

УДК 677.017.62
DOI 10.47367/0021-3497_2026_1_132

**СРАВНИТЕЛЬНАЯ ОЦЕНКА УРОВНЯ КОМФОРТНОСТИ НАТУРАЛЬНЫХ
И ИСКУССТВЕННЫХ КОЖ ОДЕЖНОГО НАЗНАЧЕНИЯ**

**COMPARATIVE ASSESSMENT OF NATURAL
AND ARTIFICIAL LEATHER FOR CLOTHING PURPOSES COMFORT LEVEL**

Ю.И. МАРУЩАК, Н.Н. ЯСИНСКАЯ, Ю.С. ИВАНОВА

YU.I. MARUSHCHAK, N.N. YASINSKAYA, Y.S. IVANOVA

(Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь)

(Vitebsk State Technological University, Belarus)

E-mail: tonk.00@mail.ru, yasinskaynn@rambler.ru

В статье представлены результаты исследований уровня комфортности натуральных и искусственных кож одежного назначения с применением нового критерия оценки способности материалов обеспечивать температурный гомеостаз человека. Установлено, что паропроницаемость об-

разцов белорусского производства не меняется с увеличением толщины пористого полиуретанового слоя, такие материалы способны эффективно удалить до 25% максимально возможного количества влаги из пространства под одеждой, они обладают средним уровнем комфортности. Результаты исследований импортной "экокожи" свидетельствуют о низкой паропрооницаемости, такие материалы способны удалять не более 10% от заданного количества пара при усредненных условиях носки, что является минимальным уровнем комфортности материалов для одежды. Образцы натуральной кожи №13л и №10м с толщиной 1300 мкм и 900 мкм способны удалять не более 10% от заданного количества пара, в то время как остальные исследуемые образцы натуральной кожи достигают показателя до 25%. По результатам исследований установлено, что наибольшим значением критерия комфортности (K_k) обладает образец №13 $K_k=0,25$ с толщиной пористого полиуретанового покрытия 260 мкм. Другие образцы искусственной кожи белорусского производства продемонстрировали близкие результаты, колеблющиеся в диапазоне от 0,21 до 0,24. Это свидетельствует о конкурентных преимуществах данных материалов в сфере производства искусственной кожи одежного назначения.

The article presents the results of studies of natural and artificial leather for clothing purposes comfort level using a new criterion for assessing the ability of materials to ensure human temperature homeostasis. It has been established that the vapor permeability of Belarusian samples does not change with an increase in the thickness of the porous polyurethane layer. Such materials are able to effectively remove up to 25% of the maximum possible amount of moisture from the space under clothing, offering an average level of comfort. For imported "eco-leather", the results of studies indicate low vapor permeability, such materials are able to remove no more than 10% of the specified amount of vapor under average wearing conditions, which is the minimum comfort level of clothing materials. Samples of natural leather №13l and №10m with a thickness of 1300 μm and 900 μm are able to remove no more than 10% of the specified amount of vapor, while the other studied samples of natural leather reach an indicator of up to 25%. The study found that sample No. 13, with a $K_k=0.25$ comfort criterion (CC), had the highest comfort criterion (CC) with a porous polyurethane coating thickness of 260 μm . Other samples of artificial leather of Belarusian production demonstrated similar results, fluctuating in the range from 0.21 to 0.24. This indicates the competitive advantages of these materials in the sphere of production of artificial leather for clothing purposes.

Ключевые слова: критерий комфортности, паропрооницаемость, кожа, ткань с покрытием, экокожа, пористый полиуретан, полимер.

Keywords: comfort criterion, vapor permeability, leather, eco-leather, porosity, polyurethane, polymer.

Введение

Кожаные изделия, контактируя с телом человека, определяют микросреду его жизнедеятельности и условия функционирования организма [1]. Комфортность носки изделия определяется комплексом

свойств применяемого материала, влияющих на тактильное восприятие, теплообмен и общее ощущение удобства при контакте с ним.

Одежда из натуральных и искусственных материалов, в особенности кожа,

должна эффективно поддерживать тепловой баланс для обеспечения комфорта во время носки, формируя оптимальный микроклимат пододежного пространства. Способность организма сохранять стабильную внутреннюю температуру, независимо от внешних условий, называется температурным гомеостазом [2]. Эта функция осуществляется через сложную систему терморегуляции, которая включает в себя механизмы потоотделения, расширения сосудов и иные результаты влияния терморцепторов на центральную нервную систему [3]. Тем не менее поддержание гомеостаза может быть затруднено под влиянием одежды, не обеспечивающей достаточный уровень гигиенических свойств.

Натуральные и искусственные кожи широко применяются при производстве одежды второго и третьего слоя, поэтому такие материалы должны иметь оптимальные показатели гигиенических свойств, обеспечивающих удобство и комфорт в процессе эксплуатации. Так, на обеспечение оптимального пододежного микроклимата влияют такие свойства, как паропроницаемость, гигроскопичность, воздухопроницаемость [4]. Однако жалобы потребителей на "недышащую" кожу, приводящую к перегреванию или переохлаждению, подчеркивают актуальность дополнительных исследований, включающих оценку комфортности материала при эксплуатации готовых изделий.

Ключевым фактором, обеспечивающим температурный гомеостаз человека в одежде, является паропроницаемость материалов, поскольку именно этот показатель является мерой способности не препятствовать процессам терморегуляции, пропуская через свою структуру выделяемое организмом человека необходимое количество водяного пара [5]. Недостаточный уровень паропроницаемости ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека, в пространстве под одеждой, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств [6].

Большинство искусственных кож действительно обладает низкой паропроницаемостью, вызванной малой скоростью диффузии паров воды, так как на поверхности

образуется сплошная полимерная пленка [7, 8]. В настоящее время технологии производства искусственных кож совершенствуются и все большую популярность приобретает группа материалов на основе полиуретанов – ткани с микропористым полиуретановым покрытием (экокожа), напоминающие по своему виду натуральную кожу, в наибольшей степени приближающиеся к ней по комплексу показателей гигиенических свойств [7]. Пористые полиуретановые покрытия, обладая микроструктурами, способствуют эффективному влагоотведению и терморегуляции (рис. 1 – схема материалов с микропористым полиуретановым покрытием), что позволяет обеспечить оптимальные условия. Гигиенические свойства таких материалов зависят не только от состава полимерных композиций, но и от характера различных структурных элементов (надмолекулярные образования, волокна, поры) и их взаимосвязи при формировании макроструктуры, определяющей в конечном итоге фактуру материала.

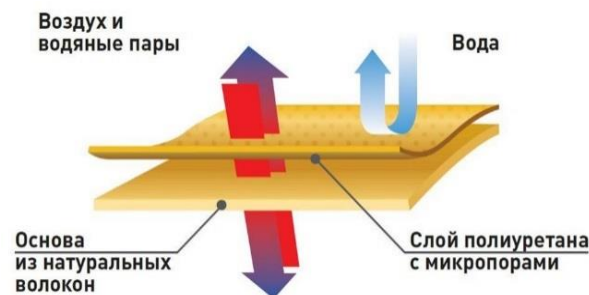


Рис. 1

Рассматриваемая искусственная кожа является недавней разработкой в Беларуси [7, 9], что требует проведения дополнительных исследований и прогнозирования комфортности эксплуатации изделия из такого материала. С целью объективной оценки качества материалов особое внимание следует уделить исследованию паропроницаемости как фактора, обеспечивающего комфортность эксплуатации готового изделия, и сравнению различных видов кожи (натуральная и искусственная импортная) одежного назначения.

Современные методы исследования паропроницаемости кожи часто базируются на

стандартизированных тестах, основанных на измерении количества водяного пара, проходящего через образец материала за определенное время [10, 11]. Однако эти методы не всегда адекватно отражают реальные условия носки одежды. Например, они не учитывают динамику потоотделения, воздействие внешней среды и индивидуальные особенности человека [12]. Изучение паропроницаемости материалов с полимерным покрытием является актуальной темой в области материаловедения, поэтому появляются новые методики оценки, в частности методика исследования паропроницаемости как функции обеспечения температурного гомеостаза [13], представляющая собой интегративный подход, включающий моделирование реальных условий носки одежды. Методика подразумевает исследование изменения паропроницаемости материала при изменении разности парциальных давлений водяных паров над и под образцом за счет регулировок температуры и влажности воздуха климатической камеры.

Целью данного исследования является оценка комфортности белорусских искусственных кож одежного назначения и сравнение с импортными аналогами и натуральными кожами с использованием нового критерия оценки способности материалов обеспечивать температурный гомеостаз человека. Полученная информация позволит осуществлять конфекционирование материалов для одежды с учетом условий эксплуатации изделия и разрабатывать более комфортную и гигиеничную одежду из натуральной и искусственной кожи, удовлетворяя потребности современного потребителя и учитывая требования моды.

Объект и методы исследований

В качестве объектов исследования выбраны образцы искусственной кожи различной толщины (ткань с пористым полиуретановым покрытием), полученные в производственных условиях ОАО "Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение", а также натуральная кожа и импортные образцы искусственной кожи. Характеристики образцов представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

Шифр	Материал-основа/ лицевой слой	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина полимерного слоя, мм	Толщина всего материала, мм	Производитель	Вид натуральной кожи
№1з	Х/б, ткань саржевого переплетения/ микропористый полиуретан	260	0,15	0,52	Беларусь	-
№2с		350	0,35	0,65		-
№3р		310	0,45	0,80		-
№4ч		390	0,72	0,91		-
№5си	Полиэстер, тканое полотно/ поливинилхлорид	500	0,4	0,70	Россия	-
№6б	Полиэстер, трикотажная основа/ полиуретан	280	0,17	0,45	Корея	-
№7чи	Х/б, ткань полотняного переплетения/ полиуретан	430	0,41	0,71	Китай	-
№8к	Полиуретановое покрытие	270	-	0,68	Китай	Хромового дубления, выделанная из шкур овец
№9д	Полиуретановое покрытие	350	-	0,79	Республика Беларусь	Хромового дубления, выделанная из шкур коз
№10м	Полиуретановое покрытие	400	-	0,91	Республика Беларусь	Хромового дубления, выделанная из шкур коз

№11в	-	310	-	0,80	Китай	Хромового дубления, выделанная из шкур овец
№12о	-	510	-	1,22	Италия	Растительного дубления, выделанная из шкуры оленя
№13л	Полиуретановое покрытие	810	-	1,22	Турция	Растительного дубления, выделанная из шкуры крупного рогатого скота (КРС)
№14чб	-	320	-	0,74	Турция	Хромового дубления, выделанная из шкуры овцы
№15чн	Полиуретановое покрытие	310	-	0,80	-	Растительного дубления, выделанная из шкуры овцы

Исследуемые образцы белорусского производства представляют собой искусственные кожи, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань саржевого переплетения. Полимерное покрытие формировали шаберным способом. В качестве первого слоя использовали соединение стабильной пены для образования эффекта искусственной кожи на основе полиуретана (анионное, рН 8-9). Второй слой представлял собой финишное покрытие (вязкость 20-30 dPas, рН 5-6) и применялся как верхний слой для улучшения гладкости поверхности и достижения сухого грифа. Импортные образцы искусственной кожи позиционируются производителями как "экокожа", применяемая для пошива одежды. В основе таких образцов используется тканое (полиэстер или хлопчатобумажное) или трикотажное полотно, а в качестве полимерного покрытия – полиуретан или поливинилхлорид. Образцы натуральной кожи представляют собой одежные кожи хромового или растительного дубления, выделанные из оленя, КРС, овцы, козы.

Исследование и оценка паропроницаемости как функции обеспечения температурного гомеостаза проводились по методике [13]. Для проведения испытания использовалось устройство, схема и принцип действия которого изложены в [14].

Испытание проводили с использованием климатической камеры УТН-408-40-1Р (Tuantaо, Китай), позволяющей создавать определенные условия среды (необходимые влажность и температуру). Образцом кожи, выкроенным в виде прямоугольника размером (11×12) см, плотно накрывали верх испытательной чаши, наполненной водой до определенного уровня. Образцы помещали в климатическую камеру с параметрами воздуха $T=(34\pm 2)^{\circ}\text{C}$, $W=(47\pm 4)\%$. После помещения образцов в камеру и настройки требуемых температурных режимов испытательную систему оставляли на 30 минут для достижения стабильного состояния. Указанные значения температуры и влажности соответствуют среднему значению разности парциальных давлений водяного пара для обобщенного диапазона носки одежды $\Delta P_{\text{min}}=2800$ Па. После термостатирования чаши доставали и последовательно взвешивали. Далее их снова ставили в камеру и выдерживали в течение трех часов. По истечении времени испытательные чаши снова взвешивали. Далее опыт повторяли, но при значениях температуры $T=(38\pm 2)^{\circ}\text{C}$ и влажности $W=(17\pm 4)\%$, соответствующих максимальному значению разности парциальных давлений водяного пара для обобщенного диапазона носки одежды $\Delta P_{\text{max}}=5600$ Па [13]. По следующей фор-

муле находили значение коэффициента паропроницаемости при ΔP_{\min} и ΔP_{\max} :

$$WVP = \frac{24\Delta m}{T(\pi r^2)}, \quad (1)$$

где Δm – разница масс для каждого значения влажности и температуры, г; T – длительность испытания, ч; πr^2 – площадь образца, m^2 .

Критерий комфортности K_k характеризует ту часть максимально возможных для организма человека влагопотерь, которая может быть удалена из пространства под одеждой за счет паропроницаемости материала. При этом градация базовых значений WVP соответствует градации влагопотерь организма человека при различных теплоощущениях. Зависимость WVP от ΔP , построенная по двум точкам (середина и конец диапазона носки), аппроксимируется прямой, которая пересекает границы требуемого значения WVP_{prec} для разных теплоощущений, сопоставляемые с уровнями активности человека, в некоторых точках T ($WVP_{\text{prec}} = 2667 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot 24 \text{ ч})$) и $Ж$ ($WVP_{\text{prec}} = 6001 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot 24 \text{ ч})$). Определив абсциссы X_T и $X_{Ж}$ точек пересечения прямой с указанными границами, можно рассчитать критерий комфортности K_0 (рис. 2 – схема для пояснения расчета критерия комфортности) [13].

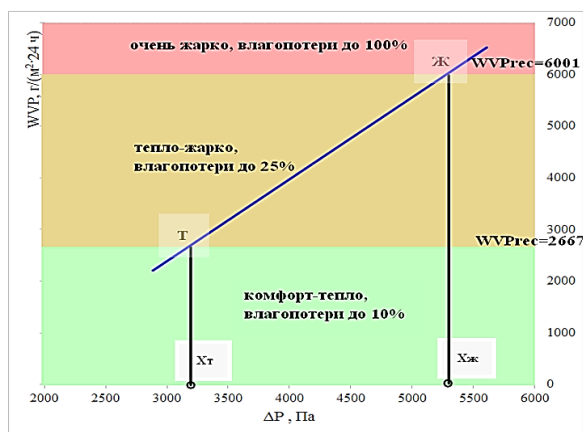


Рис. 2

В рамках данной работы обобщенный критерий K_0 комфортности рассчитывали без привязки к уровню активности носчика

и конкретному диапазону носки, в этом случае полагаем, что точки T ($WVP_{\text{prec}} = 2667 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot 24 \text{ ч})$) и $Ж$ ($WVP_{\text{prec}} = 6001 \text{ г}/(\text{м}^2 \cdot 24 \text{ ч})$) делят обобщенный диапазон носки одежды на зоны, в которых возможно различное по эффективности удаление влаги. При этом максимальные влагопотери, принимаемые за 100%, характерны для теплоощущения "очень жарко", при теплоощущениях "тепло-жарко" влагопотери составляют 25%, "комфорт-тепло" – 10%. Тогда расчет K_0 для усредненного диапазона носки одежды любого сезона запишется в виде формул:

$$K_0 = \frac{(5600 - x_{ж}) + 0,25 \cdot (x_{ж} - x_T) + 0,1 \cdot (x_T - 2800)}{2800}, \quad (2)$$

$$x_T = \frac{2800 \cdot (2667 - 2a + c)}{(c - a)}, \quad (3)$$

$$x_{ж} = \frac{2800 \cdot (6001 - 2a + c)}{(c - a)}. \quad (4)$$

При $x_T, x_{ж} > 5600$ принимаем $x_T, x_{ж} = 5600$, при $x_T < 2800$ принимаем $x_T = 2800$, $a = WVP_{2800}$, $c = WVP_{5600}$ [13].

Результаты и обсуждение

По экспериментально полученным значениям коэффициента паропроницаемости и разности парциального давления пара для каждого образца строили график возрастания коэффициента паропроницаемости при росте разницы парциального давления ΔP по обе стороны от образца. На рис. 3 представлены результаты для искусственных кож белорусского производства одежного назначения.

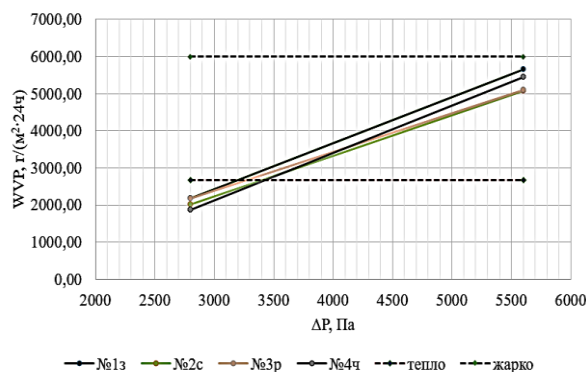


Рис. 3

На рис. 4 представлены графики возрастания коэффициента паропроницаемости для импортных искусственных кож одежного назначения ("экокожа").

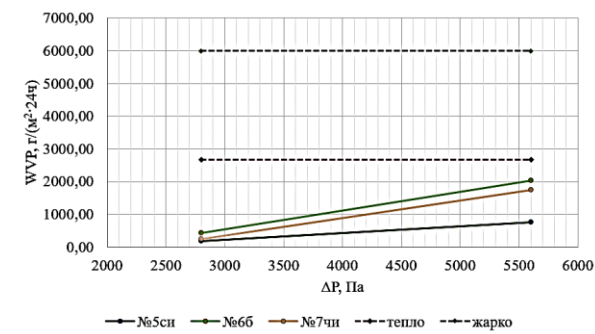


Рис. 4

тивного удаления паров воды из пододежного пространства при теплоощущениях "тепло" и "жарко" соответственно [13].

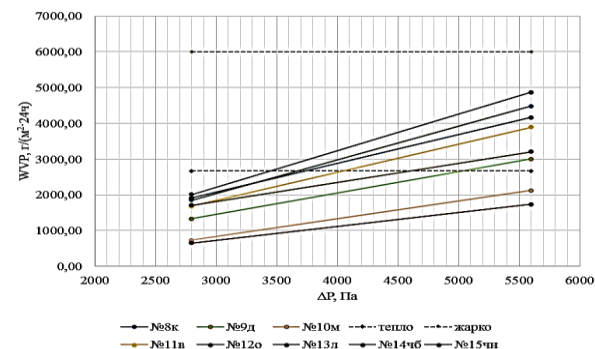


Рис. 5

На рис. 5 представлены графики возрастания коэффициента паропроницаемости для натуральных кож одежного назначения.

Горизонтальные линии на графике на уровне значений коэффициента водопаропроницаемости $WVP = 2667 \text{ г}/(\text{м}^2/24 \text{ ч})$ и $WVP = 6001 \text{ г}/(\text{м}^2/24 \text{ ч})$ обозначают минимально необходимое значение коэффициента водопаропроницаемости для эффек-

Для исследуемых образцов рассчитан критерий комфортности K_0 , результаты представлены в табл. 2. Результат корректировки значений X_T и X_J перед расчетом критерия K_0 (когда точки Т, Ж расположены вне исследуемого диапазона разности $\Delta P \{2800; 5600\}$) показан в таблице после стрелки.

Таблица 2

Шифр образца	Толщина материала, мм	Абсцисса точки пересечения с рекомендуемым значением коэффициента паропроницаемости, Па		Коэффициент паропроницаемости WVP, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot 24 \text{ ч})$		K_0
		X_T	X_J	при $\Delta P = 2800 \text{ Па}$	при $\Delta P = 5600 \text{ Па}$	
№1з	0,5	2298→2800	6280→5600	3087	5432	0,25
№2с	0,65	3359	677→5600	2121	4855	0,22
№3р	0,8	3157	6602→5600	2321	5031	0,231
№4ч	0,9	3233	6268→5600	2192	5267	0,227
№5си	0,7	15093→2800	31599→5600	184	749	0,1
№6б	0,45	6696→2800	12487→5600	424	2036	0,1
№7чи	0,7	7333→2800	13562→5600	240	1739	0,1
№8к	0,6	3671	7223→5600	1850	4478	0,2
№9д	0,8	5035	10614→5600	1332	3005	0,13
№10м	0,9	6700→2800	13414→5600	731	2121	0,1
№11в	0,8	4048	8285→5600	1685	3888	0,18
№12о	1,3	3743	7891→5600	1909	4159	0,2
№13л	1,3	8015→2800	16626→5600	648	1732	0,1
№14чб	0,7	3449	6710→5600	2003	4866	0,22
№15чн	0,8	4593	10832→5600	1709	3205	0,15

Анализируя данные, представленные в табл. 2, можно сделать вывод, что для образцов №1з, №2с, №3р, №4ч увеличение толщины пористого полиуретанового слоя

не оказывает влияние на критерий комфортности и показатель паропроницаемости. Проницаемость пористого полиуретана определяется его структурой и микропорами.

При увеличении толщины материала пористая структура не меняется. Это означает, что размеры и количество пор, влияющих на движение влаги, остаются неизменными независимо от толщины. По результатам исследований установлено, что на всем диапазоне носки образцы №1з, №2с, №3р, №4ч способны эффективно удалить до 25% максимально возможного количества влаги из пространства под одеждой, такие материалы обладают средним уровнем комфортности, они могут обеспечивать адекватные условия для повседневного использования.

Для образцов №5си, №6б, №7чи характерны низкие показатели паропрооницаемости – ниже границы "тепло". Полученные данные свидетельствуют о том, что эти материалы выводят не более 10% выделяемого человеком пара в условиях средней активности. Это ниже допустимого уровня для обеспечения комфорта и гигиены при носке. Недостаточный отвод влаги приводит к перегреву тела, образованию конденсата внутри одежды, возникновению дискомфорта, а в долгосрочной перспективе – к различным кожным заболеваниям. Проблема низкой паропрооницаемости может быть обусловлена несколькими факторами. Во-первых, состав материала. В образце №5си использовано поливинилхлоридное покрытие (ПВХ), обладающее низкой воздухо- и паропрооницаемостью, что делает материал непроницаемым для влаги. Во-вторых, важную роль играет структура поверхности материала. Необходимо создание такой микропористой структуры, которая обеспечит капиллярный эффект и улучшит паропрооницаемость. В-третьих, на паропрооницаемость влияет качество и тип основы. Использование более тонких и проницаемых тканей в качестве основы может улучшить ситуацию, но не решит проблему кардинально, если сама полимерная пленка обладает низкой паропрооницаемостью. Применение данного материала в производстве одежды следует считать нецелесообразным.

Анализируя графики возрастания коэффициента паропрооницаемости для натуральных кож (рис. 5), можно заметить, что образцы №1з и №10м с толщиной материала 1300 мкм и 900 мкм соответственно

находятся ниже границы "тепло" и могут удалять не более 10% от заданного количества пара, в то время как остальные образцы пересекают ее и могут удалять до 25% влаги. Различия в показателях комфортности образцов №1з (1300 мкм), №10м (900 мкм) и №12о (1300 мкм), несмотря на одинаковую толщину, могут быть объяснены различиями в структуре самой кожи. Образец №12о, несмотря на большую толщину, обладает более рыхлой структурой с большим количеством пор и капилляров, обеспечивающих более высокую паропрооницаемость. Закономерность "толщина – паропрооницаемость" для натуральной кожи не является линейной и однозначной.

По результатам исследований установлено, что наибольшим значением критерия комфортности обладает образец №1з ($K_{к1з}=0,25$) с толщиной пористого полиуретанового покрытия 260 мкм. Образцы искусственной кожи №2с, №3р, №4ч, хотя и не достигли значения $K_{к1з}=0,25$, однако продемонстрировали близкие результаты, колеблющиеся в диапазоне от 0,21 до 0,24. Это свидетельствует о конкурентных преимуществах данных материалов в сфере производства искусственной кожи одежного назначения. Анализ микроструктуры данных образцов выявил хорошую пористость, что, вероятно, является ключевым фактором, определяющим значение критерия комфортности. В сравнении с образцами натуральных кож, которые показали значения K в диапазоне от 0,15 до 0,20, образцы №1з, №2с, №3р, №4ч демонстрируют преимущество.

ВЫВОДЫ

Проведенные исследования паропрооницаемости искусственных кож показали, что варьирование толщины пористого полиуретанового слоя не оказывает влияния на эффективность удаления влаги. Паропрооницаемость определяется не столько самой толщиной, сколько свойствами материала, такими как размер пор и их распределение. При увеличении толщины сопротивление потоку пара может незначительно увеличиваться, но это изменение несущественно по

сравнению с общей проницаемостью, которая определяется более стабильными факторами. Таким образом, с увеличением толщины пористого полиуретана не происходит заметного изменения в его способности пропускать водяной пар.

Сравнивая между собой исследуемые образцы, можно сделать вывод, что наиболее комфортными из представленных являются искусственные кожи одежного назначения №1з, №2с, №3р, №4ч, что подтверждается более высокими показателями критерия комфортности (0,22...0,25), они способны эффективно удалить до 25% максимально возможного количества влаги из пространства под одеждой. Также хорошие результаты показали образцы натуральной кожи с маркировкой №8к, №12о, №14чб, №11в, критерий комфортности для которых варьируется от 0,18 до 0,22. Остальные образцы натуральной кожи показали более низкие значения критерия (0,1...0,15). Это может свидетельствовать о недостаточной обработке, использовании некачественного сырья или неправильном подборе дубящих веществ. Образцы №5си, №6б, №7чи показали минимальный уровень комфортности (0,1). Данные материалы способны удалять не более 10% от заданного количества пара при усредненных условиях носки. Низкий показатель критерия может быть обусловлен низким качеством используемых материалов, неэффективной технологией производства или несоответствием требований к экологичности и безопасности. Таким образом, несмотря на имеющиеся технологические решения, улучшающие свойства материалов, большая часть производимых промышленностью искусственных кож все еще не обладает необходимой паропроницаемостью. Представленные результаты свидетельствуют о перспективности использования белорусской искусственной кожи с полиуретановым покрытием в производстве одежды.

Полученные результаты подчеркивают важность контроля качества и оптимизации технологических процессов при производстве как натуральной, так и искусственной кожи для обеспечения высокого уровня комфорта потребителя и минимизации

риска возникновения негативных последствий для здоровья.

ЛИТЕРАТУРА

1. Андрианова Г.П. Технология переработки пластических масс и эластомеров в производстве полимерных пленочных материалов и искусственной кожи. М.: КолосС, 2008. 367 с.
2. Zion Michal ve Sara Klein. Conceptual understanding of homeostasis // International Journal Of Biology Education. 2015. 4 (1). P. 1...27.
3. Morrison S.F., Nakamura K. Central Mechanisms for Thermoregulation // Annual Review of Physiology. 2019. Vol. 81:285-308. P. 285...308.
4. Гаврилова И.В., Никитина Л.Л. Улучшение эргономических свойств изделий легкой промышленности из искусственной кожи // Фундаментальные и прикладные проблемы создания материалов и аспекты технологий текстильной и легкой промышленности. Казань, 2019. С. 196...199.
5. Панкевич Д.К. Разработка критерия оценки способности материалов для водозащитной одежды обеспечивать температурный гомеостаз // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. №1 (409). С. 61...70.
6. Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н. Сравнительная оценка эргономических свойств тканей с полиуретановым покрытием // Вестник ВГТУ. 2024. №2. С. 9...17.
7. Ясинская Н.Н., Марущак Ю.И., Скобова Н.В. Влияние кратности вспенивания полиуретановой композиции и толщины нанесенного слоя на потребительские свойства искусственных кож // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2024. №2 (410). С. 225...232.
8. Qian C., Chen L.M., Fan L.H. The present situation and development of synthetic leather base // J Ind Textil, 2005. №4. P. 5...9.
9. Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н., Петюль И.А. Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож // Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности. 2023. №2 (404). С. 103...111.
10. Панкевич Д.К., Шеремет Е.А., Князева А.И. Анализ требований к водопаропроницаемости композиционных текстильных материалов с мембранным слоем // Материалы и технологии. 2022. №1(9). С. 39...44
11. Ивашико Е.И., Панкевич Д.К. Паропроницаемость мембранных текстильных материалов в условиях, близких к эксплуатационным // Вестник ВГТУ. 2022. №2 (43). С. 47...52.
12. Leqi L., Shuo S., Dong W. etc. Recent Advances in Thermoregulatory Clothing: Materials, Mechanisms, and Perspectives // ACS Nano. 2023. №17 (3). P. 1803...1830.
13. Панкевич Д.К. Водопаропроницаемость материалов для одежды: новые критерии и методика оценки // Дизайн и технологии. 2024. № 100 (142). С. 62...72.

14. Пат. 13087 ВУ МПК G 01N 15/00 (2006.01). Устройство для контроля паропроницаемости материалов.

15. *Панкевич Д.К.* Оценка водопаропроницаемости материалов для водозащитной одежды методами лабораторных исследований и экспериментальной носки // Известия высших учебных заведений. Технология легкой промышленности. 2024. Т. 68, № 4. С. 68...74.

REFERENCES

1. *Andrianova G.P.* Technology of processing plastics and elastomers in the production of polymer film materials and artificial leather. Moscow: KolosS. 2008. 367 p.

2. *Zion Michal ve Sara Klein.* Conceptual understanding of homeostasis // International Journal Of Biology Education. 2015. 4 (1). P. 1...27.

3. *Morrison S.F., Nakamura K.* Central Mechanisms for Thermoregulation // Annual Review of Physiology. 2019. Vol. 81:285-308. P. 285...308.

4. *Gavrilova I.V., Nikitina L.L.* Improving the ergonomic properties of light industry products made of artificial leather // Fundamental and applied problems of creating materials and aspects of textile and light industry technologies" Kazan, 2019. Pp. 196...199.

5. *Pankevich, D.K.* Development of criteria for assessing the ability of materials for waterproof clothing to ensure temperature homeostasis // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 1 (409). Pp. 61...70.

6. *Marushchak Yu.I., Yasinskaya N.N.* Comparative assessment of the ergonomic properties of fabrics with polyurethane coating // Vestnik of the Vitebsk State Technological University. 2024. No. 2. Pp. 9...17.

7. *Yasinskaya N.N., Marushchak Yu.I., Skobova N.V.* Influence of foaming rate of polyurethane composition and thickness of applied layer on consumer properties of artificial leather // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh

Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2024. No. 2 (410). P. 225...232.

8. *Qian C., Chen L.M., Fan L.H.* The present situation and development of synthetic leather base // J Ind Textil, 2005. No. 4. P. 5...9.

9. *Marushchak Yu.I., Yasinskaya N.N., Petyul I.A.* Development of quality indicators nomenclature and evaluation of eco-leather properties // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2023. No. 2 (404). P. 103...111.

10. *Pankevich D.K., Sheremet E.A., Knyazeva A.I.* Analysis of requirements for water vapor permeability of composite textile materials with a membrane layer // Materials and Technologies. 2022. No. 1 (9). P. 39...44.

11. *Ivashko E.I., Pankevich D.K.* Water vapor permeability of membrane textile materials under conditions close to operational // Vestnik of the Vitebsk State Technological University. 2022. No. 2 (43). P. 47...52.

12. *Leqi L., Shuo S., Dong W. etc.* Recent Advances in Thermoregulatory Clothing: Materials, Mechanisms, and Perspectives // ACS Nano. 2023. No. 17 (3). P. 1803...1830.

13. *Pankevich D.K.* Water vapor permeability of clothing materials: new criteria and assessment methods // Design and Technology. 2024. No. 100 (142). P. 62...72.

14. Пат. 13087 ВУ МПК G 01N 15/00 (2006.01). Device for monitoring the vapor permeability of materials.

15. *Pankevich D.K.* Evaluation of water vapor permeability of materials for waterproof clothing by laboratory research methods and experimental wear // Technology of Light Industry. The News of higher educational institutions. 2024. Vol. 68. No. 4. P. 68...74.

Рекомендована кафедрой экологии и химических технологий ВГТУ. Поступила 20.05.25.