумажных, полиэстровых и смесовых плащевых тканей. Составлены регрессионные модели для различных вариантов тканей.

Воздухопроницаемость 100% хлопчатобумажной ткани с переплетением саржа 3/1:

$$Y_1 = 10,85 - 1,2x_1 - 2,44x_2 + 3,04x_1x_2 + 0,04x_1^2 + 0,06x_2^2. \quad (4)$$

Воздухопроницаемость смешанной с переплетением саржа 7/1+3:  
ткани (50% хлопок, 50% полиэстр)

$$Y_2 = 4,06 - 3,52x_1 - 4,69x_2 + 4,17x_1x_2 + 1,43x_1^2 + 2,11x_2^2. \quad (5)$$

Воздухопроницаемость смешанной с переплетением саржа 2/1:  
ткани (70% хлопок, 30% полиэстр)

$$Y_3 = 7,66 - 0,12x_1 - 0,57x_2 + 0,79x_1x_2 + 1,31x_1^2 + 0,59x_2^2. \quad (6)$$

Заполнение 100% хлопчатобумажной ткани с переплетением саржа 3/1:

$$Y_4 = 76,3 + 1,12x_1 - 0,57x_2 - 1,59x_1x_2 + 0,33x_1^2 + 1,21x_2^2. \quad (7)$$

Заполнение смешанной ткани (50% хлопок, 50% полиэстр) с переплетением саржа 7/1+3/1:

$$Y_5 = 98,2 + 0,47x_1 - 0,51x_2 + 1,25x_1x_2 + 0,49x_1^2 + 0,32x_2^2. \quad (8)$$

Заполнение смешанной ткани (70% хлопок, 30% полиэстр) с переплетением саржа 2/1:

$$Y_6 = 104,4 + 1,50x_1 - 1,17x_2 + 0,03x_1x_2 + 0,23x_1^2 + 0,41x_2^2. \quad (9)$$

Поверхностная пористость 100% тением саржа 3/1:  
хлопчатобумажной ткани с перепле-

$$Y_7 = 32,8 - 0,66x_1 + 0,74x_2 - 1,13x_1x_2 + 1,44x_1^2 + 0,31x_2^2. \quad (10)$$

Поверхностная пористость смешанной ткани (50% хлопок, 50% полиэстр) с переплетением саржа 7/1+3/1:

$$Y_8 = 26,5 - 1,78x_1 + 0,56x_2 - 1,01x_1x_2 + 0,98x_1^2 + 0,45x_2^2. \quad (11)$$

Поверхностная пористость смешанной ткани (70% хлопок, 30% полиэстр) с переплетением саржа 2/1:

$$Y_9 = 46,5 - 1,97x_1 + 0,36x_2 - 0,43x_1x_2 + 0,18x_1^2 + 0,16x_2^2. \quad (12)$$

Дисперсии полученных уравнений (табл. 2) показывают, что результаты являются однородными [8].

На рис. 1 приведены результаты измерения воздухопроницаемости, заполнения и объемной пористости разноструктурных плащевых тканей.

Из полученных результатов можно видеть, что диаметр нитей основы и утка оказывает большое влияние на плотность ткани и ее воздухопроницаемость. По мере увеличения диаметра нитей плотность плащевой ткани уменьшается, а толщина и воздухопроницаемость увеличиваются.

№ образ-ца	Кодированное значение факторов		Воздухопроницаемость смешанной ткани (50% хлопок, 50% полиэстр) с переплетением саржа 7/1+3/1, дм <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> ·с		$(Y_2 - \bar{Y}_2)^2$	Воздухопроницаемость смешанной ткани (70% хлопок, 30% полиэстр) с переплетением саржа 2/1, дм <sup>3</sup> /см <sup>2</sup> ·с		$(Y_3 - \bar{Y}_3)^2$
	X <sub>1</sub>	X <sub>2</sub>	Y <sub>2</sub>	$\bar{Y}_2$		Y <sub>3</sub>	$\bar{Y}_3$	
1	+	+	45,6	46,7	1,21	50,1	48,6	2,25
2	-	+	48,3	47,2	1,21	58,7	55,6	9,61
3	+	-	67,6	59,7	62,41	72,3	75,1	7,84
4	-	-	74,8	81,2	40,96	85,5	88,4	8,41
5	-1,414	0	48,8	47,2	2,56	75,3	72,5	7,84
6	+1,414	0	35,7	36,7	1,0	55,6	53,7	3,61
7	0	-1,414	62,7	67,6	24,01	83,3	82,3	1,0
8	0	+1,414	34,6	40,2	31,36	49,8	51,4	2,56
9	0	0	42,4	44,5	4,41	68,7	64,8	15,21
Среднее значение			45,6		169,13	66,6		58,33

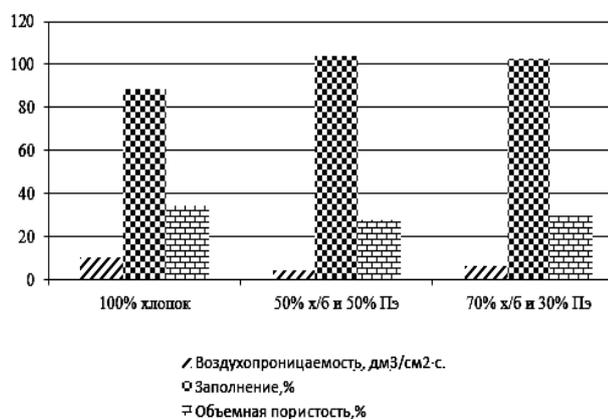


Рис. 1

## ВЫВОДЫ

1. Диаметр нитей основы и утка оказывает большое влияние на плотность ткани и ее воздухопроницаемость. По мере увеличения диаметра нитей плотность плащевой ткани уменьшается, а толщина и воздухопроницаемость увеличиваются.

2. Воздухопроницаемость ткани зависит от диаметра входящих в ее состав нитей и формы их пористости. Если основные и уточные нити в ткани имеют одинаковый диаметр, то поры ткани приобретает одинаковую форму, а если система нитей разного диаметра, то поры ткани преобретают форму трапеции и воздух через нее протекает труднее.

3. Для изменения формы пор ткани необходимо изменить натяжение нити утка и плотность ткани по утку. Составлены регрессионные модели для расчета воздухопроницаемости ткани от этих двух параметров.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Юнусов М.Б., Есиркепова А.М., Маширова Т.Н. и др. Особенности формирования модели управления персоналом на предприятиях текстильной отрасли // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2020. № 3(387). С. 36...43.
2. Хамраева С.А. Равновесия нити на поверхности ткани // Текстильная промышленность. 2007. №6. С. 55...54.
3. Хамраева С.А. Аналитический расчет движения прокладчика утка // Текстильная промышленность. 2007. №6. С. 50...52.
4. Хамраева С.А., Назарова Д.Т., Тангрибердиев Ф.Р. Оценка показателей качества натуральных смешанных волокон // International scientific conference "Global Science and Innovations 2019: Central Asia". Astana, Kazakhstan, 2019. P. 281...283.
5. Khamrayeva S., Giyasova D., Kazakova D. Study of the quality of yarns obtained from recycled composite fibers // Journal of Hunan University (Natural Sciences). 2022. Vol. 49(12). P. 1637...1642.
6. Yusupova N.B., Nazarova D.T., Khamrayeva S.A., Valiyeva Z.F. Evaluation of the Structure the Costume Fabric over its Surface // International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology. 2018. Vol. 1. P. 6738...6742.
7. Юсупова Н.Б., Абдиева Г., Хамраева С.А., Валиева З.Ф. Метод расчета длины распрямленной нити, вынутой из ткани // Проблемы механики. 2017. №1. С. 45...49.

8. Тихомиров В.Б. Планирование и анализ эксперимента (при проведении исследований в легкой и текстильной промышленности). М.: Легкая индустрия, 1974. 262 с.

9. Справочник по хлопкоткачеству /под ред. П.Т. Букаева. М.: Легпромбытиздат, 1987. 575с.

#### REFERENCES

1. Yunussov, M.B., Yessirkepova, A.M., Mashirova, T.N. etc. Peculiarities of formation of a personnel management model in the enterprises of the textile industry // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2020. 387(3). P. 36...43

2. Khamraeva S.A. Equilibrium of thread on the surface of fabric // *Textile industry*. 2007. No. 6. P. 55...54.

3. Khamraeva S.A. Analytical calculation of the movement of the weft layer // *Textile Industry*. 2007. No.6. P. 50...52.

4. Khamraeva S.A., Nazarova D.T., Tangriberdiev F.R. Assessment of quality indicators of natural mixed fibers // *International scientific conference*

“Global Science and Innovations 2019: Central Asia”. Astana, Kazakhstan, 2019. P. 281...283.

5. Khamrayeva S., Giyasova D., Kazakova D. Study of the quality of yarns obtained from recycled composite fibers // *Journal of Hunan University (Natural Sciences)*. 2022, 49(12). P. 1637...1642.

6. Yusupova N.B., Nazarova D.T., Khamrayeva S.A., Valiyeva Z.F. Evaluation of the Structure of the Costume Fabric over its Surface // *International Journal of Advanced Research in Science, Engineering and Technology*. 2018. Vol. 1. P. 6738...6742.

7. Yusupova N.B., Abdieva G., Khamraeva S.A., Valieva Z.F. Method for calculating the length of a straightened thread taken out of fabric // *Problems of Mechanics*. 2017. No. 1. P. 45...49.

8. Tikhomirov V.B. Planning and analysis of experiments (when conducting research in the light and textile industries). М.: Light Industry, 1974. 262 p.

9. Handbook of cotton weaving / edited by P.T. Bukaeva. М.: Legprombytizdat, 1987. 575 p.

Рекомендована кафедрой архитектуры и градостроительства Южно-Казахстанского университета им. М.О. Ауэзова. Поступила 11.10.23.