

V. Sadovski,
T. Bazylichuk
BSEU (Minsk)

RESEARCH OF THE EFFECT OF THE FINISHING PROCESS ON THE AIR PERMEABILITY OF HALF-WOOLEN WORSTED FABRICS FOR COSTUME PURPOSES

The article presents the results of a research on the effect of the finishing process on the air permeability of worsted fabrics having different ratios of wool and polyester fibers, containing and not containing lycra in their composition. The conducted research consists of two blocks: in the first, the factors of the washing and welding processes were considered – the influence of water at different temperatures, in the second, the factors of the thermal fixation process – the influence of deformation values along the base and weft and the temperature of thermal fixation. Based on the results of the research, mathematical models were built that allow predicting changes in air permeability in various variants of biaxial deformation and the time of thermal fixation of tissues. Conclusions are drawn about the effect of wet-heat treatment of worsted fabrics on their air permeability, and recommendations are given to increase the air permeability of fabrics during their drying-thermo-fixation.

Keywords: air permeability; worsted fabrics; washing; welding; drying-thermal fixation; deformation; warp; weft; wet-heat treatment.

В. В. Садовский
доктор технических наук, профессор
Т. А. Базыльчук
кандидат технических наук
БГЭУ (Минск)

ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ПРОЦЕССА ОТДЕЛКИ НА ВОЗДУХОПРОНИЦАЕМОСТЬ ПОЛУШЕРСТЯНЫХ КАМВОЛЬНЫХ ТКАНЕЙ КОСТЮМНОГО НАЗНАЧЕНИЯ

В статье представлены результаты исследования влияния процесса отделки на воздухопроницаемость камвольных тканей, имеющих различные соотношения волокон шерсти и полиэстера, содержащих и не содержащих лайкру в своем составе. Проведенные исследования состоят из двух блоков: в первом исследовались факторы процессов промывки и заварки – влияние влаги различной температуры, во втором – факторы процесса термофиксации – влияние величин деформирования по основе и утку и температуры термофиксации. По результатам проведенного исследования построены математические модели, позволяющие прогнозировать изменение воздухопроницаемости при различных вариантах двухосного деформирования и времени термофиксации тканей. Сделаны выводы о влиянии влажно-тепловой обработки камвольных тканей на их воздухопроницаемость, а также даны рекомендации по повышению воздухопроницаемости тканей во время их сушки-термофиксации.

Ключевые слова: воздухопроницаемость; камвольные ткани; промывка; заварка; сушка-термофиксация; деформирование; основа; уток; влажно-тепловая обработка.

Применение синтетических волокон существенно сказывается на потребительских свойствах тканей, положительно изменяя такие свойства, как прочность, сминаемость, истираемость, формоустойчивость, но при этом негативно влияет на гигиенические свойства, которые обеспечивают нормальную терморегуляцию организма человека, эвакуацию продуктов его жизнедеятельности из пододежного пространства и тем самым создают условия комфортности одежды в процессе ее эксплуатации [1].

Известно, что гигиенические свойства тканей зависят от их гигроскопичности, паро- и воздухопроницаемости. При применении синтетических волокон уменьшается гигроскопичность тканей, что приводит к снижению эффективности отвода водяного пара, выделяемого телом человека. Скомпенсировать это явление с целью обеспечения комфортности одежды из тканей, содержащих синтетические волокна, возможно только за счет увеличения их воздухопроницаемости [2].

Полушерстяные камвольные ткани костюмного назначения в суровом виде (после процесса ткачества) имеют высокие значения воздухопроницаемости. Однако, в процессе отделки, подвергаясь влажно-тепловым и механическим воздействиям, воздухопроницаемость значительно снижается и становится ниже величины, обеспечивающей комфортные условия эксплуатации одежды.

Имеется большое количество работ о влиянии процесса отделки на свойства тканей, различного волокнистого состава [3]. Однако, аналогичных исследований полушерстяных камвольных тканей, имеющих в своем составе различное соотношение шерстяных волокон, полиэстера и лайкры, проведено недостаточно, а исследования влияния различных факторов отделки на воздухопроницаемость этих тканей практически отсутствуют. Это не дает возможности эффективно влиять на формирование важнейшего показателя гигиенических свойств – воздухопроницаемости тканей, в процессе их отделки.

В связи с этим целью данной работы было проведение исследования влияния процесса отделки на воздухопроницаемость полушерстяных камвольных тканей с различным соотношением шерстяных волокон, полиэстера и лайкры.

Предварительный анализ операций отделки показал, что наиболее интенсивные тепловые и механические воздействия на ткани в условиях высокой влажности протекают на стадиях промывки и заварки, а также при проведении термофиксации.

Поэтому исследования влияния процесса отделки на воздухопроницаемость тканей, имеющих различные соотношения волокон шерсти и полиэстера, содержащих и не содержащих лайкру в своем составе, включают два раздела: в первом исследовались факторы процессов промывки и заварки – влияние влаги различной температуры, во втором, факторы процесса термофиксации – влияние величин деформирования по основе и утку и температуры термофиксации.

Характеристики исследуемых тканей и нитей, из которых они изготовлены, представлены в табл. 1.

Таблица 1 – Характеристики исследуемых тканей и нитей

№ образца ткани	Характеристики исследуемых тканей										
	Переплетение	Состав ткани	Пов. пл-ть, г/м ²	Кол-во нитей на 10 см ткани		Состав нитей		Лин. пл-ть нитей, текс		Крутка нитей, кол-во кр/м	
				основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
1		Ш – 45 %, ПЭ – 55 %	184	339	258	Ш – 50 %, ПЭ – 50 %	Ш – 50 %, ПЭ – 50 %	28	28	680	680
2			192	277	216			36	36	1147	1147
3			214	281	190			42	42	536	536
4	Саржа 2/1	Ш – 43 %, ПЭ – 55 %, Л – 2 %	210	260	190	Ш – 50 %, ПЭ – 50 %	Ш – 48,1 %, ПЭ – 48,1 %, Л – 3,8 %	38	42,4	662	649
5		Ш – 33 %, ПЭ – 65 %, Л – 2 %	218	248	177	Ш – 40 %, ПЭ – 60 %	Ш – 38,6 %, ПЭ – 58 %, Л – 3,4 %	42	46,4	565	562
6		Ш – 20 %, ПЭ – 78 %, Л – 2 %	225	231	190	Ш – 25 %, ПЭ – 75 %	Ш – 24,2 %, ПЭ – 72,4 %, Л – 3,4 %	42	46,4	669	658
7	Диагональное	Ш – 66 %, ПЭ – 34 %	300	414	386	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	36	36	712	712
8		Ш – 55 %, ПЭ – 45 %	338	389	360	Ш – 60 %, ПЭ – 40 %	Ш – 60 %, ПЭ – 40 %	42	42	562	562
9	Саржа 2/1	Ш – 66 %, ПЭ – 34 %	280	310	238	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	Ш – 70 %, ПЭ – 30 %	50	50	550	550
10	Саржа 2/2	Ш – 27 %, ПЭ – 73 %	211	280	226	Ш – 30 %, ПЭ – 70 %	Ш – 30 %, ПЭ – 70 %	42	42	672	672
11	Саржа 2/1	Ш – 43 %, ПЭ – 55 %, Л – 2 %	210	313	194	Ш – 50 %, ПЭ – 50 %	Ш – 48,1 %, ПЭ – 48,1 %, Л – 3,8 %	38	42,4	650	646

Примечание: разработано авторами.

Для проведения исследований влияния влаги различной температуры на воздухопроницаемость тканей разработана методика, позволяющая в лабораторных условиях смоделировать производственные процессы промывка и заварка тканей.

Исследования проводились при трех различных температурах воды 20, 50 и 90 °С.

Постоянство указанных температур поддерживалось тем, что емкости с водой помещались в водяную баню. Образцы в свободном состоянии опускались в воду заданной температуры, выдерживались до полного влагонасыщения (нити не менее 1 минуты, ткани не менее 3 минут).

При определении воздухопроницаемости после увлажнения образцы высушивались в свободном состоянии при комнатной температуре до постоянства массы, затем выдерживались не менее 24 часов в эксикаторе.

Воздухопроницаемость измерялась на приборе фирмы «Метротекс»; снижение воздухопроницаемости по формуле 1:

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

где B_0 – начальная воздухопроницаемость образцов (суровые ткани), $\frac{\text{дм}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$,
 B – воздухопроницаемость образцов после увлажнения, просушки и кондиционирования, $\frac{\text{дм}^3}{\text{м}^2 \cdot \text{с}}$.

В результате исследования изменения воздухопроницаемости тканей после их промывки и заварки установлено следующее:

- снижение воздухопроницаемости тканей тесно связано с их усадкой, увеличение усадки ткани приводит к снижению ее воздухопроницаемости. При этом, даже небольшое увеличение усадки ткани значительно снижает ее воздухопроницаемость;
- снижение воздухопроницаемости у тканей, содержащих лайкру, проявляется в большей степени, чем у тканей без лайкры;
- у тканей диагонального переплетения снижается воздухопроницаемость при высоких температурах увлажнения меньше, чем у саржевых тканей [4].

В ходе отделочных операций ткань подвергается механическому воздействию, в результате которых она деформируется как по основе, так и по утку, чаще в обоих направлениях одновременно. В процессе деформирования ткань и нити, из которых она изготовлена, получают нагрузки, что выводит их из равновесного состояния, в результате чего изменяются параметры их структуры. После прекращения нагрузок или проходя термомеханические виды отделок (например, термофиксацию), напряжения, возникшие в ткани, релаксируют, что также приводит к изменению параметров структуры ткани и нитей.

Для моделирования процесса термофиксации была разработана установка, позволяющая создавать различные варианты двухосной плоскостной деформации ткани, в том числе при воздействии температуры, и при этом измерять усилия при деформировании, релаксацию усилия после деформирования, воздухопроницаемость и пористость ткани при различных вариантах деформирования [5].

Для изучения влияния величины деформации по основе и по утку, и времени воздействия горячего воздуха на воздухопроницаемость тканей было проведено исследование, которому подвергались камвольные ткани с различным сочетанием шерстяных волокон и полиэстера, с содержанием лайкры и без нее. Характеристики этих тканей представлены в таблице 1 (ткани 9, 10 и 11).

Перед экспериментом образцы тканей заваривались, высушивались, выдерживались в эксикаторе в течение 24 часов и определялась начальная

воздухопроницаемость. Затем образцы смачивались умягчающей и антистатической пропиткой, приготовленной по рецептуре, используемой на производстве.

Для проведения эксперимента использовался центральный композиционный ортогональный план (ЦКОП). В качестве факторов воздействия были взяты: величина деформации по основе (x_1), величина деформации по утку (x_2) и время воздействия сухого воздуха при температуре 180 °С (x_3).

Уровни варьирования факторов представлены в табл. 2, план эксперимента в табл. 3.

Таблица 2 – Уровни варьирования факторов

Факторы	Код x_i	Уровни факторов					Интервал варьирования факторов
		-1,215	-1	0	+1	+1,215	
Деформация ткани по основе, %	x_1	1,4	1,9	4,4	6,9	7,3	2,5
Деформация ткани по утку, %	x_2	1,4	1,9	4,4	6,9	7,3	2,5
Время воздействия воздуха при температуре 180 °С, с	x_3	59	80	180	280	302	100

Примечание: разработано авторами.

Таблица 3 – План трехфакторного эксперимента

№ опыта	Натуральные значения факторов			Кодированные значения факторов		
	x_1	x_2	x_3	x_1	x_2	x_3
1	1,9	1,9	80	-1	-1	-1
2	6,9	1,9	80	+1	-1	-1
3	1,9	6,9	80	-1	+1	-1
4	6,9	6,9	80	+1	+1	-1
5	1,9	1,9	280	-1	-1	+1
6	6,9	1,9	280	+1	-1	+1
7	1,9	6,9	280	-1	+1	+1
8	6,9	6,9	280	+1	+1	+1
9	1,4	4,4	180	-1,215	0	0
10	7,3	4,4	180	+1,215	0	0
11	4,4	1,4	180	0	-1,215	0
12	4,4	7,3	180	0	+1,215	0
13	4,4	4,4	59	0	0	-1,215
14	4,4	4,4	302	0	0	+1,215
15	4,4	4,4	180	0	0	0

Примечание: разработано авторами.

После проведения эксперимента перед определением значений воздухопроницаемости при каждом опыте образцы выдерживались в течение суток в эксикаторе.

Коэффициенты всех математических моделей, расчетные значения критерия Стьюдента, необходимые для определения значимости коэффициентов, вычислялись по соответствующим формулам. При проведении расчетов использовалось программное обеспечение MS Excel [6].

Конечные математические модели в кодированных величинах и расчетные критерии Фишера представлены в табл. 4.

Таблица 4 – Математические модели для описания изменения воздухопроницаемости Y после двухосного деформирования при воздействии температуры

№ образца ткани	Уравнение регрессии	F_p
9	$Y = 1,92 + 0,62 \cdot x_1 + 0,85 \cdot x_2 + 0,79 \cdot x_3 + 0,15 \cdot x_1^2 + 0,37 \cdot x_2^2 - 0,19 \cdot x_3^2 + 0,36 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,15 \cdot x_1 \cdot x_3$	13,62
10	$Y = 16,83 + 3,29 \cdot x_1 + 5,36 \cdot x_2 + 4,38 \cdot x_3 + 1,24 \cdot x_1^2 + 2,72 \cdot x_2^2 - 2,15 \cdot x_3^2 + 1,78 \cdot x_1 \cdot x_2 - 1,00 \cdot x_1 \cdot x_3$	16,73
11	$Y = 5,60 + 1,05 \cdot x_1 + 1,68 \cdot x_2 + 1,81 \cdot x_3 + 0,34 \cdot x_1^2 + 0,43 \cdot x_2^2 - 0,92 \cdot x_3^2 + 0,60 \cdot x_1 \cdot x_2 - 0,49 \cdot x_1 \cdot x_3$	13,53

Примечание: разработано авторами.

Табличное значение критерия Фишера при степенях свободы $f_1 = N - \Lambda = 15 - 9 = 6$, $f_2 = n - 1 = 3 - 1 = 2$ и риске $\alpha = 0,05$ равно $F_{\text{табл}} = 19,33$. Как видно из таблицы 4 оно выше расчетных значений (F_p), следовательно, все полученные модели адекватны.

Анализируя полученные модели для воздухопроницаемости исследуемых тканей, видно, что все соответствующие слагаемые этих моделей имеют одинаковые знаки. Это говорит об идентичном характере воздействия факторов (x_1 , x_2 , x_3) на воздухопроницаемость всех исследуемых тканей. Знаки «+» при факторах воздействия (x_1 , x_2 , x_3) говорят о том, что при их увеличении воздухопроницаемость будет увеличиваться.

По математическим моделям, были построены графики зависимости изменения воздухопроницаемости от времени воздействия горячего воздуха (x_3) при постоянных величинах деформаций по основе (x_1) и утку (x_2), которые представлены на рис. 1.

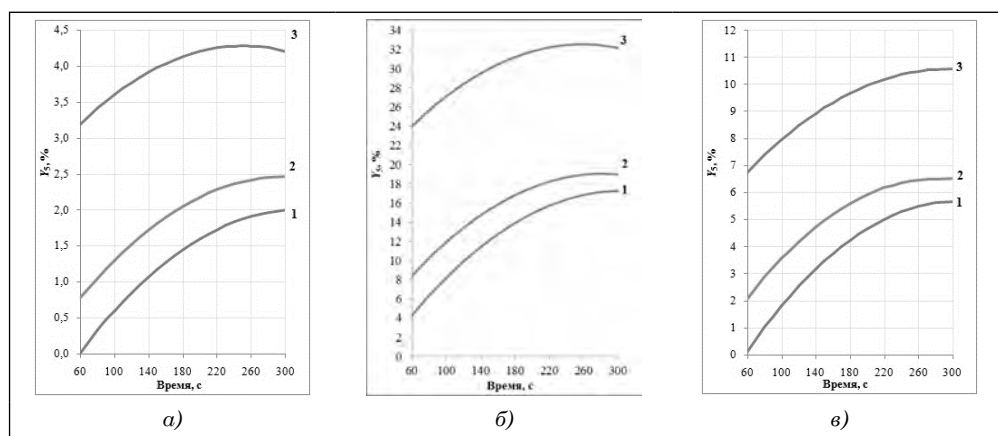


Рисунок 1. Графики зависимости изменения воздухопроницаемости (Y) тканей 9 (а), 10 (б), 11 (в) от времени воздействия температуры при различных величинах деформирования:
1 – $x_1 = x_2 = 1,9\%$; 2 – $x_1 = x_2 = 4,4\%$; 3 – $x_1 = x_2 = 6,9\%$

Примечание: разработано авторами.

Из графиков на рис. 1 видно, что воздухопроницаемость после всех вариантов деформирования увеличивается с увеличением времени воздействия горячего воздуха. При этом при максимальном деформировании (6,9 %) тканей, не содержащих лайкру (9 и 10), они достигают максимальных значений при воздействии горячего воздуха в течении 220 с. У ткани с лайкрой (11), при деформировании на 6,9 % максимум изменения воздухопроницаемости достигается к 300 с воздействия горячего воздуха.

Для прогнозирования изменения воздухопроницаемости после различных вариантов двухосного деформирования были построены двумерные сечения. Время воздействия температуры принималось постоянным и равным 220 с, изменялись величины деформирования по основе (x_1) и утку (x_2). С учетом этого математические модели, представленные в таблице 4, были пересчитаны и в новом виде представлены формулой 2 для образца ткани № 9, формулой 3 для образца ткани № 10 и формулой 4 – для образца ткани № 11:

$$Y = 2,21 + 0,56 \cdot x_1 + 0,85 \cdot x_2 + 0,15 \cdot x_1^2 + 0,37 \cdot x_2^2 + 0,36 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (2)$$

$$Y = 18,24 + 2,89 \cdot x_1 + 5,36 \cdot x_2 + 1,24 \cdot x_1^2 + 2,72 \cdot x_2^2 + 1,78 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (3)$$

$$Y = 6,18 + 0,85 \cdot x_1 + 1,68 \cdot x_2 + 0,34 \cdot x_1^2 + 0,43 \cdot x_2^2 + 0,60 \cdot x_1 \cdot x_2 \quad (4)$$

По данным моделям для дальнейшего анализа в программе Wolfram Alpha Mathematica 11.3 были построены двумерные сечения поверхностей отклика для всех исследуемых тканей, представленные на рис. 2.

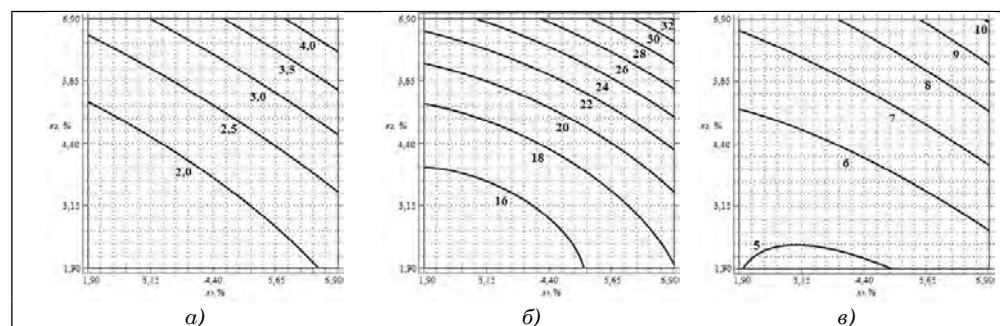


Рисунок 2. Двумерные сечения поверхности отклика моделей изменения воздухопроницаемости для тканей 9 (а), 10 (б), 11 (в)

Примечание: разработано авторами.

Из анализа двумерных сечений видно, что ткань 10, 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 (70 %), имеет наибольший процент повышения воздухопроницаемости (32 %) при равных величинах деформирования (по основе и утку на 6,9 %).

Ткань 9, 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 11, содержащая в утке лайкру и 43 % шерстяных волокон, также, как и ткань 9 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 + 50 текс) и значительно выше их крутку (650 против 550 кр/м). Структура ткани 11 за счет более низкой плотности по утку, более низкой линейной плотности нитей и более высокой их крутке, а также более низкого содержания шерстяных волокон, не смотря на наличие лайкры, оказалась более подвижной, что способствовало большему, чем у ткани 9 увеличению воздухопроницаемости.

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.

Источники

1. Куличенко, А. В. Воздухопроницаемость текстильных полотен / А. В. Куличенко. – СПб. : Издательско-полиграфическая ассоциация высших учебных заведений, 2023. – 366 с.

Kulichenko, A. V. Air permeability of textile fabrics / A. V. Kulichenko. – SPb. : Publishing and Printing Association of Higher Educational Institutions, 2023. – 366 p.

2. Рубцов, В. И. Особенности метода определения воздухопроницаемости различных тканей / В. И. Рубцов, Ю. С. Шустов, В. П. Зиновьев // Дизайн и технологии. – 2020. – № 77(119). – С. 78–88.

Rubtsov, V. I. Features of the method for determining the breathability of various tissues / V. I. Rubtsov, Yu. S. Shustov, V. P. Zinoviev // Design and Technologies. – 2020. – № 77(119). – P. 78–88.

3. Махкамова, Ш. Ф. Влияние влажно-тепловой обработки на степень разрушения эксплуатационных свойств тканей различного волокнистого состава / Ш. Ф. Махкамова, З. Ф. Валиева // Инновационные технологии в текстильной и легкой промышленности : Материалы Международной научно-технической конференции, Витебск, 13–14 ноября 2019 года. – Витебск: Витебский государственный технологический университет, 2019. – С. 284–287.

Makhkamova, Sh. F. The influence of wet-heat treatment on the degree of destruction of the operational properties of tissues of various fibrous composition / Sh. F. Makhkamova, Z. F. Valieva // Innovative technologies in the textile and light industry : Proceedings of the International Scientific and Technical Conference, Vitebsk, November 13–14, 2019. – Vitebsk: Vitebsk State Technological University, 2019. – P. 284–287.

4. Гапонова, Т. А. Разработка математических моделей для прогнозирования воздухопроницаемости и пористости полушерстяных камвольных тканей в процессе термофиксации / Т. А. Гапонова, В. В. Садовский, Л. О. Братченя // Потребительская кооперация. – 2020. – № 3(70). – С. 46–52.

Gaponova, T. A. Development of mathematical models for predicting the air permeability and porosity of woolen worsted fabrics in the process of thermal fixation / T. A. Gaponova, V. V. Sadovsky, L. O. Bratchenya // Consumer cooperation. – 2020. – № 3(70). – P. 46–52.

5. Гапонова, Т. А. Влияние влажно-тепловых операций отделки на воздухопроницаемость и связанные с ней свойства полушерстяных камвольных тканей костюмного назначения / Т. А. Гапонова, В. В. Садовский // Весн. Беларус. дзярж. экан. ун-та. – 2021. – № 6. – С. 38–47.

Gaponova, T. A. The influence of wet-thermal finishing operations on air permeability and related properties of wool worsted fabrics for costume purposes / T. A. Gaponova, V. V. Sadovsky. // Spring Belarus. dzyarzh. ekan. un-ta. – 2021. – No. 6. – P. 38–47.

6. Садовский, В. В. Исследование релаксации усилий в полушерстяных камвольных тканях при двухосном растяжении / В. В. Садовский, Т. А. Гапонова, Л. О. Братченя // Вестник Белорусского государственного экономического университета. – 2020. – № 3(140). – С. 47–56.

Sadovsky, V. V. Investigation of stress relaxation in woolen worsted fabrics under biaxial tension / V. V. Sadovsky, T. A. Gaponova, L. O. Bratchenya // Bulletin of the Belarusian State University of Economics. – 2020. – № 3(140). – P. 47–56.

Статья поступила в редакцию 28.11.2024.

УДК 339.564:664(476)

N. Svireyko
BSEU (Minsk)

THE MECHANISM OF PROMOTION FOOD PRODUCTS TO FOREIGN MARKETS

The article uses a systematic approach to consider the mechanism for promoting food products of Belarusian producers to foreign markets. The elements of this mechanism are: subjects, levels, purpose, tasks, tools, components, stages, principles, approaches, strategies. Recommendations are proposed for improving the promotion of food products on foreign markets based on the use of e-commerce opportunities.

Keywords: food industry; food products; production; export; foreign markets; product promotion mechanism; promotion tools; Republic of Belarus; national brands.