

**Влияние внешних факторов на качественные показатели тканей с пористым полиуретановым покрытием****Ю. И. Марущак,  
Н. Н. Ясинская***Витебский государственный технологический университет,  
Республика Беларусь*

**Аннотация.** Качество тканей с пористым полиуретановым покрытием проявляется через потребительские свойства, поэтому представляет практический интерес изучения влияния различных условий эксплуатации (внешних факторов) на эти свойства. Авторами разработана и внедрена технология, а также выпущены опытные партии тканей с пористым полиуретановым покрытием, предназначенные для изготовления одежды второго и третьего слоев. Информация об устойчивости таких материалов к внешним воздействиям отсутствует, что обосновывает актуальность проведенных исследований в данной работе. Цель работы – установить влияние наиболее значимых внешних факторов (истирание, действие пониженных и повышенных температур) на качественные показатели тканей с пористым полиуретановым покрытием одежного назначения. Проведение данных исследований необходимо для надёжной эксплуатации изделий. Полученные результаты позволят осуществлять конфекционирование материалов для одежды с учетом условий эксплуатации изделия.

В статье приведены результаты исследования влияния истирания на целостность полимерного покрытия, изучена слипаемость полимерного слоя материала под действием повышенной температуры, а также отражено действие пониженных и повышенных температур на качественные показатели тканей с пористым полиуретановым покрытием одежного назначения. По результатам исследований установлено, что исследуемый материал не подвержен слипанию под действием повышенных температур, образцы выдерживают до 500 циклов истирания (в зависимости от толщины вспененного полиуретанового слоя). Исследовано влияние пониженных ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ), и повышенных температур ( $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ,  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) на следующие показатели: разрывная нагрузка и разрывное удлинение, паро- и воздухопроницаемость, устойчивость полимерного покрытия к истиранию. Температуры выбраны с учетом условий окружающей среды, а также с учетом научных работ авторов, занимающихся исследованиями в аналогичных областях. Температура  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  выбрана с учетом возможного в условиях эксплуатации нагрева, например, в салоне автомобиля в летнее время года или нагрева при влажно-тепловой обработке. Воздействие пониженной ( $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) и повышенной температуры ( $+35\text{ }^{\circ}\text{C}$ ) не оказывает существенного влияния на устойчивость лицевого слоя к истиранию. После выдерживания образцов при температуре  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$  происходит снижение количества циклов, которые выдерживает образец до начала разрушения полимерного покрытия. Белорусские ткани с пористым полиуретановым покрытием выдерживают температуры от  $-20\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $+70\text{ }^{\circ}\text{C}$ , сохраняя при этом показатели паро- и воздухопроницаемости, разрывной нагрузки и разрывного удлинения в пределах рекомендуемых значений. Исследуемые материалы, производимые по современной технологии, имитируют натуральную кожу, не уступают по качеству зарубежным аналогам и могут стать доступной альтернативой натуральной коже при изготовлении изделий легкой промышленности.

**Ключевые слова:** пористый полиуретан, устойчивость к истиранию, слипаемость, воздухопроницаемость, паропроницаемость, повышенные температуры, пониженные температуры.

**Информация о статье:** поступила 09 сентября 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада Международной научно-технической конференции «Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2024)», которая состоялась 20–21 ноября 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

## Influence of external factors on the quality indicators of fabrics with porous polyurethane coating

Yulia I. Maruschak, Vitebsk State Technological University,  
Natallia N. Yasinskaya Republic of Belarus

**Abstract.** The quality of fabrics with a porous polyurethane coating is manifested through consumer properties, and therefore it is of practical interest to study the influence of various operating conditions (external factors) on these properties. The authors have developed and implemented a technology and also released pilot batches of fabrics with a porous polyurethane coating intended for the manufacture of second- and third-layer clothing. However, there is no information on the resistance of such materials to external influences, which justifies the relevance of the studies conducted in this work. The purpose of the work is to determine the influence of the most significant external factors (abrasion, the effect of low and high temperatures) on the quality indicators of fabrics with a porous polyurethane coating for clothing purposes. Conducting these studies is essential for ensuring the reliable operation of products. The results obtained will allow the confection of materials for clothing, taking into account the operating conditions of the product.

The article presents the results of a study of the effect of abrasion on the integrity of the polymer coating, examines the adhesion of the polymer layer of the material under the influence of elevated temperatures, and investigates the effect of low and high temperatures on the quality indicators of fabrics with a porous polyurethane coating for clothing purposes. The results of the studies showed that the material under study is not subject to sticking under the influence of elevated temperatures; the samples can withstand up to 500 abrasion cycles (depending on the thickness of the foamed polyurethane layer). The effect of low (-20 °C) and high temperatures (+35 °C, +70 °C) on the following parameters was studied: breaking load and breaking elongation, vapor and air permeability, and abrasion resistance of the polymer coating. The temperatures were selected taking into account environmental conditions, as well as the scientific works of the authors engaged in research in similar areas. The temperature of +70 °C was selected taking into account possible heating under operating conditions, for example, in a car interior in the summer or heating during wet-heat treatment. Low (-20 °C) and high (+35 °C) temperatures do not significantly affect the abrasion resistance of the face layer. After keeping the samples at a temperature of +70 °C, the number of cycles that the sample can withstand before the polymer coating begins to deteriorate decreases. Manufactured in Belarus fabrics with a porous polyurethane coating can withstand temperatures from -20 °C to +70 °C, while maintaining the indicators of vapor and air permeability, breaking load and breaking elongation within the recommended values. The studied materials, produced using modern technology, imitate natural leather, are not inferior in quality to foreign analogues and can become an affordable alternative to natural leather in the manufacture of light industry products.

**Keywords:** porous polyurethane, abrasion resistance, sticking, air permeability, vapor permeability, high temperatures, lower temperatures.

**Article info:** received September 09, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the International Scientific and Technical Conference "International Conference on Textile and Apparel Innovation" (ICTAI-2024), held on November 20–21, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

### Введение

Одним из наиболее часто применяемых полимерно-текстильных материалов в легкой промышленности, используемых при пошиве изделий, является искусственная кожа [Вишневецкая, 2016]. Такие материалы

имеют определенные преимущества по сравнению с натуральными кожами: позволяют обеспечить более низкую массу изделия; удешевить процесс производства; разнообразить внешний вид изделий за счет фактур, имитирующих различную меру натуральных

кож; обеспечить хорошие функциональные характеристики (Гаврилова и Никитина, 2014; Кудринский и Тюрин, 2022; Meyer M. et al., 2021). При рассмотрении вопроса о возможности использования искусственных кож для изготовления каких-либо изделий существенную роль играют их гигиенические свойства. Особенно важно, чтобы ими обладали материалы, непосредственно соприкасающиеся с телом человека. Однако большинство выпускаемых искусственных кож обладают низкими гигиеническими свойствами, так как на поверхности образуется сплошная полимерная пленка, делающая материал непроницаемым (Ясинская, Марущак, Скобова, 2024). В настоящее время технологии производства совершенствуются и популярность приобретают натуральные хлопчатобумажные ткани с пористым полиуретановым покрытием одежного назначения (экокожи), напоминающие по своему виду натуральную кожу, обладающие лучшими показателями паро- и воздухопроницаемости в сравнении с искусственными кожами такого же назначения (Марущак и Ясинская, 2024).

Ткани с пористым полиуретановым покрытием и изделия из них подвержены естественному старению, но также влияние на качество оказывают внешние факторы, действие которых приводит к изменению исходных характеристик материала. Происходит это в процессе изготовления изделий, при транспортировке и хранении, во время эксплуатации и при стирке.

Причины износа или внешние влияющие факторы разделяют на следующие группы: механические – многократные деформации растяжения, изгиба, трения (стирание); физико-химические – действие света, температуры, влаги, химических веществ, содержащихся в атмосфере, в поте, в моющих жидкостях и чистящих средствах; биологические – разрушение микроорганизмами и повреждение насекомыми; комплексные – действие погоды, стирки, химической чистки, носки (Агеева, 2021). Виды факторов, их количество и характер взаимодействия зависят от вида изделия и условий его эксплуатации (Агеева, 2021). Значимость факторов внутри группы различна и среди них всегда можно выделить два – три, определяющих износ. Воздействие перечисленных факторов вызывают изменения в структуре текстильного материала, что приводит в дальнейшем к его ускоренной деструкции. В результате изнашивания материала изделие становится непригодным для дальнейшей эксплуатации.

Качество текстильных материалов, прежде всего, проявляется через потребительские свойства, поэтому практический интерес представляет изучение влияния условий эксплуатации на эти свойства (Марущак, Ясинская, Петюль, 2023). Цель работы – установить влияние наиболее значимых внешних факторов (стирание, действие пониженных и повышенных температур) на качественные показатели тканей с пористым полиуретановым покрытием одежного назначения. Проведение данных исследований необходимо для надёжной эксплуатации изделий из материалов белорусского производства. Полученные результаты позволят осуществлять конфекционирование материалов для одежды с учетом условий эксплуатации изделия.

#### **Объект и методы исследования**

В качестве объектов исследования выбраны образцы опытно-промышленной партии тканей с пористым полиуретановым покрытием (ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение») различной поверхностной плотности и толщины, предназначенные для пошива одежды второго и третьего слоев. Технология производства исследуемого материала разработана авторами и представителями предприятия. Образцы представляют собой композит, образованный сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань саржевого переплетения. Лицевой слой представляет собой пористый полиуретан. Благодаря своей молекулярной структуре полиуретан обладает как прочностью, так и эластичностью, что является уникальным свойством. Полиуретановые композиции, в отличие от винила, не требуют добавления пластификаторов, ткань с таким полимером не растрескивается под действием пониженных температур, не подвержена слипанию под действием повышенных температур, а остается мягкой и эластичной в течение всего времени эксплуатации (Huantian C. et al., 2013). Характеристика образцов представлена в таблице 1.

Свойства материала определяли в соответствии со стандартными методиками. Устойчивость к стиранию проводили на приборе ДИТ-М. В качестве абразива использовали серошинельное сукно. Испытывали ткани с покрытием при скорости вращения головки прибора 100 об/мин. За результат измерения принимали число циклов вращения головки прибора, при котором произошло визуально регистрируемое разрушение полимерного слоя образца. Для оценки слипаемости тканей с полимерным покрытием под действием тем-

Таблица 1 – Характеристика образцов

Table 1 – Characteristics of samples

Шифр образца	№ 1Ч	№ 2Г	№ 3С	№ 4Р	№ 5Ч
Толщина PU покрытия, мм	1,1	0,6	0,22	0,4	0,7
Толщина материала, мм	1,35	0,88	0,47	0,7	1,1
Поверхностная плотность г/м <sup>2</sup>	440	340	230	300	390

ператур руководствовались ГОСТ Р 5978 «Ткани с резиновым или полимерным покрытием. Метод определения устойчивости к слипанию». Разрывную нагрузку и разрывное удлинение определяли в соответствии с ГОСТ ISO 1421 «Материалы с резиновым или пластмассовым покрытием. Определение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве». Для исследования паропрооницаемости материалов был выбран гравиметрический метод, реализованный с помощью анализатора влажности «Radwag» М-50. За основу взята методика, отраженная в ГОСТ 22900-78 «Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропрооницаемости и влагопоглощения» и рекомендации разработчика прибора. Температуру в камере прибора контролировали в течение всего опыта (40 °С). Время термостатирования – 30 минут, время испытания – 1 час [Марущак и Ясинская, 2024]. Коэффициент паропрооницаемости определяли расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала, к площади образца материала и времени испытания. Гигиенический показатель «воздухопроницаемость» полученного материала имеет диапазон изменения, близкий к плотным текстильным материалам (плащевые и курточные

ткани) при определении по методике по ГОСТ 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости». Для исследования воздухопроницаемости руководствовались данным ГОСТ

В таблице 2 представлены нормируемые и рекомендуемые значения физико-механических и гигиенических свойств искусственных кож и материалов одежного назначения для второго слоя. В качестве нормативных документов выбраны: ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности», ГОСТ Р 55303 «Одежда верхняя из плащевых и дублированных материалов, искусственной кожи и замши. Общие технические условия», ГОСТ 28461 «Кожа искусственная одежная. Общие технические условия».

Для оценки качества тканей с пористым полиуретановым покрытием и изучения их устойчивости к изменяющимся условиям окружающей среды подготавливали образцы в соответствии со схемой, представленной на рисунке 1.

Температуры выбраны с учетом условий окружающей среды, а также с учетом научных работ авторов, занимающихся исследованиями в аналогичных областях

Таблица 2 – Нормируемые и рекомендуемые значения физико-механических и гигиенических свойств

Table 2 – Standardized and recommended values of physical, mechanical and hygienic properties

Наименование показателя	ТР ТС 017	ГОСТ Р 55303* для взрослых	ГОСТ 28461* для вида В	Литература (Бацукова и др., 2020)
Разрывная нагрузка, Н основа/уток, не менее	-	-	150/100	-
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с, не менее	60	60	-	30 (30-50)
Коэффициент паропрооницаемости, мг/см <sup>2</sup> ·ч	-	-	-	3,5-4

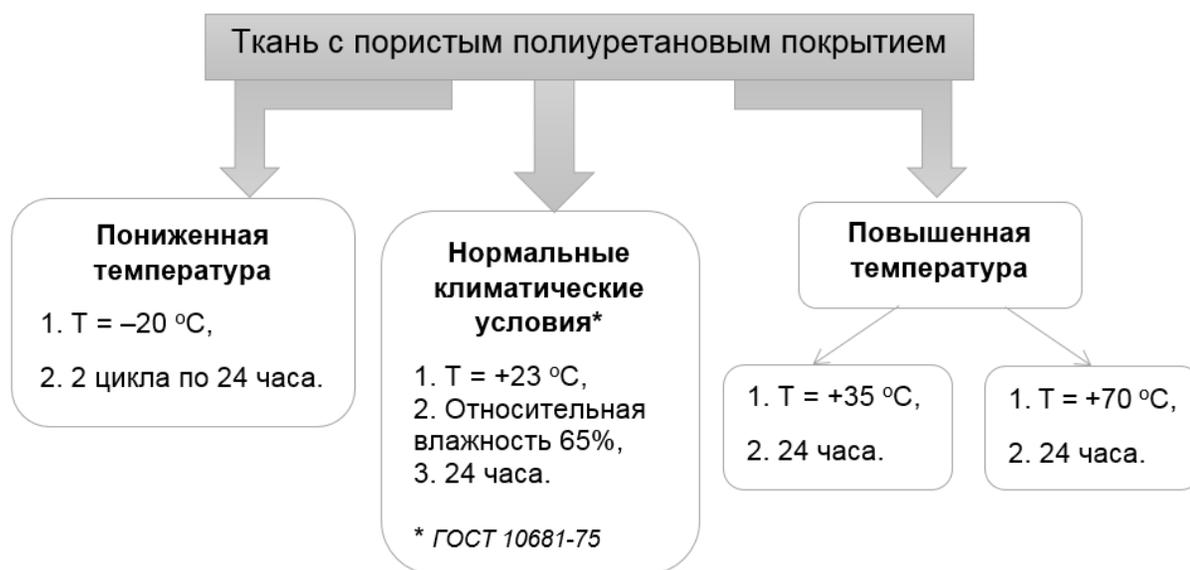


Рисунок 1 – Схема подготовки образцов  
Figure 1 – Sample preparation scheme

[Бесшапошникова, Климова, Ковалева, 2018; Парвицкая и др., 2019; Suduo X., Yan F., Guojun S., 2022; Sureshkumar P.S., et al., 2012]. Температура +70 °C выбрана с учетом возможного в условиях эксплуатации нагрева, например, в салоне автомобиля в летнее время года или нагрева при влажно-тепловой обработке. Подготовленные образцы исследовали по показателям: устойчивость к истиранию, паро- и воздухопроницаемость, разрывная нагрузка и удлинение.

#### Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Анализ литературных источников показал, что большая доля механического износа приходится на истирание, меньшая – на многократные деформации растяжения и изгиба [Бекашева, 2015; Zhang, Y. и Zhang, Q., 2012]. Истирание происходит вследствие внешнего трения текстильного материала о другие поверхности, которое сопровождается постепенным осыпанием полимерного покрытия, и, как следствие, разрушением материала. По результатам исследования установлено, что образец № 14 выдерживает 497 циклов до начала разрушения, образец № 2Г – 402, образец № 3С – 327, образец № 4Р – 335, образец № 5Ч – 529. По получен-

ным данным подтвердилось предположение, что с увеличением толщины полимерного покрытия количество циклов, которое выдерживает образец при истирании, увеличивается. Наиболее устойчивыми к истиранию являются образцы № 14 и № 5Ч с наибольшей толщиной пористого полиуретанового покрытия 1,1 мм и 0,7 мм соответственно.

Для оценки слипаемости полимерных покрытий испытываемых образцов под действием температур подготовлены квадратные образцы со стороной 150 мм. Образцы располагали лицевой стороной к лицевой. Под действием груза 5 кг образцы выдерживали в печи в течение 3 часов при температуре (70±2) °C. По результатам исследования слипаемости образцов установлено: образцы № 3С, 4Р – 1 балл («отсутствие слипания»: полимерные покрытия разделяются без каких-либо признаков слипания), образцы № 14, 2Г, 5Ч – 2 балла («незначительное слипание»: при разделении имеет место отдельное слипание полимерных покрытий без разрушения покрытия).

На рисунке 2 представлены диаграммы, отражающие результаты измерения устойчивости к истиранию исследуемых образцов при пониженной температуре

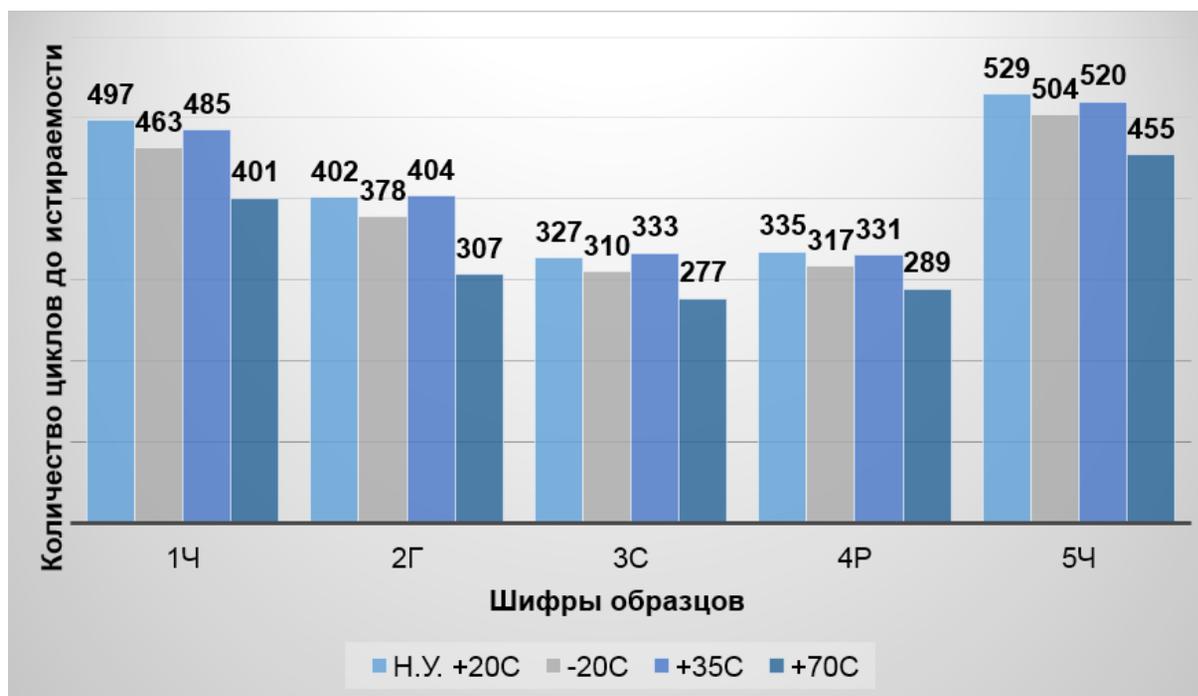


Рисунок 2 – Диаграммы изменения устойчивости к истиранию  
Figure 2 – Diagrams of changes in abrasion resistance

(-20 °С) и повышенных (+35 °С, +70 °С).

Воздействие пониженной температуры (-20 °С) и повышенной температуры (+35 °С) не оказывает существенного влияния на устойчивость лицевого слоя к истиранию, что видно по диаграмме, представленной на рисунке 2. После выдерживания образцов при температуре +70 °С происходит снижение количества циклов, которые выдерживает ткань с покрытием до начала разрушения полимерного слоя. В процентном выражении для каждого из образцов в среднем это составило: при -20 °С падение показателя на 6 %, при +35 °С падение не превышает 2 %, а при +70 °С составило от 14 до 24 %.

В таблице 3 представлены результаты исследований влияния пониженной и повышенных температур на разрывную нагрузку и удлинение, а также на показатели паро- и воздухопроницаемости опытных образцов.

Анализируя данные, представленные в таблице 3, можно сделать вывод, что образцы, имеющие толщину всего материала в диапазоне 0,7–1,1 мм (№ 2Г, № 4Р, № 5Ч) обладают наилучшими показателями паро- и

воздухопроницаемости. Снижение толщины материала до 0,47 мм (образец № 3С) и увеличение до 1,35 мм (образец № 1Ч) влечет за собой незначительное снижение коэффициента паропроницаемости и падение воздухопроницаемости на 40–50 %. Повышение температуры до +35 °С не оказывает существенного влияния на свойства тканей с покрытием, значения показателей находятся в рекомендуемых границах. Нагрев образцов до +70 °С оказывает влияние на изменение прочности как в основном, так и в уточном направлениях. Прочность тканей снижается в среднем на 16 % по сравнению с их прочностью при нормальных условиях. Также снижаются значения показателей паро- и воздухопроницаемости. После воздействия повышенной температуры на образец № 5Ч воздухопроницаемость снижается до 29,6 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с, что ниже рекомендуемого значения 30–50 дм<sup>3</sup>/м<sup>2</sup>·с [Бацукова и др., 2020]. После выдерживания образцов в условиях пониженных температур значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения, а также паро- и воздухопроницаемость снижаются.

Таблица 3 – Результаты исследований влияния пониженной и повышенных температур на качество тканей с полиуретановым покрытием

Table 3 – Results of studies of the effect of low and high temperatures on the quality of fabrics with polyurethane coating

Показатель	Значения показателей				
	№ 1Ч	№ 2Г	№ 3С	№ 4Р	№ 5Ч
Разрывная нагрузка, Н основа/уток					
+23 °С	770/619	1253/788	1213/759	662/358	568/441
-20 °С	707/512	1068/687	1117/659	601/312	526/419
+35 °С	745/565	1206/745	1152/678	635/334	548/426
+70 °С	676/504	997/657	1048/604	598/305	501/403
Разрывное удлинение, % основа/уток					
+23 °С	11,5/25,5	18/25,5	16,5/23,5	21/31	24/29
-20 °С	10,9/25	17,9/24,4	16,2/23,3	20,5/30,9	23,8/27,8
+35 °С	9,9/23,5	16,7/23,5	14,3/21,6	19,7/29	23,5/28,1
+70 °С	7,8/22,7	13,4/19	12,8/20,5	18,3/17,9	21,1/26,9
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с					
+23 °С	32,4	43,9	38,7	62,4	64,7
-20 °С	30,1	40,1	35,5	59,7	61,3
+35 °С	31,5	41,7	36,3	60,8	62,4
+70 °С	29,6	34,4	35,1	58,9	56,5
Коэффициент паропроницаемости, мг/см <sup>2</sup> ·ч					
+23 °С	13,4	15,4	14,7	16,5	16
-20 °С	13,5	15,3	14,6	16,4	16,1
+35 °С	13,3	15,2	14,7	16,3	16,1
+70 °С	13,2	14,7	13,8	16,0	15,8

Уменьшение гигиенических показателей не превышает 5 %, что является не значительным изменением. Снижение значений разрывной нагрузки и удлинения обусловлено тем, что высокая подвижность молекулярных сегментов в полимере является условием каучукоподобного состояния, т. е. высокого упругого удлинения. С понижением температуры движения сегментов уменьшаются. В среднем падение разрывной нагрузки составило 11 %, а падение разрывного удлинения – 4 %.

Научная новизна исследований состоит в получении новых сведений об устойчивости белорусских тканей с пористым полиуретановым покрытием к внешним воздействиям (истирание, повышенные и пониженные температуры).

### Выводы

В результате проведенных исследований установлено влияние истирания, пониженных и повышенных температур на качественные показатели тканей с пористым полиуретановым покрытием, а также изучена устойчивость их полимерных покрытий к слипанию под действием повышенных температур. По результатам установлено, что наиболее устойчивыми к истиранию являются образцы № 1Ч и № 5Ч с наибольшей толщиной пористого полиуретанового покрытия 1,1 мм и 0,7 мм, которые выдерживают 497 и 529 циклов истирания соответственно. Ткани с пористым полиуретановым покрытием устойчивы к слипанию под действием повышенных температур, поскольку ни один из образцов не показал отрицательный результат 3 балла («слипание»:

поверхности трудно разделить, в процессе разделения покрытие целиком или частично удаляется]. Воздействие пониженной температуры (-20 °С) и повышенной температуры (+35 °С) не оказывает влияния на устойчивость лицевого слоя к истиранию. При воздействии температуры +70 °С происходит снижение количества циклов (до 24 %), которые выдерживает образец до начала разрушения полимерного покрытия. Нагрев образцов до +70 °С оказывает влияние на изменение прочности как в основном, так и в уточном направлениях. Также снижаются значения показателей паро- и воздухопроницаемости. Температуры по-разному влияют на разрывную нагрузку и разрывное удлинение, а также на воздухо- и паропроницаемость, оказывая более или менее негативное воздействие. В условиях пониженных температур значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения, а также паро- и воздухопроницаемость тканей с полиуретановым покрытием снижаются незначительно, что вероятнее всего является погрешностью измерения.

В соответствии с требованиями технического регламента ТР ТС 017/2011 образцы № 5Ч и № 4Р соответствуют нормируемым значениям воздухопроницаемости и

могут быть использованы при пошиве одежды второго слоя без подкладки. Образцы № 2Г, № 3С и № 5Ч рекомендуется использовать с подкладкой для изделий второго слоя, а также они могут быть применены при изготовлении одежды третьего слоя. Все исследуемые образцы являются достаточно паропроницаемы, поскольку числовые значения коэффициента паропроницаемости входят в диапазон рекомендуемых значений для материалов одежного назначения. Рекомендуется минимизировать воздействие высоких температур (+70 °С) и использование материала в деталях одежды, где происходит режущее воздействие (например, в качестве ремней на платьях из данного материала), тогда изделие из материала прослужит дольше.

Можно сделать вывод, что опытные образцы тканей с пористым полиуретановым покрытием хорошо выдерживают пониженные и повышенные температуры от -20 °С до +70 °С, физико-механические и гигиенические показатели находятся в рекомендуемом диапазоне для материалов одежного назначения (таблица 2), что делает возможным применение материала в различных климатических условиях.

### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Агеева, Е.А. (2021). Износостойкость текстильных материалов. Факторы и критерии износа. *Сборник статей Национальной (Всероссийской) научно-практической конференции*, Уфа, с. 11–12.

Бацукова, Н.Л. (2020). *Гигиенические требования к одежде и обуви*. Минск: БГМУ, Республика Беларусь.

Бекашева, А.С. (2015). Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу. *Вестник технологического университета*, № 16, с. 134–136.

Бешапошникова, В.И., Климова, В.И. и Ковалева, Н.А. (2018). Исследование влияния низких температур на структуру и свойства мембранных тканей для одежды. *Theoretical Applied science*, № 11, с. 54–61.

Вишневская, О.В. (2016). Современные методы нанесения покрытия на текстиль. *Вестник технологического университета*, № 18, с. 69–72.

Гаврилова, О.Е., Никитина, Л.Л. (2014). Применение перспективных полимерных материалов в легкой промышленности для повышения качества изделий. *Вестник Казанского технологического университета*, № 14, с. 96–99.

Кудринский, С.В., Тюрин, И.Н. (2022). Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 399, с. 81–85.

Марущак, Ю.И., Ясинская, Н.Н. и Петюль, И.А. (2023). Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокожи. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 404, с. 103–111.

Марущак, Ю.И., Ясинская, Н.Н. (2024). Сравнительная оценка эргономических свойств тканей с полиуретановым покрытием. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 2 (48), с. 9–17.

Парвицкая, Д.Т., Шустов, Ю.С., Буланов, Я.И. и Курденкова, А.В. (2019). Исследование механических свойств тканей с мембранным покрытием после воздействия пониженной температуры. *Наука и образование сегодня*, № 6 (41),

Часть 1, с. 19–22.

Ясинская, Н.Н., Марущак, Ю.И. и Скобова, Н.В. (2024). Влияние кратности вспенивания полиуретановой композиции и толщины нанесенного слоя на потребительские свойства искусственных кож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 2 (410), с. 225–232.

Huantian, C., Richard, W., Emma, S. and Quan, D. (2013). Evaluating Mechanical Properties of Environmentally Friendly Leather Substitute (Eco-Leather). *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*, 70(1), pp. 8–9.

Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H. and Mondschein, A. (2021). Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*, № 11(2):226, pp. 1–15.

Suduo, Xue, Yan, Fei and Guojun, Sun (2022). Mechanical properties of coated fabric membranes at high temperature. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, № 17(22), pp. 1–12.

Sureshkumar, P.S., Thanikaivelan, P., Phebe, K., Krishnaraj, K., Jagadeeswaran, R. and Chandrasekaran, B. (2012). Investigations on structural, mechanical, and thermal properties of pineapple leaf fiber-based fabrics and cow softy leathers: An approach toward making amalgamated leather products. *Journal Nat. Fibers*, № 9, pp. 37–50.

Zhang, Y., Zhang, Q. (2012). Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Precontraint (R) technology. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, № 31(23), pp. 1670–1684.

## REFERENCES

Ageeva, E.A. (2021). Wear resistance of textile materials. Wear factors and criteria [Iznosostojkost' tekstil'nyh materialov. Faktory i kriterii iznosa]. *Collection of articles of the National (All-Russian) scientific and practical conference*, Ufa, pp. 11–12.

Batsukova, N.L. (2020). *Gigienicheskie trebovaniya k odezhde i obuvi* [Hygienic requirements for clothing and footwear]. Minsk: BSMU, Belarus.

Bekasheva, A.S. (2015). Characteristics and properties of eco-leather – a material that imitates natural leather [Harakteristiki i svojstva ekokozhi – materiala, imitiruyushchego natural'nyu kozhu]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of the Technological University*, no. 16. pp. 134–136 [in Russian].

Besshaposnikova, V.I., Klimova, V.I. and Kovaleva, N.A. (2018). Study of the influence of low temperatures on the structure and properties of membrane fabrics for clothing [Issledovanie vliyaniya nizkih temperatur na strukturu i svojstva membrannyh tkanej dlya odezhdy]. *Theoretical Applied science*, no. 11, pp. 54–61.

Vishnevskaya, O.V. (2016). Modern methods of coating textiles [Sovremennyye metody naneseniya pokrytiya na tekstil']. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Technological University*, no. 18, pp. 69–72 [in Russian].

Gavrilova, O.E., Nikitina, L.L. (2014). Application of promising polymeric materials in light industry to improve the quality of products [Primenenie perspektivnyh polimernykh materialov v legkoj promyshlennosti dlya povysheniya kachestva izdelij]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Kazan Technological University*, no. 14, pp. 96–99.

Kudrinsky, S.V., Tyurin, I.N. (2022). Study of the properties and determination of the composition of eco-materials based on plant leather [Issledovanie svojstv i opredelenie sostava ekomaterialov na osnove rastitel'noj kozhi]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, no. 399, pp. 81–85 [in Russian].

Marushchak, Yu.I., Yasinskaya, N.N. and Petyul, I.A. (2023). Development of a nomenclature of quality indicators and evaluation of eco-leather properties [Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva i ocenka svojstv ekokozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, no. 404, pp. 103–111 [in Russian].

Marushchak, Yu.I., Yasinskaya, N.N. (2024). Comparative assessment of the ergonomic properties of fabrics with polyurethane coating [Sravnitel'naya ocenka ergonomicheskikh svojstv tkanej s poliuretanovym pokrytiem]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, No. 2 (48), pp. 9–17 [in Russian].

Parvitskaya, D.T., Shustov, Yu.S., Bulanov, Ya.I. and Kurdenkova, A.V. (2019). Study of mechanical properties of membrane-coated fabrics after exposure to low temperature [Issledovanie mekhanicheskikh svoystv tkanej s membrannym pokrytiem posle vozdejstviya ponizhennoj temperatury]. *Nauka i obrazovanie segodnya = Science and education today*, no. 6 [41], Part 1, pp. 19–22 [in Russian].

Yasinskaya, N.N., Maruschak, Yu.I. and Skobova, N.V. (2024). Influence of the foaming ratio of the polyurethane composition and the thickness of the applied layer on the consumer properties of artificial leather [Vliyanie kratnosti vspenivaniya poliuretanovoj kompozicii i tolshchiny nanesenogo sloya na potrebitel'skie svoystva iskusstvennykh kozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, no. 2 (410), pp. 225–232 [in Russian].

Huantian, C., Richard, W., Emma, S. and Quan, D. (2013). Evaluating Mechanical Properties of Environmentally Friendly Leather Substitute (Eco-Leather). *International Textile and Apparel Association Annual Conference Proceedings*, 70(1), pp. 8–9.

Meyer, M., Dietrich, S., Schulz, H. and Mondschein, A. (2021). Comparison of the Technical Performance of Leather, Artificial Leather, and Trendy Alternatives. *Coatings*, no. 11(2):226, pp. 1–15.

Suduo, Xue, Yan, Fei and Guojun, Sun (2022). Mechanical properties of coated fabric membranes at high temperature. *Journal of Engineered Fibers and Fabrics*, no. 17(22), pp. 1–12.

Sureshkumar, P.S., Thanikaivelan, P., Phebe, K., Krishnaraj, K., Jagadeeswaran, R. and Chandrasekaran, B. (2012). Investigations on structural, mechanical, and thermal properties of pineapple leaf fiber-based fabrics and cow softy leathers: An approach toward making amalgamated leather products. *Journal Nat. Fibers*, no. 9, 37–50.

Zhang, Y., Zhang, Q. (2012). Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Preconstraint (R) technology. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, no. 31(23), p. 1670–1684.

### Информация об авторах

### Information about the authors

#### Марущак Юлия Игоревна

Аспирант кафедры «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: tonk.00@mail.ru

#### Ясинская Наталья Николаевна

Доктор технических наук, доцент, заведующий кафедрой «Экология и химические технологии», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru

#### Yulia I. Maruschak

Postgraduate Student of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: tonk.00@mail.ru

#### Natallia N. Yasinskaya

Doctor of Science (in Engineering), Associate Professor, Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskaynn@rambler.ru