

**ПЕРСПЕКТИВЫ ИСПОЛЬЗОВАНИЯ ПОЛИУРЕТАНОВЫХ  
ПОКРЫТИЙ В ТЕКСТИЛЬНОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ  
PROSPECTS FOR USING POLYURETHANE COATINGS IN THE  
TEXTILE INDUSTRY**

**Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н.  
Marushchak Yu.I., Yasinskaya N.N.**

Витебский государственный технологический университет,  
Беларусь, Витебск  
Vitebsk State Technological University, Belarus, Vitebsk  
(tonk.00@mail.ru)

**Аннотация:** В статье рассмотрены перспективы использования полиуретановых покрытий для формирования текстильных материалов одежного назначения, обладающих удовлетворительными показателями гигиенических свойств. Проведен сравнительный анализ по показателям воздухопроницаемости, гигроскопичности, интенсивности запаха и уровню комфортности (паропроницаемость) с импортными аналогами белорусских «экокож». Установлено, что наиболее комфортными из представленных являются образцы одежного назначения №1з, 2с, 3р, 4ч, что подтверждается более высокими показателями воздухопроницаемости, гигроскопичности и критерия комфортности. Результаты свидетельствуют о конкурентных преимуществах данных материалов в сфере производства искусственной кожи одежного назначения.

**Abstract:** The article considers the prospects of using polyurethane coatings to form textile materials for clothing purposes with satisfactory hygienic properties. A comparative analysis was conducted in terms of air permeability, hygroscopicity, odor intensity and comfort level (vapor permeability) with imported analogues of Belarusian "eco-leathers". It was found that the most comfortable of the presented "eco-leathers" for clothing purposes are №1z, 2s, 3r, 4ch, which is confirmed by higher air permeability, hygroscopicity and comfort criterion. The data indicate the competitive advantages of these materials in the field of production of artificial leather for clothing purposes.

**Ключевые слова:** полиуретан, пористость, потребительские свойства, проницаемость.

**Key words:** polyurethane, porosity, self-healing, consumer properties, permeability.

Полимерные покрытия, применяемые в текстильной промышленности, представляют собой обширную группу материалов, различающихся по химическому составу, методам нанесения и свойствам, которые они придают текстилю. Выбор конкретного полимера определяется желаемыми характеристиками конечного продукта. Современные технологии позволяют создавать многослойные полимерные покрытия, сочетающие в себе различные свойства, например, водонепроницаемость, износостойкость и антистатичность [1]. Это открывает широкие возможности для создания multifunctional текстильных материалов, используемых в самых разных областях – от одежды и обуви до медицины и автомобилестроения [1].

Одним из распространенных полимеров, применяемых для формирования функциональных покрытий является полиуретан (далее – ПУ)

[2]. Полиуретаны, применяемые в текстильной промышленности, представляют собой сложную систему, выходящую за рамки простого «покрытия». Их свойства в конечном материале, в частности паро- и воздухопроницаемость, зависят от множества факторов, начиная от химического состава полимера и заканчивая технологией нанесения.

Полиуретановые покрытия применяются для создания водонепроницаемых и ветронепроницаемых тканей для палаток, тентов, и спецодежды [2]. Полиуретан также применяется для создания мембранных материалов, обладающих высокой паропроницаемостью и водонепроницаемостью, что делает их пригодными для спортивной одежды и туристического снаряжения [1,3]. Известно, что на основе полиуретановых покрытий возможно получение материала «экокожа» [2]. Несмотря на широкое распространение термина «экокожа» в различных сферах, от онлайн-ресурсов до научных статей, специалисты считают его некорректным. Термины «экокожа» и «веган-кожа» не имеют единого, четкого определения и не признаны в законодательстве Беларуси и России, что приводит к разночтениям в его описании. Некоторые специалисты рассматривают «экокожу» как полимерное покрытие, нанесенное на натуральный спил, другие – композитное полотно, где в качестве основы используется текстильное полотно, а в качестве матрицы – полимерное покрытие (ПУ, ПВХ, ПВДХ) [4]. Такое разнообразие определений обусловлено широким спектром возможных структур и составов, подпадающих под понятие «экокожа». В данном исследовании рассматривается «экокожа», представляющая собой материал, состоящий из вспененного полиуретанового лицевого слоя и основы в виде хлопчатобумажной ткани [5].

Полиуретановые композиции в отличие от винила, не требуют добавления пластификаторов [5]. Пористая структура, обеспечивающая гигиенические свойства «экокожи», формируется на этапе вспенивания ПУ, достигаемое механическим способом или же введением специальных физических или химических вспенивающих агентов. Формируются микроскопические поры, которые регулируют уровень воздухо- и паропроницаемости. Технология нанесения полиуретановых покрытий также играет важную роль. Существуют различные методы нанесения, включая шаберный способ, распыление, каландрирование, переводное покрытие, экструзионное покрытие горячим расплавом [6]. Каждый метод имеет свои преимущества и недостатки, влияющие на конечные свойства покрытия. Например, метод распыления позволяет наносить тонкие и равномерные слои, обеспечивая высокую точность и повторяемость процесса. Каландрирование, напротив, позволяет обрабатывать большие объёмы ткани, однако требует более сложного и дорогостоящего оборудования [6].

В Беларуси производство «экокожи» находится на начальном этапе, но обладает значительным потенциалом [5]. На заключительной отделке с помощью сушильно-ширильной установки с узлом покрытия предварительно вспененная ПУ композиция наносится на ткань. Шаберный способ,

используемый в данной технологии, предполагает равномерное распределение полиуретановой пены на поверхность ткани с помощью специального инструмента – шабера. Толщина слоя пены регулируется и зависит от требуемых характеристик материала. После нанесения полимерной композиции, материал проходит стадию сушки, которая осуществляется в специальных сушильных камерах при контролируемой температуре и влажности, чтобы обеспечить надежное сцепление с тканой основой. Этот этап важен для долговечности и износостойкости готового материала, поскольку неправильная сушка может привести к образованию дефектов, таких как отслаивание или растрескивание покрытия, изменение цвета. Полученный материал – «экокожа» – характеризуется сочетанием преимуществ натуральных и синтетических материалов. Хлопчатобумажная основа обеспечивает хорошую гигиеничность, что делает её комфортной для носки. ПУ покрытие придает материалу прочность и эстетичный внешний вид, имитирующий натуральную кожу [2,5]. Однако описанные достоинства нового материала, заявленного как искусственная кожа «экокожа», вызывает споры и сомнения у специалистов материаловедения. Классическое мнение о недостаточных гигиенических свойствах искусственных кож («экокожи») глубоко укоренилось, и без проведения всестороннего исследования его трудно опровергнуть. Поэтому актуальным является проведение серии экспериментов, направленных на объективное сравнение ключевых гигиенических свойств нового материала с аналогами, представленными на рынке.

В качестве объектов исследования выбраны образцы искусственной кожи («экокожа»), полученные авторами в производственных условиях различной толщины, а также импортные образцы искусственной кожи, позиционируемые производителями как «экокожа».

Исследование включает в себя несколько этапов. Первый этап – определение структуры и состава материала. Для этого использованы стандартные методики, применяемые в текстильном материаловедении, а также микроскопия поверхности и поперечного среза образцов.

Второй этап – исследование гигиенических свойств (воздухопроницаемость,  $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$  по ГОСТ 12088-77, гигроскопичность, % по ГОСТ 8971-78, интенсивность запаха, балл в соответствии с инструкцией 1.1.10-12-96-2005) и комфортности носки материала с применением нового критерия оценки способности материалов обеспечивать температурный гомеостаз человека (паропроницаемость) [7]. Исследование и оценка паропроницаемости как функции обеспечения температурного гомеостаза проводилось по методике [7]. Для проведения испытания используется устройство, схема и принцип действия которого изложены в источнике [8]. Результаты будут сравнены с импортными образцами «экокожи», чтобы определить степень соответствия заявленным гигиеническим свойствам.

В таблице 1 представлены результаты исследования структуры и состава объектов исследования.

Таблица 1 - Характеристики объектов исследования

Шифр	Материал-основа/ лицевой слой	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Толщина полимерного слоя, мм	Толщина всего материала, мм	Производитель
№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

Исследуемые образцы белорусского производства представляют собой материалы, 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, pH 8-9). Второй слой представлял собой финишное покрытие (вязкость 20-30 dPas, pH 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 используется полиуретан или поливинилхлорид.

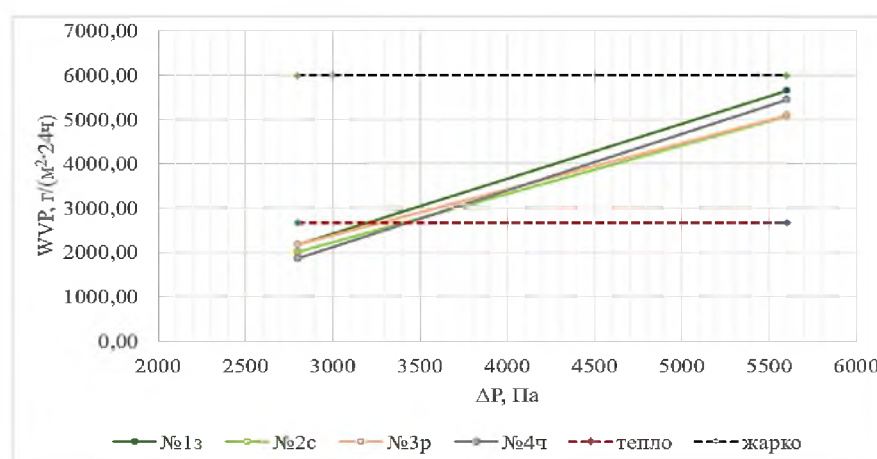
В таблице 2 представлены результаты исследований гигиенических показателей «экокож».

Таблица 2 - Гигиенические показатели «экокож»

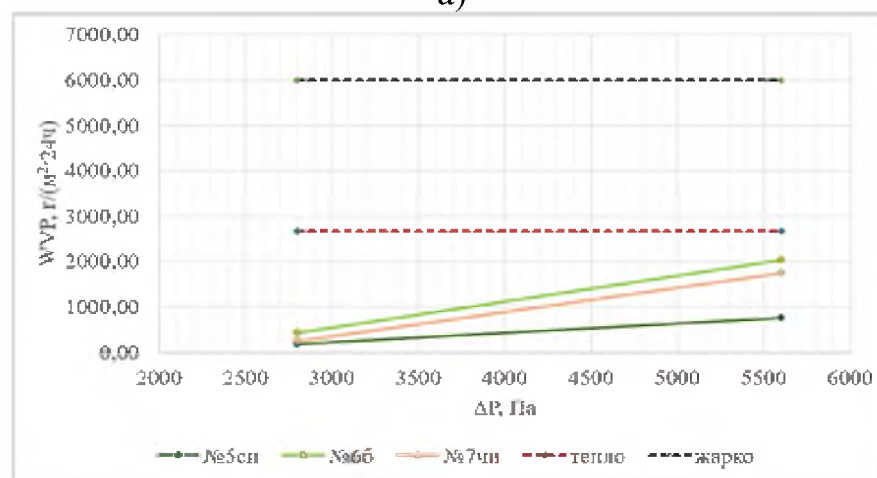
Показатель	Значения показателей						
	№1з	№2с	№3р	№4ч	№5си	№6б	№7чи
Воздухопроницаемость, дм <sup>3</sup> /м <sup>2</sup> ·с	221,6	325,3	383,5	117,3	0,03	0,04	0,15
Гигроскопичность, %	9,6	9,1	8,19	8,3	0	0	6,45
Интенсивность запаха, балл	0	0	0	0	0	1	1

Низкая проницаемость образцов №5си, №6б, №7чи обусловлена структурой лицевого покрытия, не обладающего сквозной пористостью. Высшие значения воздухопроницаемости присущи образцам №1з, №2с, №3р, №4ч. По справочным данным [9], в большинстве случаев, воздухопроницаемость кожи с лицевым покрытием находится в пределах 20-100  $\text{дм}^3/\text{м}^2\cdot\text{с}$ . Рекомендуемые значения гигроскопичности для материалов второго слоя составляют 3-7%. У исследованных материалов (образцы №1з, №3р, №2с, №4ч, №7чи) гигроскопичность в среднем составляет 8,2%. Образцы №6б и №5си обладают нулевой гигроскопичностью. По оценке водных вытяжек, интенсивность запаха исследуемых образцов не превышает 1 баллов, что подтверждает соответствие образцов санитарно-гигиеническим требованиям.

В соответствии с методикой оценки паропроницаемости как функции обеспечения температурного гомеостаза [7] по полученным экспериментально значениям коэффициента паропроницаемости и разности парциального давления пара для каждого образца строили график возрастания коэффициента паропроницаемости при росте разницы парциального давления  $\Delta P$  по обе стороны от образца (рисунок 1).



а)



б)

Рисунок 1 - График возрастания коэффициента паропроницаемости:  
а – белорусских «экокож», б – импортных «экокож»

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 паропроницаемости, 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. Применение данного материала в производстве одежды следует считать нецелесообразным. 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). Данные свидетельствуют о конкурентных преимуществах данных материалов в сфере производства искусственной кожи одежного назначения.

Проведен сравнительный анализ полученных результатов, который позволяет сформулировать объективные выводы о свойствах нового материала и оценить его конкурентные преимущества по отношению к аналогам. Производители искусственных кож («экокож»), придавая им пористость, всё равно не решают проблемы низких гигиенических свойств, так как размер пор оказывается слишком большим. В белорусских материалах удалось добиться микропористости, так что в отличие от прежних заменителей они обладают хорошими гигиеническими свойствами. Ожидается, что полимерные покрытия в текстильной промышленности будут играть всё более важную роль, позволяя создавать инновационные и высокоэффективные материалы для самых разнообразных применений. Перспективы развития данного направления в Беларуси связаны с повышением качества и расширением ассортимента выпускаемой продукции, а также внедрением инновационных технологий, направленных на улучшение характеристик материала и снижение его себестоимости.

#### **Список использованных источников**

1. Панкевич Д.К., Лобацкая Е.М. Исследование паропроницаемости водозащитных композиционных слоистых материалов // Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности. Витебск. 2015. С. 79-81.
2. Бекашева А.С. Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу // Вестник Казанского технологического университета. 2015. №16. С.134-136.
3. Bridgens B.N., Gosling P.D. NURBS representation of coated woven fabric behaviour // Conference Proceedings of the sixth conference on Computational structures technology. 2002. P. 219-221.
4. Кудринский С.В., Тюрин И.Н. Исследование свойств и определение состава экоматериалов на основе растительной кожи. Известия высших учебных заведений. ТТП. 2022. № 399. С. 81-85.

5. Марущак Ю.И., Ясинская Н.Н. Сравнительная оценка эргономических свойств тканей с полиуретановым покрытием // Вестник Витебского государственного технологического университета. 2024. №2(48). С. 9-17.
6. Ясинская Н.Н., Ольшанский В.И., Коган А.Г. Композиционные текстильные материалы. Витебск: ВГТУ. 2015.
7. Панкевич Д.К. Водопаропроницаемость материалов для одежды: новые критерии и методика оценки // Дизайн и технологии. 2024. №100(142). С.62-72.
8. Пат. 13087 ВУ МПК G 01N 15/00 (2006.01). Устройство для контроля паропроницаемости материалов. 2022. 4с.
9. Стельмашенко, В.И., Розаренова Т.В. Материалы для одежды и конфекционирование: учебник для вузов. Москва, 2025. 308 с.

**УДК 66.022.387:677.021.1:661.666.4**

**О МОДИФИКАЦИИ ПОЛИОКСАДИАЗОЛЬНОГО ВОЛОКНА С  
ЦЕЛЬЮ ПОЛУЧЕНИЯ УГЛЕРОДНОГО СОРБЕНТА  
MODIFICATION OF POLYOXADIAZOLE FIBER FOR THE  
PRODUCTION OF CARBON SORBENT**

**Дианкина Н.В., Асташкина О.В.  
Diankina N.V., Astashkina O.V.**

Санкт-Петербургский государственный университет промышленных  
технологий и дизайна, Россия, Санкт-Петербург  
Saint Petersburg State University of Industrial NDUSTRIAL Technologies and  
Design (SPbSUITD)  
(thvikm@yandex.ru)

**Аннотация:** Показана возможность получения активированных углеродных волокон на основе модифицированного полиоксадиазольного волокна. Модификация полиоксадиазольного волокна проводилась за счет введения в прядильный раствор полиоксадиазола в концентрированной серной кислоте технического углерода. Изучено влияние содержания нанодобавки в волокне и технологические параметры процесса получения модифицированного волокна на прочностные показатели формуемой нити. Показано, что максимально возможное количество технического углерода, которое можно ввести в волокно без ущерба его свойств и нарушения технологического процесса составляет 10 % от массы полимера.

**Abstract:** The possibility of obtaining activated carbon fibers based on modified polyoxadiazole fiber is shown. The modification of polyoxadiazole fiber was carried out by introducing carbon black into the spinning solution of polyoxadiazole in concentrated sulfuric acid. The effect of the nanoadditive content in the fiber and the process parameters of obtaining the modified fiber on the strength properties of the spun thread was studied. It was shown that the maximum possible amount of carbon black that can be introduced into the fiber without damaging its properties and disrupting the technological process is 10% of the polymer weight.