

ВЛИЯНИЕ РЕЖИМНЫХ ПАРАМЕТРОВ ОПЕРАЦИИ ОТДЕЛКИ «СУШКА-ТЕРМОФИКСАЦИЯ» НА РЕЛАКСАЦИОННЫЕ ПРОЦЕССЫ И ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЛУШЕРСТЯНЫХ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЕЙ КОСТЮМНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

RESEARCH OF THE INFLUENCE OF THE FINISHING OPERATION "DRYING-THERMOFIXATION" ON RELAXATION PROCESSES AND AIR PERMEABILITY OF HALF-WOOLLEN WORSTED FABRICS FOR COSTUME PURPOSES

УДК 677.027:303.725.35

В.В. Садовский*, Т.А. Базыльчук

Белорусский государственный экономический университет

<https://doi.org/10.24412/2079-7958-2023-1-26-35>

V. Sadovski*, T. Bazylchuk

Belarusian State Economic University

РЕФЕРАТ

КАМВОЛЬНАЯ ТКАНЬ, ТЕРМОФИКСАЦИЯ, ДВУХОСНОЕ РАСТЯЖЕНИЕ, РЕЛАКСАЦИЯ УСИЛИЙ

Авторами статьи проведено исследование, целью которого являлось оценка влияния операции «Сушка-термофиксация» на воздухопроницаемость полушерстяных камвольных тканей с различным соотношением шерстяных волокон, полиэстера и лайкры и происходящие при этом релаксационные процессы. Для достижения поставленной цели были проведены исследования изменения длительности релаксации и воздухопроницаемости тканей различного волокнистого состава при двухосном растяжении и воздействии на ткань потока горячего воздуха (180 °С). Ткани исследовались во влажном и сухом состояниях.

В результате исследования установлено, что процент повышения воздухопроницаемости тканей в результате их термофиксации можно поднять за счет увеличения деформирования по основе и утку и продолжительности воздействия горячего воздуха. Эффективность влияния этих параметров термофиксации можно повысить за счет снижения плотностей по основе и утку, снижения линейных плотностей нитей и повышения их крутки, а также за счет снижения доли шерстяных волокон в составе тканей.

ABSTRACT

WORSTED FABRIC, THERMOFIXATION, BIAxIAL TENSION, TENSION RECOVERY

The article discusses the conducted research, the purpose of which was to assess the effect of drying-thermal fixation on the breathability and relaxation processes of half-woollen worsted fabrics for costume purposes of different densities on the base and weft, with different wool and polyester content, and with the insertion of lycra into the weft thread.

It was found that when exposed to hot air, the intensity of relaxation of efforts in all the studied tissues increases. The duration of relaxation on the base under the influence of hot air is less than at normal temperature. Across the weft the duration of relaxation varies significantly: in tissues that do not contain lycra, it is also lower, and in tissues containing lycra, on the contrary, higher.

The percentage of increased air permeability of fabrics as a result of their thermal fixation can be raised by increasing deformation along the base and weft and the duration of exposure to hot air.

* E-mail: Sadovski_v@bseu.by (V. Sadovski)

Полушерстяные камвольные ткани, содержащие в своем составе волокна шерсти и полиэстера различного процентного соотношения, а также ткани, в состав которых помимо шерсти и полиэстера входит лайкра, проходят ряд этапов отделки для достижения требуемых потребительских свойств, среди которых значимое место занимает воздухопроницаемость, т.к. является одним из важнейших гигиенических свойств тканей. Однако в процессе отделки воздухопроницаемость тканей значительно снижается по сравнению с суровыми тканями (после ткачества). Предварительный анализ этапов отделки показал, что наиболее интенсивные тепловые и механические воздействия на ткани в условиях высокой влажности протекают на стадиях промывки и заварки, а также в процессе сушки-термофиксации. При этом на этапах промывки и заварки происходит уменьшение воздухопроницаемости, на этапе сушки-термофиксации воздухопроницаемость можно повысить и стабилизировать.

Исследования влияния операций «Промывка» и «Заварка» на водопоглощение, усадку и воздухопроницаемость полушерстяных камвольных тканей с различным соотношением шерстяных волокон, полиэстера и лайкры опубликованы в работе [1].

Целью данной работы было проведение исследования влияния операции «Сушка-термофиксация» на воздухопроницаемость полушерстяных камвольных тканей с различным соотношением шерстяных волокон, полиэстера и лайкры и происходящие при этом релаксационные процессы.

Сушка-термофиксация необходима для придания тканям фиксированных размеров по ширине, а также релаксации напряжений в тканях,

возникших при их деформировании. Данная операция производится на сушильно-ширильной машине, где ткань из заправочного устройства проходит через плюсовку с водой (или без воды) и накаливается на иглы разводных цепей без натяжения по основе и перекоса по утку; устанавливается скорость прохода тканей через 8 сушильных камер (опережение) и развод цепей на определенное значение в сантиметрах (уширение). Первый параметр характеризует растяжение тканей по основе, второй – по утку. Температурный режим процесса сушки-термофиксации тканей представлен в таблице 1.

Таким образом, в процессе сушки-термофиксации ткани регулируются три параметра: деформация по утку, деформация по основе и длительность воздействия температуры сушки. Кроме того, ткани при термофиксации могут быть во влажном и сухом состояниях.

Для достижения поставленной цели были проведены исследования изменения длительности релаксации и воздухопроницаемости тканей различного волокнистого состава при двухосном растяжении и воздействии на ткань потока горячего воздуха (180 °С). Ткани исследовались во влажном и сухом состояниях.

Исследование проводилось на образцах камвольных тканей различной плотности по основе и утку, с различным содержанием шерсти и полиэстера, и с вложением лайкры в нить утка. Характеристика образцов представлена в таблице 2.

Для моделирования деформаций по основе и утку, а также температуры воздуха, которые в производственных условиях создаются в сушильно-ширильной машине, при проведении исследования применялась установка, представляющая собой цельнометаллическую пря-

Таблица 1 – Режим сушки-термофиксации

Вид ткани	Температура воды в плюсовке, °С	Скорость прохода ткани в камерах, м/мин	Температура в камерах, °С							
			1	2	3	4	5	6	7	8
С лайкрой	20–30	15–22	180	190	190	190	190	190	190	180
Без лайкры			180	180	180	180	180	180	180	180

Таблица 2 – Характеристики исследуемых образцов

№	Состав	Поверхностная плотность, г/м ²	Количество нитей на 10 см ткани, основа/уток	Линейная плотность нитей, текс, основа/уток	Крутка нитей, кр/м, основа/уток	Разрывная нагрузка нитей, сН, основа/уток
1	Ш – 45 %, ПЭ – 55 %	184	<u>339</u> 258	<u>28</u> 28	<u>680</u> 680	<u>497</u> 497
2	Ш – 45 %, ПЭ – 55 %	192	<u>277</u> 216	<u>36</u> 36	<u>1147</u> 1147	<u>495</u> 495
3	Ш – 45 %, ПЭ – 55 %	214	<u>281</u> 190	<u>42</u> 42	<u>536</u> 536	<u>822</u> 822
4	Ш – 43 %, ПЭ – 55 %, Л – 2 %	210	<u>260</u> 190	<u>38</u> 42,4	<u>662</u> 649	<u>643</u> 681
5	Ш – 33 %, ПЭ – 65 %, Л – 2 %	218	<u>248</u> 177	<u>42</u> 46,4	<u>565</u> 669	<u>846</u> 842
6	Ш – 20 %, ПЭ – 78 %, Л – 2 %	225	<u>231</u> 190	<u>42</u> 46,4	<u>562</u> 658	<u>961</u> 995
7	Ш – 66 %, ПЭ – 34 %	280	<u>310</u> 238	<u>50</u> 50	<u>550</u> 550	<u>1050</u> 780
8	Ш – 27 %, ПЭ – 73 %	211	<u>280</u> 226	<u>42</u> 42	<u>672</u> 672	<u>1000</u> 750
9	Ш – 43 %, ПЭ – 55 %, Л – 2 %	210	<u>313</u> 194	<u>38</u> 42,4	<u>662</u> 649	<u>800</u> 400

Примечание: Ш – шерсть, ПЭ – полиэстер, Л – лайкра

моугольную раму на ножках с подвижными зажимами для ткани с каждой стороны, с прикрепленными на них тензометрическими датчиками, и модулем для создания потока горячего воздуха (180 °С) на обе стороны ткани. Установка позволяет создавать различные варианты двухосного деформирования тканей в горизонтальной плоскости и записывать усилия, возникающие при деформировании ткани, а также релаксацию усилия при прекращении деформирования.

Исследование изменения длительности релаксации усилий проводилось на шести образцах тканей: образцы 1–6 одного переплетения – саржа 2/1 (таблица 2). Из них три образ-

ца (№ 1, 2, 3) имели одинаковый волокнистый состав, но различные плотности по основе и утку, и линейные плотности нитей, и три образца (№ 4, 5, 6), состав которых отличается по количеству шерстяных волокон и полиэстера, плотностями по основе и утку, линейными плотностями нитей, а также, в отличие от первых трех образцов, содержат лайкру.

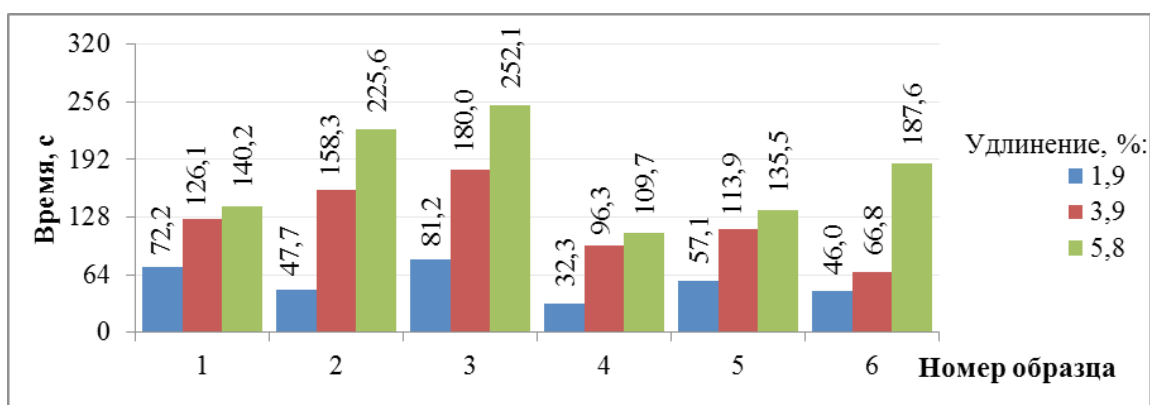
Деформирование образцов производилось одновременно по основе и утку, поэтапно на величины 1,9 %, 3,9 %, 5,8 % и 7,7 %. После каждого этапа определялась релаксация усилия, соответствующая величине деформирования. Запись изменения величины усилия в процессе релаксации производилась через каждые 0,1 с.

После окончания релаксации усилия образца ткани в мокром состоянии при максимальном деформировании ткани (7,7 %) она подвергалась воздействию воздуха высокой температуры (180 °С), и продолжалась запись изменения величины усилия релаксации.

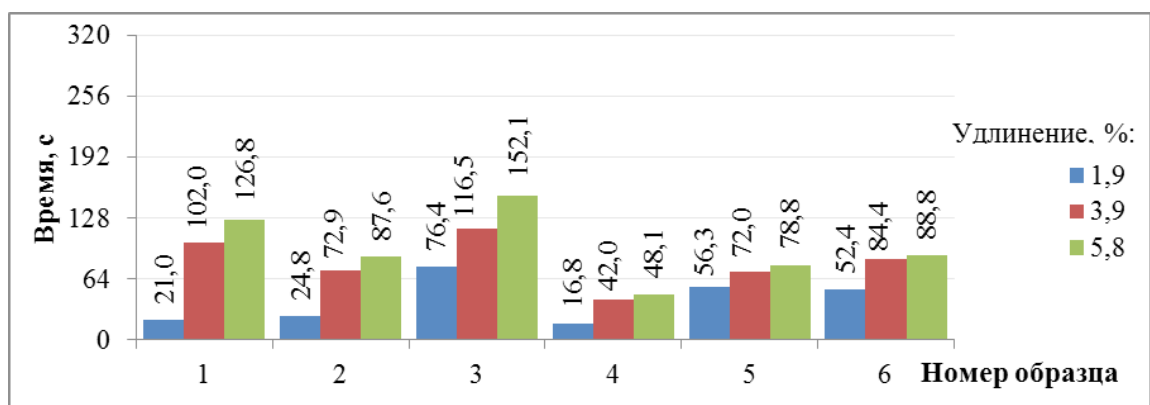
Результаты исследования длительности релаксации усилий после одновременного растяжения тканей по основе и утку в сухом состоянии и при полном влагопоглощении представлены на рисунках 1 и 2.

Из гистограммы на рисунках 1 и 2 видно, что длительность релаксации усилий после прекращения деформирования по основе больше, чем по утку у всех тканей, как в сухом, так и в увлажненном состояниях. При максимальной

величине деформирования она составляет в сухом состоянии по основе 109,7–252,1 с, по утку 48,1–152,1 с, во влажном состоянии – по основе 57,8–267,1 с, по утку 29,8–174,7 с. У тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3), в увлажненном состоянии длительность релаксации выше, чем в сухом, как по основе, так и по утку. Она составляет в сухом состоянии по основе 140,2–252,1 с, по утку 87,6–152,1 с, во влажном состоянии – по основе 166,1–267,1 с, по утку 134,8–174,7 с. У тканей с лайкрой (4, 5, 6) наоборот, во влажном состоянии они релаксируют быстрее, чем в сухом. Длительность релаксации составляет во влажном состоянии по основе 57,8–93,3 с, по утку 29,8–52,3 с, в сухом по основе 109,7–185,6 с, по утку 48,1–88,8 с. Следует от-

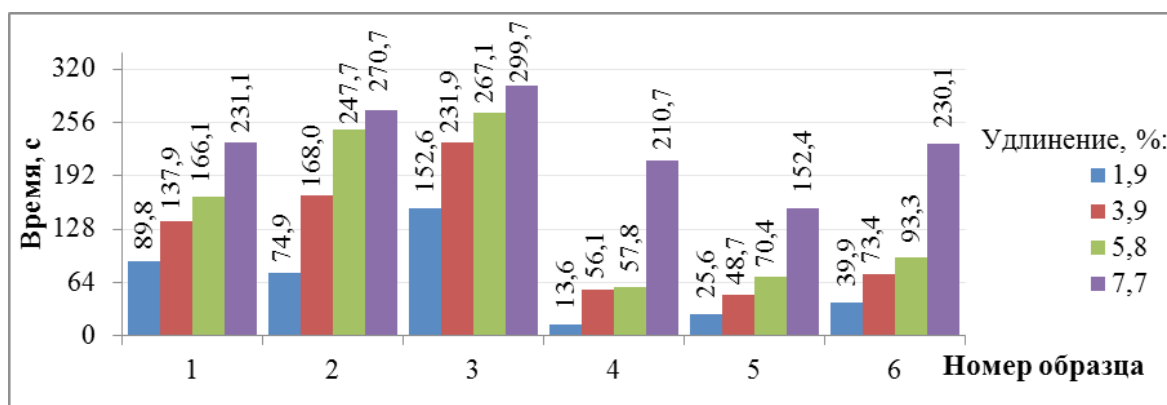


а

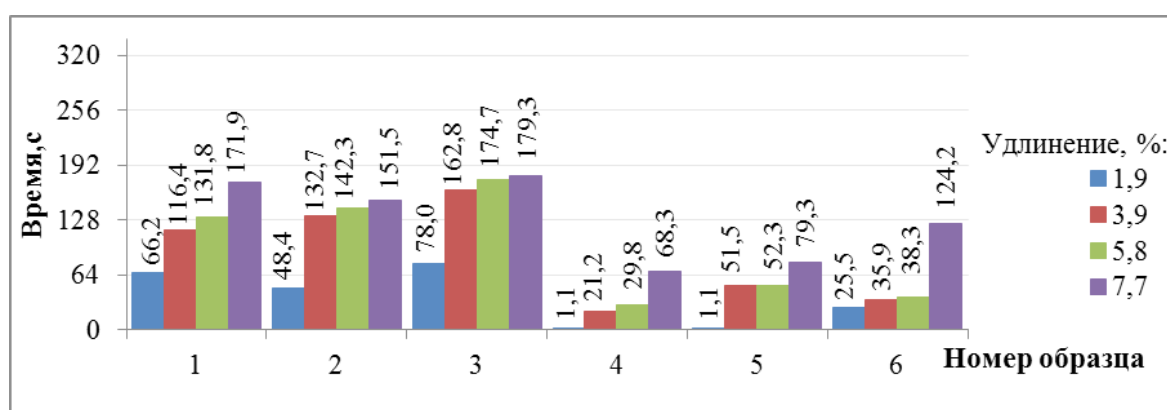


б

Рисунок 1 – Значения времени релаксации тканей при различном удлинении при деформации по основе и утку в сухом виде: а – основа; б – уток



а



б

Рисунок 2 – Значения времени релаксации тканей при различном удлинении при деформации по основе и утку во влажном состоянии: а – основа; б – уток

метить, что длительность релаксации по основе и по утку у тканей с лайкрой, значительно меньше, чем у тканей без лайкры, как в сухом, так и в увлажненном состояниях.

Для изучения влияния температуры воздуха на длительность релаксации усилия в условиях двухосного растяжения, по окончании релаксации при нормальной температуре воздуха (18–22 °С), ткани подвергались нагреву потоком горячего воздуха (180 °С).

На рисунке 3 показаны результаты исследования релаксации усилий после растяжения на 7,7 % по основе и утку увлажненных тканей при воздействии горячего воздуха.

Длительность протекания релаксации под воздействием горячего воздуха и при нормальной температуре существенно различается в

направлении основы и утка, а также для тканей, содержащих лайкру и без нее. Из гистограммы на рисунке 3 видно, что при воздействии горячего воздуха длительность релаксации по основе (151,0–206 с) больше, чем по утку (97,4–166,8 с) только у тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3). У тканей с лайкрой (4, 5, 6) наоборот продолжительность релаксации по утку (157,2–163,6 с) больше, чем по основе (114,3–149,9 с).

Сравнивая гистограммы на рисунках 2 и 3 (при деформировании на 7,7 %), видно, что длительность релаксации по основе у всех тканей при воздействии горячего воздуха меньше (114,3–206,0 с), чем при нормальной температуре (152,4–299,4 с). Длительность релаксации по утку у тканей, не содержащих лайкры (1, 2, 3), под воздействием горячего воздуха также меньше

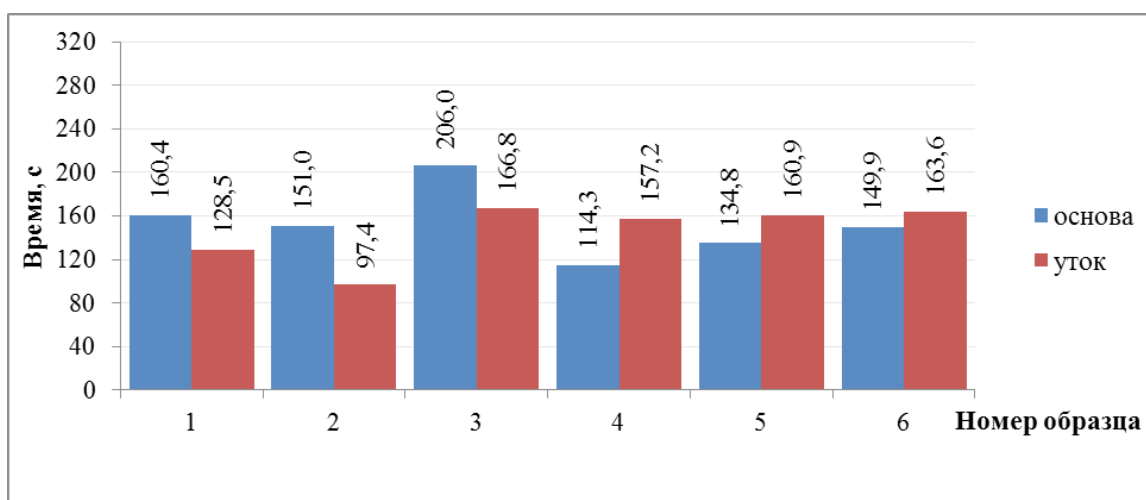


Рисунок 3 – Значения времени релаксации тканей при деформации по основе и утку в мокром виде при воздействии сухого горячего воздуха

(97,4–166,8 с), чем при нормальной температуре (151,5–179,3 с), а у тканей, содержащих лайкру (4, 5, 6), наоборот больше – 157,2–163,6 с против 68,3–124,2 с.

Таким образом, проведенное исследование показало, что длительность релаксации усилий после прекращения деформирования по основе больше, чем по утку у всех тканей, как в сухом, так и в увлажненном состояниях. Длительность релаксации по основе и по утку у тканей с лайкрой, значительно меньше, чем у тканей без лайкры, как в сухом, так и в увлажненном состояниях. У тканей, не содержащих лайкру (1, 2, 3), в увлажненном состоянии длительность релаксации больше, чем в сухом. Ткани с лайкрой (4, 5, 6) наоборот, во влажном состоянии релаксируют быстрее, чем в сухом.

Выявлено, что при воздействии горячего воздуха интенсивность релаксации усилий у всех исследуемых тканей увеличивается.

Длительность протекания релаксации по основе под воздействием горячего воздуха меньше, чем при нормальной температуре. По утку длительность релаксации существенно различается: у тканей, не содержащих лайкру, она также меньше, а у тканей, содержащих лайкру, наоборот, больше.

Исследование зависимости воздухопроницаемости от величины деформации по основе и утку при воздействии горячего воздуха (180 °С) было проведено на образцах камвольных тканей 7–9 (таблица 1) саржевого переплетения, различной плотности по основе и утку, с различным содержанием шерсти и полиэстера, и с вложением лайкры в нить утка.

Эксперимент проводился в соответствии с центральным композиционным ортогональным планом (ЦКОП) [2, 3].

Факторами воздействия являлись: удлинение (в %) по основе (x_1) и по утку (x_2) и время воздействия воздуха (сек) при температуре 180 °С (x_3).

В качестве выходного параметра было взято изменение воздухопроницаемости тканей, которое определялось по формуле:

$$Y = \frac{B - B_0}{B_0} \cdot 100 \% , \quad (1)$$

где B_0 – воздухопроницаемость образцов до эксперимента, %; B – воздухопроницаемость образцов после эксперимента, %.

Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 3. Интервал варьирования

Таблица 3 – План трехфакторного эксперимента

№ опыта	Натуральные значения факторов			Кодированные значения факторов			Изменение воздухопроницаемости, % ткани №		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3	7	8	9
1	1,9	1,9	80	-1	-1	-1	0,25	5,95	0,92
2	6,9	1,9	80	+1	-1	-1	1,01	12,05	2,97
3	1,9	6,9	80	-1	+1	-1	1,15	14,02	3,10
4	6,9	6,9	80	+1	+1	-1	3,43	25,85	7,65
5	1,9	1,9	280	-1	-1	+1	2,11	17,02	5,54
6	6,9	1,9	280	+1	-1	+1	3,37	17,75	5,73
7	1,9	6,9	280	-1	+1	+1	3,04	23,71	2,60
8	6,9	6,9	280	+1	+1	+1	4,65	32,91	10,10
9	1,4	4,4	180	-1,215	0	0	1,4	15,34	5,25
10	7,3	4,4	180	+1,215	0	0	2,92	22,03	7,04
11	4,4	1,4	180	0	-1,215	0	1,32	14,34	4,18
12	4,4	7,3	180	0	+1,215	0	3,63	27,00	8,38
13	4,4	4,4	59	0	0	-1,215	0,72	7,76	2,3
14	4,4	4,4	302	0	0	+1,215	2,59	19,59	6,54
15	4,4	4,4	180	0	0	0	1,86	16,60	5,57

факторов x_1 и x_2 взят равный 2,5 %, а фактора x_3 – 100 секунд.

В соответствие с данными таблицы 3 с помощью программы MS Excel рассчитывались коэффициенты уравнения регрессии [4]. Значимость вычисленных коэффициентов, а также адекватность построенного уравнения регрессии проверялась по критерию Стьюдента и Фишера соответственно. Конечный вид уравнений

в кодированных величинах для трех образцов тканей представлен в таблице 4.

Анализируя полученные модели для воздухопроницаемости всех исследуемых тканей, видно, что при факторах воздействия (x_1, x_2, x_3) знаки «+». Это говорит о том, что при их увеличении воздухопроницаемость будет увеличиваться.

По математическим моделям, были построены графики зависимости изменения воздухо-

Таблица 4 – Уравнения изменения воздухопроницаемости (Y) от деформаций по основе (x_1) и утку (x_2) и времени воздействия горячего воздуха (x_3) для камвольных тканей

№ обр. ткани	Уравнение регрессии
9	$Y = 1,92 + 0,62 \cdot x_1 + 0,85 \cdot x_2 + 0,79 \cdot x_3 + 0,15 \cdot x_1^2 + 0,37 \cdot x_2^2 - 0,19 \cdot x_3^2 + 0,36 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,15 \cdot x_1 \cdot x_3$
10	$Y = 16,83 + 3,29 \cdot x_1 + 5,36 \cdot x_2 + 4,38 \cdot x_3 + 1,24 \cdot x_1^2 + 2,72 \cdot x_2^2 - 2,15 \cdot x_3^2 + 1,78 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,00 \cdot x_1 \cdot x_3$
11	$Y = 5,60 + 1,05 \cdot x_1 + 1,68 \cdot x_2 + 1,81 \cdot x_3 + 0,34 \cdot x_1^2 + 0,43 \cdot x_2^2 - 0,92 \cdot x_3^2 + 0,60 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,49 \cdot x_1 \cdot x_3$

проницаемости от времени воздействия горячего воздуха (x_3) при постоянных величинах деформаций по основе (x_1) и утку (x_2), которые представлены на рисунке 4.

Из графиков на рисунке 4 видно, что воздухопроницаемость увеличивается с увеличением времени воздействия горячего воздуха. При этом при максимальном деформировании (6,9 %) тканей, не содержащих лайкру (7 и 8), они достигают максимальных значений при воздействии горячего воздуха в течении 220 с. У ткани с лайкрой (9), при деформировании на 6,9 % максимум изменения воздухопроницаемости достигается к 300 с воздействия горячего воздуха.

По полученным уравнениям регрессии, были построены двумерные сечения поверхности отклика (рисунок 5), по которым можно определить, на сколько изменится воздухопроницаемость, если ткань удлинить по основе и утку на определенный процент. Сечения строились при постоянном времени воздействия горячего воздуха равном 280 секунд, при котором прекращаются релаксационные процессы во всех образцах тканей.

Из анализа двумерных сечений, видно, что ткань 8 (рисунок 5 б), имеющая самые низкие плотности по основе и утку (280 и 226 нитей на 10 см ткани), самую высокую крутку нитей (672 кр/м), в составе которой преобладает полиэстер (73 %), имеет наибольший процент повышения воздухопроницаемости (32 %) при равных величинах деформирования (по основе и утку на 6,9 %).

Ткань 7 (рисунок 5 а), имеющая самые высокие плотности по основе и утку (310 и 238 нитей на 10 см ткани), самую высокую линейную плотность нитей (50 текс) и самую низкую их крутку (550 кр/м), в составе которой преобладают шерстяные волокна (66 %) при тех же величинах деформирования имеет самый низкий процент повышения воздухопроницаемости (4,5 %).

Ткань 9 (рисунок 5 в), содержащая в утке лайкру и 43 % шерстяных волокон, также, как и ткань 7 имеет практически одинаковую высокую плотность по основе (313 и 310 нитей на 10 см ткани), но существенно ниже плотность по утку (194 против 238 нитей на 10 см ткани), ниже линейные плотности нитей (38+42 текс против 50

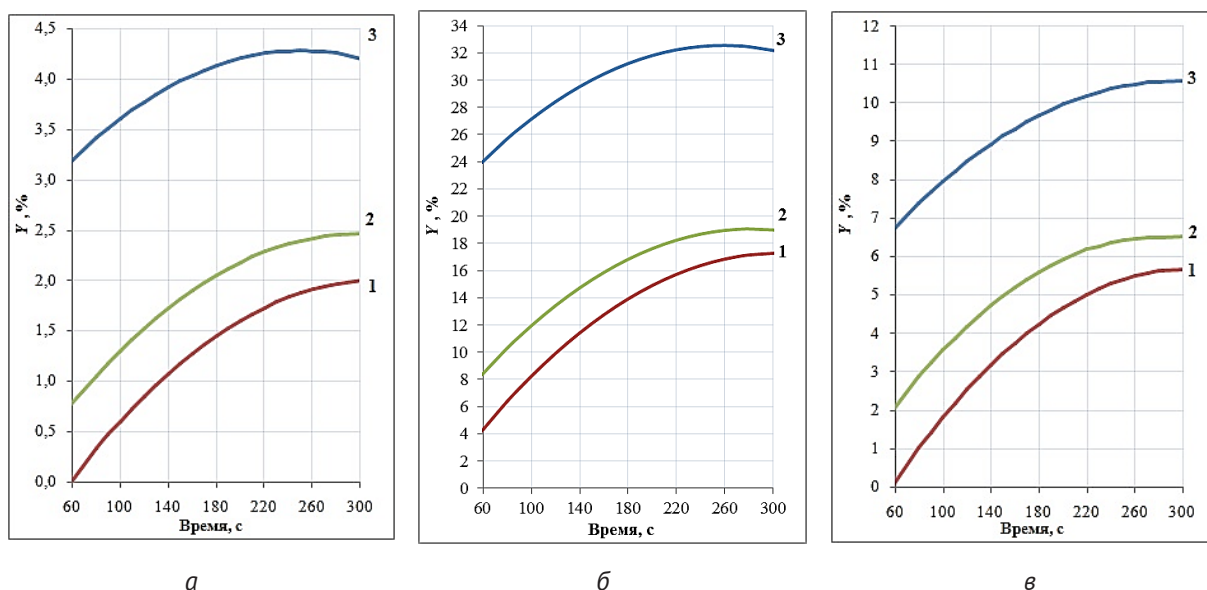


Рисунок 4 – Графики зависимости изменения воздухопроницаемости (Y_j) тканей 7 (а), 8 (б), 9 (в) от времени воздействия температуры при различных величинах деформирования: 1 – $x_1 = x_2 = 1,9$ %; 2 – $x_1 = x_2 = 4,4$ %; 3 – $x_1 = x_2 = 6,9$ %

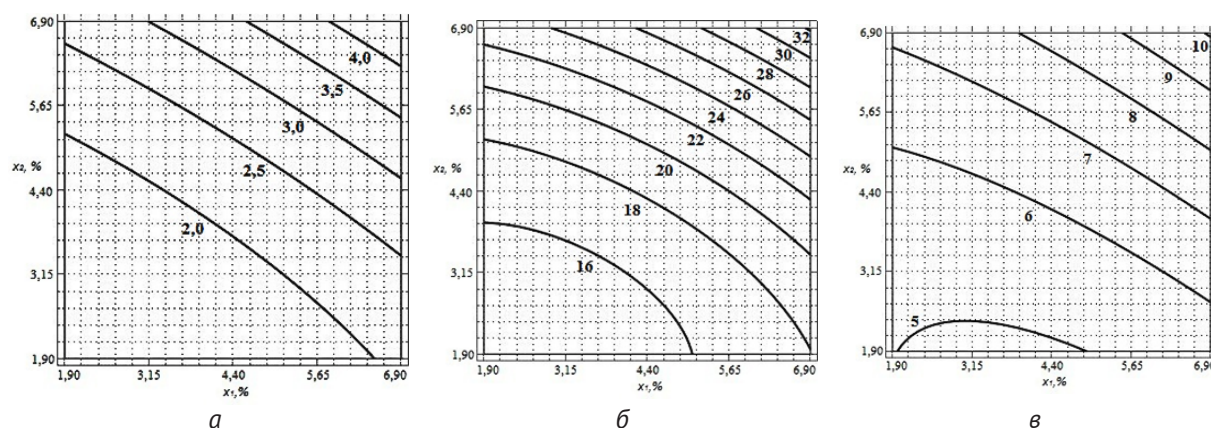


Рисунок 5 – Двумерные сечения поверхности отклика модели изменения воздухопроницаемости: а – для ткани 7, б – для ткани 8, в – для ткани 9

+ 50 *текс*) и значительно выше их крутку (662 против 550 *кр/м*). Структура ткани 9 за счет более низкой плотности по утку, более низкой линейной плотности нитей и более высокой их крутки, а также более низкого содержания шерстяных волокон, не смотря на наличие лайкры, оказалась более подвижной, что способствовало большему, чем у ткани 7 увеличению воздухопроницаемости (10 %).

Из проведенного анализа следует, что процент повышения воздухопроницаемости тканей в результате их термофиксации можно поднять за счет увеличения деформирования по основе и утку и продолжительности воздействия горячего воздуха. Эффективность влияния этих параметров термофиксации можно повысить за счет снижения плотностей по основе и утку, снижения линейных плотностей нитей и повышения их крутки, а также за счет снижения доли шерстяных волокон в составе тканей.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Гапонова, Т. А., Садовский, В. В. (2021), Исследование влияния влажно-тепловых операций отделки на воздухопроницаемость и связанные с нею свойства полшерстяных камвольных тканей костюмного назначения, *Вестник БГЭУ*, 2021, № 6, С. 38–47.
- Макаричев, Ю. А., Иванников, Ю. Н. (2016), *Методы планирования эксперимента и обработки данных: учеб. пособие*, Саратов, 131 с.

REFERENCES

- Gaponova, T. A., Sadovskiy, V. V. (2021), Research of the influence of wet-thermal operations on air permeability and the related properties of half-woolen worsted fabrics [Issledovaniye vliyaniya vlazhno-teplovyyh operacij otdelki na vozduhopronicaemost' i svyazannyye s neyu svoystva polusherstyanyh kamvol'nyh tkanej kostyumnogo naznacheniya], *Vestnik BGEU – Bulletin BSEU*, 2021, № 6, pp. 38–47.
- Makarichev, Ju. A., Ivannikov, Ju. N. (2016), *Metody planirovaniya jeksperimenta i obrabotki dannyh*:

3. Юдин, Ю. В., Майсурадзе, М. В., Водолазский, Ф. В. (2018), *Организация и математическое планирование эксперимента*, Екатеринбург, 124 с.
4. Смит, Р.А., Андранович, О.С., Демьянцева, Е. Ю. (2018), *Использование программного пакета Origin для обработки экспериментальных данных: учеб. пособие*, Санкт-Петербург, 45 с.
3. Judin, Ju. V., Majsuradze, M. V., Vodolazskij, F. V. (2018), *Organizacija i matematičeskoe planirovanie jeksperimenta* [Organization and mathematical planning of the experiment], Ekaterinburg, 124 p.
4. Smit, R.A., Andranovich, O. S., Dem'janceva, E. Ju. (2018), *Ispol'zovanie programmnogo paketa Origin dlja obrabotki jeksperimental'nyh dannyh: učeb. posobie* [Using the Origin software package for processing experimental data], Sankt-Peterburg, 45 p.

Статья поступила в редакцию 26. 04. 2023 г.