

# ОЦЕНКА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ ХАРАКТЕРИСТИК ТКАНЕЙ С ПОЛИУРЕТАНОВЫМ ПОКРЫТИЕМ

Ю. И. МАРУЩАК

НАУЧНЫЙ РУКОВОДИТЕЛЬ – Н. Н. ЯСИНСКАЯ, ДОКТОР ТЕХНИЧЕСКИХ НАУК, ДОЦЕНТ

В работе представлены результаты разработки номенклатуры показателей качества для тканей с полиуретановым покрытием. Изучены физико-механические свойства композиционных текстильных материалов с микропористым полиуретановым покрытием, установлены закономерности изменения свойств под действием внешних факторов с учетом условий эксплуатации готовых изделий. В рамках исследований спрогнозированы физико-механические свойства композиционного текстильного материала в зависимости от условий формирования полимерного покрытия. Разработаны проекты технических условий для тканей с PU покрытием одежного и галантерейного назначения, которые позволят контролировать качество готовой продукции и выпускать ее в соответствии с требованиями законодательства и потребителей.

Ключевые слова: композиционный материал; полиуретановое покрытие; номенклатура качества; технические условия; физико-механические свойства; микропористое покрытие; гигиенические показатели.

## 1. ВВЕДЕНИЕ

Главным направлением развития текстильной и легкой промышленности является создание инновационных материалов и изделий с улучшенными потребительскими и эксплуатационными характеристиками. Широкие возможности в этом направлении лежат в переходе к многослойным структурам, в том числе композиционным текстильным материалам. Особое место среди таких материалов занимают текстильные структуры с полимерными покрытиями. В частности, искусственные кожи, покрытие которых формируется посредством пропитки волокнистой основы или нанесением полимера на поверхность основы [1].

Большинство искусственных кож с покрытием из высокомолекулярных соединений, как гидрофильных, так и гидрофобных, не обеспечивают материалу необходимых гигиенических показателей и физико-механических свойств, поскольку на поверхности образуется сплошная пленка полимера [2], перекрывающая поры текстильного материала, делая его непроницаемым для воздуха, пара и влаги. Гигиенические показатели искусственной кожи для одежды повседневной носки должны обеспечивать в пододежном пространстве микроклимат для нормального функционирования организма человека и быть для него безвредны [3, с.134]. Поэтому важное место среди искусственных кож занимает группа материалов на основе полиуретанов – экокожи с микропористым покрытием, напоминающие по своему виду натуральную кожу, в наибольшей степени приближающиеся к ней по комплексу показателей гигиенических свойств и обеспечивающие наибольший комфорт при их использовании в качестве материалов для производства одежды. Термин «экокожа» все чаще встречается в описании современных материалов и изделий, в интернет-изданиях и научных публикациях. Однако международное кожевенное сообщество, специалисты многих стран мира встали на защиту натуральной кожи, объявив незаконным и некорректным применение терминов «экокожа», «веганкожа», «искусственная кожа», «синтетическая кожа». В белорусском законодательстве отсутствует понятие «экокожа». Поэтому в рамках данной работы полученный тканый материал с лицевым микропористым полиуретановым покрытием будем называть как композиционный текстильный материал (далее – КТМ) или ткань с PU покрытием.

В Республике Беларусь подобный ассортимент текстильных материалов для пошива одежды и галантерейных изделий импортируется из-за рубежа, в основном из Китая, Турции, России. В рамках совместного с «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» инновационного проекта «Создание и внедрение технологии нанесения покрытий на хлопчатобумажные ткани» авторами и представителями предприятия разработана и внедрена технология, а также выпущены опытные партии КТМ с полиуретановым покрытием.

Поскольку создание материала находится на стадии становления и развития, технология нанесения покрытий нуждается в совершенствовании и оптимизации, актуальным является исследование эксплуатационных и потребительских свойств КТМ, влияния внешних факторов на свойства таких материалов, а также прогнозированию физико-механических свойств в зависимости от условий формирования полимерного покрытия.

*Объект исследования* – текстильные композиционные материалы с микропористым полиуретановым покрытием.

*Цель работы* – оценка эксплуатационных и потребительских свойств композиционных текстильных материалов с полиуретановым покрытием отечественного производства, установление закономерностей изменения свойств под действием внешних факторов с учетом условий эксплуатации готовых изделий, а также разработка методов прогнозирования физико-механических свойств в зависимости от условий формирования полимерного покрытия.

## 2. ОБЪЕКТ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЙ

В качестве объектов исследования выбраны образцы тканей с полиуретановым покрытием различной толщины, производства ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение». Исследуемые образцы представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажная ткань поверхностной плотностью 166,0 г/м<sup>2</sup>. В качестве полимерного покрытия использовали вспененную полиуретановую композицию, обладающую высокой износостойкостью, морозостойкостью и малым удельным весом (СНТ, Германия).

Физико-механические и эксплуатационные свойства определяли в соответствии со стандартными методиками. Обработку экспериментальных данных осуществляли методами математической статистики.

## 3. РАЗРАБОТКА НОМЕНКЛАТУРЫ ПОКАЗАТЕЛЕЙ КАЧЕСТВА ТКАНЕЙ С ПОЛИМЕРНЫМ ПОКРЫТИЕМ

Требования к качеству композиционных текстильных материалов с микропористым полиуретановым покрытием не регламентированы, а показатели качества искусственных кож с монолитными полимерными покрытиями, устанавливаемые нормативной документацией являются устаревшими и требуют дополнения, поскольку современные материалы обладают улучшенными свойствами, многие из которых превосходят характеристики искусственных кож. За основу показателей при разработке номенклатуры были выбраны ГОСТы, распространяющиеся на искусственную кожу: ГОСТ 28461 «Кожа искусственная одежная. Общие технические условия», ГОСТ Р 56621 «Кожа искусственная одежная. Общие технические условия». Требования безопасности текстильных материалов включают: по показателям химической безопасности ткань должна соответствовать требованиям Технического регламента Таможенного союза 017/2011. Для выявления наиболее значимых показателей качества одежных тканей (юбки, брюки, жилеты, пиджаки) и разработки номенклатуры показателей качества проведен опрос специалистов. Экспертам предлагалось дать ранговую оценку заранее определенного количества показателей. Ранговая оценка сводится к обозначению степени важности каждого показателя рангом. В результате статистической обработки экспертных оценок определены наиболее значимые показатели качества тканей с полиуретановым покрытием одежного назначения (таблица 1) [4, с. 103].

**Таблица 1. Номенклатура качества тканей с полиуретановым покрытием**

Наименование показателя	Метод испытания
Паропроницаемость, г/(м <sup>2</sup> ·ч)	Гравиметрический метод
Прочность связи полимерного покрытия с основой, Н/см	ГОСТ 17317-88
Жесткость, сН	ГОСТ 8977-74
Устойчивость к многократному изгибу, число изгибов	ГОСТ 13868-74
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /(м <sup>2</sup> ·с)	ГОСТ 12088-77
Устойчивость окраски к стирке: максимальное изменение оттенка, баллы	ГОСТ ISO 105-C 10
Устойчивость окраски к трению, баллы	ГОСТ 9733.27-83
Разрывная нагрузка: в продольном и в поперечном направлении	ГОСТ 17316-71

Для рассмотренных групп материалов эксперты прежде всего выбирают показатели определяющие прочностные характеристики и эластичность материалов. Преимуществом разработанной номенклатуры является то, что предложенный комплекс показателей качества может быть использован для управления технологическими параметрами формирования полиуретанового покрытия с заданными свойствами на текстильном полотне, а также разработки нормативно-технических документов (технических условий, стандартов организаций и др.), которые предъявляют требования к качеству и безопасности аналогичной продукции. Оценка качества тканей с PU покрытием по всему представленному перечню показателей даст полное представление о качественных характеристиках продукта.

#### 4. ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ В ЗАВИСИМОСТИ ОТ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ

С целью прогнозирования свойств материала и оптимизации процесса нанесения покрытия проведены экспериментальные исследования влияния кратности пены полиуретановой композиции и продолжительности сушки на физико-механические свойства готового материала. Эксперимент проводился по матрице Коно с двумя повторностями в каждой серии опытов. Входные параметры: время сушки варьировали от 4 до 10 минут, интервал варьирования – 3, кратность от 1,25 до 1,75, интервал варьирования – 0,25. Выходные параметры: воздухопроницаемость, устойчивость лицевого покрытия к истиранию, паропроницаемость, жесткость. В результате обработки экспериментальных данных в программе Statistica for Windows получены теоретико-экспериментальные и графические зависимости (рис. 1) эксплуатационных свойств эконож от технологических режимов их получения, позволяющие выявить области рациональных решений при выборе эксплуатационных свойств в соответствии с требованиями заказчика [5, с. 148].

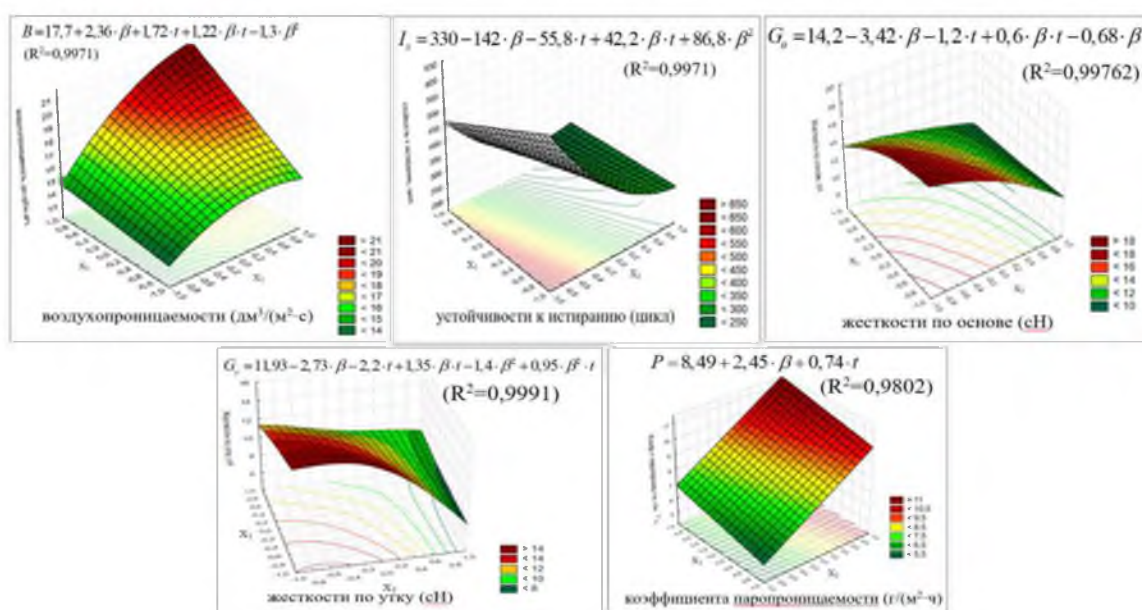



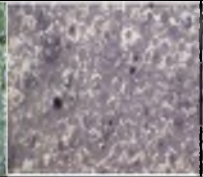

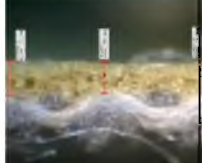

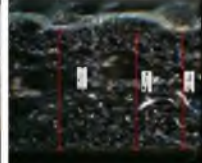
Рис. 1. Зависимости показателей от кратности пены и продолжительности сушки

Экспериментальные данные по воздухопроницаемости и устойчивости к истиранию, аппроксимируются моделями второго порядка, характеризующими минимальные и максимальные значения параметров в исследованном диапазоне влажного привеса. Показатель жесткость по утку имеет сложный характер взаимосвязи со свойствами пены и длительности сушки – неполные модели третьего порядка, однако очевидно, что с увеличением кратности пены жесткость материала снижается одновременно в двух направлениях (по основе и утку). Данные коэффициента паропроницаемости описываются линейной зависимостью от анализируемых факторов. Для получения образцов с высоким показателем воздухопроницаемости кратность пены должна составлять 1,75, а время сушки – 10 минут. Выбор значений технологических параметров на верхней границе варьирования позволит также повысить коэффициент паропроницаемости и снизить жесткость материала по основе и утку. Однако при этом снижается стойкость к истиранию до 300 циклов. С увеличением кратности пены уменьшается объем жидкости в ней, что приводит к уменьшению жесткости материала, улучшению его паро- и воздухопроницаемости. Полученные зависимости можно рекомендовать при производстве тканей с полиуретановым покрытием в зависимости от области их применения и требований заказчика [5].

#### 5. ВЛИЯНИЕ ТЕМПЕРАТУР НА ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТКАНЕЙ С ПОКРЫТИЕМ

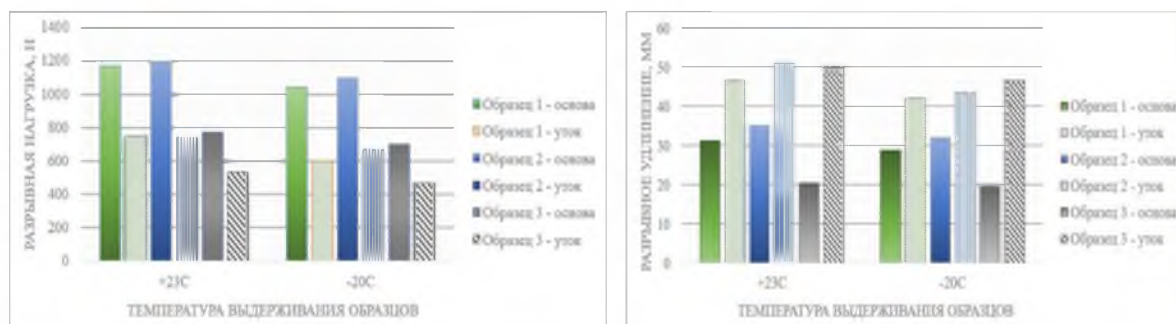
Для оценки качества текстильных материалов с покрытием проведены исследования потребительских свойств на основе разработанной номенклатуры показателей качества. В таблице 1 представлены результаты измерений.

**Таблица 1. Потребительские свойства тканей с полиуретановым покрытием**

Показатель	Значения показателей			Методика
	Образец № 1	Образец № 2	Образец № 3	
Толщина всего материала, мм	0,47	0,88	1,35	микроскоп Альта-ми MET 5T
Толщина полимерного слоя, мм	0,22	0,61	1,13	
Разрывная нагрузка, Н основа/уток	1213/759	1253/788	770/619	ГОСТ ISO 1421
Разрывное удлинение, % основа/уток	16,5/23,5	18/25,5	11,5/25,5	
Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$	38,7	43,9	64,7	ГОСТ 12088
Коэффициент паропроницаемости, $\text{мг}/\text{см}^2 \cdot \text{ч}$	15,8	15,4	16	Гравиметрический метод
Жесткость, сН основа/уток	14,7/12,8	18,5/16,7	21,1/18,1	ГОСТ 8977
Микрофотографии поверхности				микроскоп Альта-ми MET 5T
Микрофотографии срезов				

По результатам установлено, что воздухопроницаемость опытных образцов является достаточно хорошей в сравнении с другими искусственными кожами, не пропускающими воздух. Опытные образцы с PU покрытием обладают лучшей паропроницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу перед некоторыми видами кож.

Для исследования влияния пониженных и повышенных температур на физико-механические свойства КТМ часть образцов подвергалась 10 циклам воздействия «замораживание – оттаивание» при  $-20\text{ }^\circ\text{C}$ , а часть образцов – «нагревание-охлаждение» при  $+35\text{ }^\circ\text{C}$  и  $+70\text{ }^\circ\text{C}$ . Интервалы заморозки/нагревания и оттаивание/охлаждение составили 8 часов. На рис. 2 представлены диаграммы, отражающие результаты измерения разрывной нагрузки и разрывного удлинения [5].



*Рис. 2. Разрывная нагрузки и разрывное удлинение образцов*

В условиях пониженных температур ( $-20\text{ }^\circ\text{C}$ ) значения разрывной нагрузки и разрывного удлинения снижаются. При понижении температуры движения молекулярных сегментов замораживаются, и материал становится жестким, с малым удлинением при разрыве. Результаты исследований показали, что снижение температуры до  $-20\text{ }^\circ\text{C}$  не является критичным и числовые значения разрывной нагрузки и удлинения при разрыве находятся в диапазоне допустимых. Влияние пониженной температуры не оказывает существенного влияние на воздухопроницаемость, значение показателя варьируется в рамках нормы. Падение коэффициента паропроницаемости для образцов не превышает 7 %. Повышение температуры до  $35\text{ }^\circ\text{C}$  не оказывает существенного влияния на физико-механические свойства образцов. При нагреве образцов до  $70\text{ }^\circ\text{C}$  прочность снижается примерно на 14 % для образца № 1, на 20 % для образца № 2 и на 12 % для образца № 3. Наиболее негативное воздействие повышенной

температуры сказывается на воздухопроницаемости, падение которой составляет около 35 %. Снижение коэффициента паропроницаемости образцов составило 4–5 %. Такие изменения физико-механических свойств происходят под влиянием тепла, так как происходит деструкция полимерного слоя [5].

На основании разработанной номенклатуры показателей качества и результатах проведенных исследований разработаны и внедрены технические условия ТУ ВУ 200166488.205-2023 «Ткани одежные с полиуретановым покрытием» [4, 5].

## 7. ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Исследованы физико-механические и гигиенические показатели тканей с полиуретановым покрытием белорусского производства. Доказано, что такие материалы, производимые по современной технологии, приближены по свойствам к натуральным кожам, не уступают по качеству зарубежным аналогам и успешно заменяют кожи натурального происхождения при изготовлении изделий легкой промышленности.

## Библиографические ссылки

1. Бузов Б. А., Г. П. Румянцева *Материалы для одежды. Ткани* : учеб. пособие для студ. высш. учеб. заведений. М. : Изд. центр «Академия», 2012.
2. Бекашева А. С. Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу // *Вестн. Казанского технол. ун-та.* 2015. № 16. С. 134–136.
3. Кербер М. Л., Виноградов В. М., Головкин Г. С. *Полимерные композиционные материалы: структура, свойства, технология* : учеб. пособие / под ред. А. А. Берлина. 3 изд., испр. СПб. : Профессия, 2011.
4. Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н., Петюль И. А. Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож // *Известия высш. учеб. заведений. ТПП.* 2023. № 2 (404). С. 103–111.
5. Марущак Ю. И., Ясинская Н. Н. Многослойный композиционный текстильный материал одежного и галантерейного назначения // *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы* : сб. материалов XXVI Междунар. науч.-практ. форума «SMARTEX-2023», Иваново, 4–5 октября 2023 г. / ИВГПУ. Иваново, 2023. С. 148–153.