

## ЗАВИСИМОСТЬ ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ ЭКОКОЖ ОТ УСЛОВИЙ ФОРМИРОВАНИЯ ПОЛИМЕРНОГО ПОКРЫТИЯ

### DEPENDENCE OF THE PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES OF ECO-LEATHER ON THE CONDITIONS FOR THE FORMATION OF A POLYMER COATING

УДК 677.016.67

Ю.И. Марущак\*, Н.Н. Ясинская, Н.В. Скобова,  
В.Ю. Сергеев

Витебский государственный технологический  
университет

<https://doi.org/10.24412/2079-7958-2023-1-102-113>

Yu. Maruschak\*, N. Yasinskaya, N. Skobova,  
V. Sergeev

Vitebsk State Technological  
University

#### РЕФЕРАТ

**ВСПЕНЕННЫЙ ПОЛИУРЕТАН, ПЕНА, КРАТНОСТЬ, ЭКОКОЖА, ФИЗИКО-МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА, ПОКРЫТИЕ**

Ткани с полиуретановым покрытием (экокожа) стали популярным материалом для производства одежды и галантерейных изделий. На ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» авторами разработана и внедрена технология нанесения полиуретанового покрытия на тканую основу. Отличием разработанной технологии производства экокож от существующих ранее является использование вспененной полиуретановой композиции. Целью работы является установление зависимости физико-механических свойств экокож от условий формирования полимерного покрытия (кратность пены и длительность сушки).

Для достижения поставленных целей подготовлены опытные образцы тканей с полиуретановым покрытием. Эксперимент проводился по матрице Коно с двумя повторностями каждой серии опытов. С увеличением кратности пены с  $\beta = 1,25$  до  $\beta = 1,75$  уменьшается объем жидкости в ней, что приводит к уменьшению жесткости готового материала, улучшению его паро- и воздухопроницаемости. Целесообразно использовать высоковязкие полиуретановые композиции ( $\beta = 1,75$ ), так как низковязкие ( $\beta = 1,25$ ) слишком глубоко проникают в структуру тканой основы, придавая материалам с покрытием повышенную жесткость. При длительности сушки 10 минут

#### ABSTRACT

**FOAMED POLYURETHANE, FOAM, MULTIPLICITY, ECO-LEATHER, PHYSICAL AND MECHANICAL PROPERTIES, COATING**

Polyurethane-coated fabrics (eco-leather) have become a popular material for the production of clothing and haberdashery. The authors have developed and implemented a technology for applying a polyurethane coating on a woven base at Baranovichi Cotton Production Association. The difference between the newly developed technology for the production of eco-leather and the existing ones is the use of a foamed polyurethane composition. The aim of the work is to determine the dependence of the physical and mechanical properties of eco-leather on the conditions for the formation of a polymer coating (foam ratio and drying time).

To achieve these goals, prototypes of polyurethane-coated fabrics were prepared. The experiment was carried out using the Kono matrix with two repetitions of each series of experiments. With an increase in the expansion ratio of the foam from  $\beta = 1.25$  to  $\beta = 1.75$ , the volume of liquid in it decreases, which leads to a decrease in the rigidity of the finished material, thus it improves its vapor and air permeability. It is advisable to use high-viscosity polyurethane compositions ( $\beta = 1.75$ ), since low-viscosity ones ( $\beta = 1.25$ ) penetrate too deeply into the structure of the woven base, while giving the coated materials increased rigidity. With a drying time of 10 minutes and a multiplicity of  $\beta = 1.75$ , the resistance of the

\* E-mail: [tonk.00@mail.ru](mailto:tonk.00@mail.ru) (Yu. Maruschak)

*и кратности  $\beta = 1,75$  снижается устойчивость полимерного слоя экокожи к истираемости. Полученные зависимости необходимо учитывать в дальнейшем при производстве тканей с полиуретановым покрытием в зависимости от области применения и требований заказчика.*

*eco-leather polymer layer to abrasion decreases. The obtained dependences must be taken into account in the future in the production of polyurethane-coated fabrics, depending on the area of their application and customer requirements.*

## ВВЕДЕНИЕ

В настоящее время в сфере мирового текстильного производства наблюдается высокий уровень конкуренции, что влечет за собой стремление предприятий к постоянной модернизации и инновациям. Целью предприятий является создание продукции, которая отвечала бы высоким требованиям качества и экологии. Перспективным направлением решения данных задач является использование новых, передовых способов, к числу которых относится технология получения многофункциональных материалов, суть которой заключается в нанесении полимерных композиций с различными свойствами на текстильные полотна (ткань, трикотаж, нетканые материалы) [1].

Сегодня полимерные покрытия широко используются при изготовлении текстильных материалов технического и бытового назначения, а также изделий легкой промышленности, полностью или частично заменяя натуральные. Для композиции используют такие полимеры, как полиуретан (далее – PU), поливинилхлорид, поливинилденхлорид, полиметриметакрилат, этиленвинилацетат, полиолефины, полипропилен, силикон, политетрафторэтилен и другие. В состав композиции могут входить УФ- и термостабилизаторы, наполнители для улучшения механических свойств, антиоксиданты, пигменты и другие вещества, позволяющие придавать конечному продукту дополнительные свойства [2].

Одним из наиболее распространенных полимеров, для формирования функциональных покрытий является полиуретан. Полиуретановые композиции приобрели популярность благодаря своей устойчивости к старению, высокой стойкости к воздействию окружающей среды. Известно, что на основе полиуретановых покрытий возможно получение материала «Экокожа» [3, 4]. Анализ научных работ выявил, что трактовка тер-

мина «Экокожа» различна. Некоторые источники описывают экокожу как полимерное покрытие, нанесенное на натуральный спилоч [5], другие – композитное полотно, где в качестве основы используется текстильное полотно, а в качестве матрицы – полимерное покрытие (ПУ, ПВХ, ПВХХ) [3]. В целом, этот материал может иметь множество разновидностей, и прежде всего потому, что нет единого общепринятого определения термина экокожа. В рамках данной работы используется понятие экокожи как материала, в котором в качестве полимерного слоя используется вспененная полиуретановая композиция.

Ткани с полиуретановым покрытием стали популярным материалом для производства одежды и галантерейных изделий. На сегодняшний день на ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» (далее – БПХО) (Беларусь) освоена технология и выпущены опытные партии инновационной продукции – тканей с полиуретановым покрытием (экокожа), имеющих физико-механические свойства близкие к натуральной коже. Материал состоит из двух слоев (рисунок 1), где в качестве основы используется тканое хлопчатобумажное или хлопкополиэфирное полотно, второй слой, лицевой – вспененный полиуретан, создающий микропористую поверхность. Полимерное покрытие предварительно возможно окрасить в любой цвет путем введения пигмента в композицию.

Отличием разработанной авторами технологии производства экокож от существующих ранее является использование вспененного полиуретана.

Пенная технология позволяет решать ряд важных задач, связанных непосредственно с особенностями текстильного производства, и позволяющая повысить качество продукции, придать ей новые физико-механические свойства, а также получить значительный экономи-

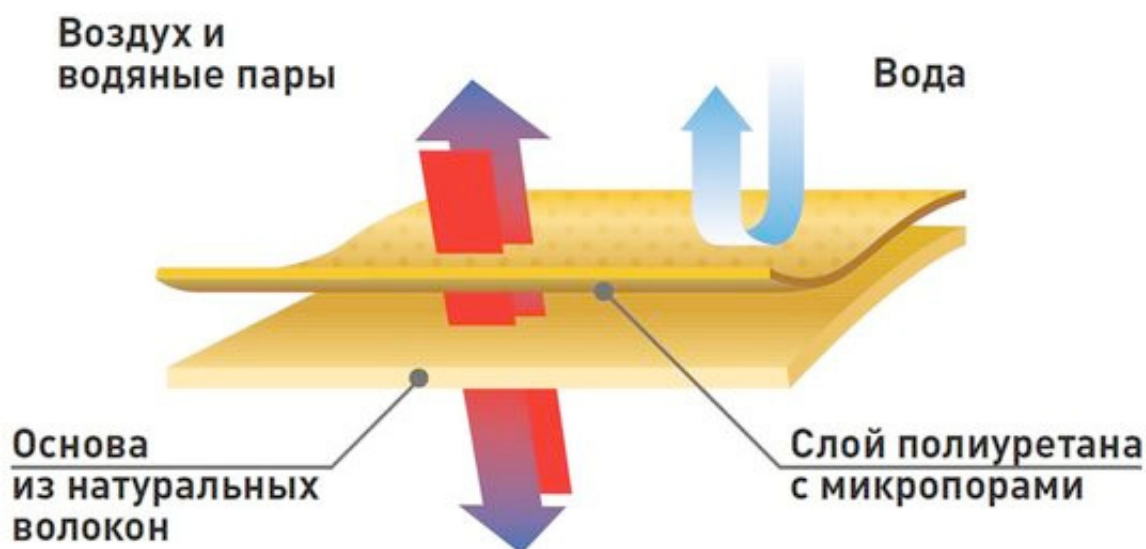


Рисунок 1 – Общий вид экокожи

ческий эффект. К их числу, в частности, можно отнести:

- расширение ассортимента отделочных операций с получением оригинальных колористических эффектов;
- повышение вязкости наносимых растворов;
- снижение нагрузок, действующих на обрабатываемый материал;
- уменьшение миграции отделочных препаратов и другие [6].

При нанесении пен на текстильные материалы одновременно имеют место два процесса: вытекание жидкости из пены под действием силы тяжести и капиллярное всасывание жидкости в межволоконные и межнитевые пространства полотна. При использовании пены для нанесения на ткань полимера поверхностные волокна приобретают повышенную жесткость, в то время как внутренняя структура пряжи остается неизменной. И, кроме того, затрудняется скольжение уточных нитей по отношению к основным, что повышает упругие свойства ткани в целом [6].

Цель работы – установить зависимость физико-механических свойств экокож от условий формирования полимерного покрытия. Для достижения поставленной цели необходимы экс-

периментальные исследования, направленные на установление рациональных режимов получения экокож с заданными физико-механическими свойствами шабрным способом нанесения полимерного покрытия.

#### Объект и методы исследования

Для проведения исследований в лабораторных условиях кафедры «Экология и химические технологии» Витебского государственного технологического университета подготовлены опытные образцы тканей с полиуретановым покрытием. Исследуемые образцы представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев.

В качестве основы использовалась хлопкополиэфирная ткань полотняного переплетения, поверхностной плотностью  $200 \text{ г/м}^2$ , прошедшая предварительную пропитку влаго-, грязе-, маслоотталкивающей композицией. На ткань наносилось полиуретановое покрытие АО «Пигмент» (РФ, Тамбов). Кратность пены (отношение объема пены к объему раствора, пошедшего на его образование) составляла  $\beta_{n1} = 1,25$ ,  $\beta_{n2} = 1,50$ ,  $\beta_{n3} = 1,75$ .

Нанесение покрытия осуществлялось шабрным способом на учебном стенде. Схема нанесе-

ния полиуретанового покрытия на тканую основу представлена на рисунке 2.

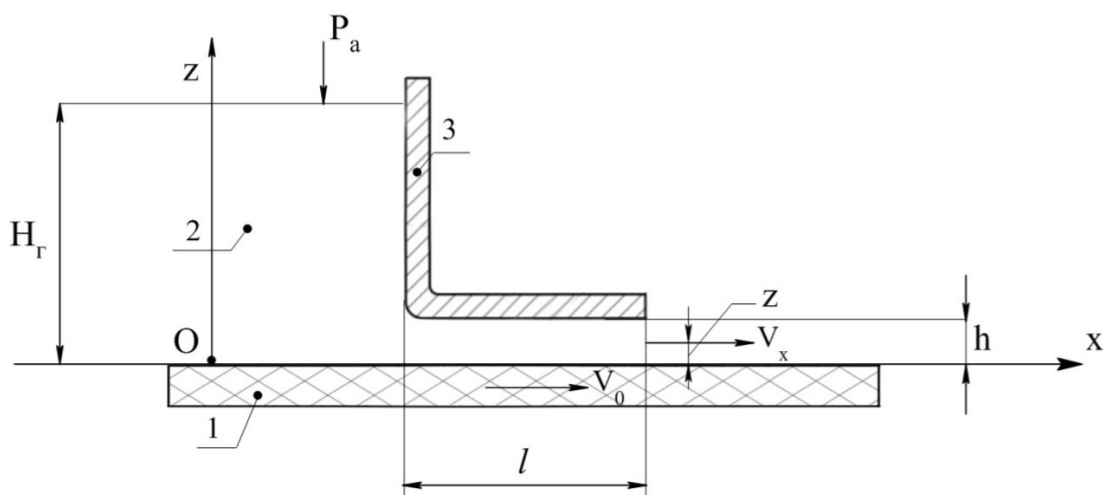
Нанесение покрытий с помощью шаберного способа основано на удалении с поверхности ткани 1 избытка полимерной массы 2 при помощи шабера 3 (ножа). Перед ножевым устройством полимерная масса в избытке наносится на полотно, проходящее через валиковую систему. При использовании шаберных систем осуществляются такие основные процессы, как выравнивание (разравнивание) покрытия, частичное вдавливание покровной массы в капиллярно-пористую структуру ткани, удаление избытка покровной массы с поверхности материала.

При нанесении вязких рабочих растворов связующих (пен) происходит частичная пропитка тканого полотна и в результате лучшее сцепление с материалом основы. Степень пропитки (проникновение пропиточного состава вглубь ткани) изменяется в определенных пределах: от заполнения межнитяных пространств до внедрения внутрь волокон. С увеличением глубины пропитки при прочих равных условиях повышается жесткость готового материала, так как ограничивается подвижность волокнистых структур, возрастает прочность сцепления полимерного

покрытия с основой.

Размер щели между шабером и опорным валом устанавливался 0,7 мм. Толщина готового материала составила 0,9 мм. За счет высокой адгезии к ткани и частичного проникновения в ее структуру полиуретановое покрытие остается прочно связанным с подложкой. Способ сушки – конвективный. Температуру термообработки устанавливали равной 90 °С, время сушки варьировали от 4 до 10 минут соответственно.

Для оценки качества тканей с полиуретановым покрытием и установления зависимостей свойств экокож с полимерным покрытием от кратности пены ( $\beta$ ) и продолжительности сушки ( $t$ ) выбраны наиболее значимые показатели качества из разработанной авторами номенклатуры показателей качества, распространяющейся на ткани с полиуретановым покрытием одежного назначения [7, 8]: воздухопроницаемость, устойчивость лицевого покрытия к истираемости, паропроницаемость, жесткость. Такие показатели, как разрывная нагрузка и удлинение при разрыве не учитывались, так как доказано, что ткань-основа обеспечивает механическую прочность композиционного материала и поддерживает нанесенный на нее слой покрытия.



$H_T$  – гидростатический напор полимерного связующего (м),  $P_a$  – атмосферное давление (Па),  
 $V_0$  – скорость движения ткани (м/с),  $h$  – толщина наносимого слоя (м)

Рисунок 2 – Схема процесса нанесения полиуретанового покрытия

Гигиенический показатель «Воздухопроницаемость» полученного материала имеет диапазон изменения близкий к плотным текстильным материалам (плащевые и курточные ткани) при определении по методике по ГОСТу 12088-77 «Материалы текстильные и изделия из них. Метод определения воздухопроницаемости». Для исследования воздухопроницаемости руководствовались данным ГОСТом. Сущность метода заключается в измерении объема воздуха, проходящего через заданную площадь испытуемого материала за единицу времени при определенном разрежении под точечной пробой.

Анализ литературных источников показал, что большая доля механического износа приходится настирание, меньшая – на многократные деформации растяжения и изгиба [3–5]. Стирание происходит вследствие внешнего трения текстильного материала о другие поверхности, которое сопровождается постепенным осыпанием полимерного покрытия, и, как следствие, потерей массы, уменьшением толщины, наконец, разрушением материала. Устойчивость к истиранию проверяли на приборе ДИТ-М, имеющий две головки и сменные пяльцы. В качестве абразива использовали серошинельное сукно диаметром 25 мм. Испытание проводили при удельном давлении абразива на ткань, равном 1 МПа (1 кгс/см<sup>2</sup>). Испытывали ткани с покрытием при скорости вращения головки прибора 100 об/мин. При разрушении элементарных проб прибор автоматически выключался. После автоматической остановки записывали число циклов вращения головки прибора, при котором произошло разрушение испытуемой пробы.

Для исследования паропроницаемости материалов был выбран гравиметрический метод, реализованный с помощью испытательного комплекта Sampler 2000, прилегающего к анализатору влажности Radwag M-50 [9, 10]. Устройство основано на прецизионных весах с дискретностью 1 мг и сушильной камере с датчиком температуры, электроникой преобразования сигнала и цифровым дисплеем. Метод является разновидностью метода Тейлора и основан на измерении убыли влаги при испарении из емкости, герметично закрытой исследуемым материалом. Температура в камере прибора контролируется в течение всего опыта

и составляет 40 °С. Время испытания – 1 час. Методика проведения испытания предусматривает предварительное кондиционирование и вырезание образцов круглой формы площадью  $S$ . Коэффициент паропроницаемости определяется расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала к площади образца материала и времени испытания (традиционный метод «Стаканчики»).

Жесткость тканей с покрытием определяли на приборе ПЖУ-12М, погрешность нагружения которого составляет не более 1 %. При проведении измерений руководствовались ГОСТом 8977-74, который распространяется на искусственные и синтетические кожи.

Точечные пробы отбирались в соответствии с ГОСТом 20566 «Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб».

#### Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

Эксперимент проводился по матрице Коно с двумя повторностями в каждой серии опытов. Для определения количества опытов проводили пробную серию дублирующих опытов, производили статистическую обработку результатов эксперимента и по формуле (1) определяли минимально необходимое количество повторов [11]:

$$n_{\min} \geq \left( \frac{\sigma \cdot t}{a \cdot k_T} \right)^2, \quad (1)$$

где  $\bar{a}$  – среднее значение;  $\sigma$  – среднее квадратическое отклонение измерений;  $k_T$  – требуемая точность измерений в относительных единицах, %;  $t$  – критерий Стьюдента, табличное значение.

В качестве входных факторов выбраны продолжительность сушки ( $t$ ) и кратность пены ( $\beta$ ). Выходные параметры: воздухопроницаемость, устойчивость лицевого покрытия к истиранию, паропроницаемость, жесткость. Интервалы и уровни варьирования входных факторов представлены в таблице 1.

В таблице 2 представлен план и результаты эксперимента.

В результате обработки экспериментальных данных в программе Statistica for Windows получены теоретико-экспериментальные зависи-

Таблица 1 – Уровни и интервалы варьирования факторов

Факторы	Нижний уровень (-1)	Основной уровень (0)	Верхний уровень (+1)	Интервал варьирования
Продолжительность сушки $t$ , (мин), $X_1$	4	7	10	3
Кратность пены, $\beta$ , $X_2$	1,25	1,5	1,75	0,25

Таблица 2 – План и результаты эксперимента

Кодированные значения		Воздухопроницаемость, $\text{дм}^3/(\text{м}^2 \cdot \text{с})$	Устойчивость к истиранию, количество циклов	Жесткость по основе, $\text{сН}$	Жесткость по утку, $\text{сН}$	Паропроницаемость, $\text{г}/(\text{м}^2 \cdot \text{ч})$
$X_1$	$X_2$					
1	1	21,6	257	9,7	8,8	11,5
-1	1	14,6	448	15,2	11,4	6,6
1	-1	15,7	288	10,6	7	10,0
-1	-1	13,6	648	18,5	15	5,70
1	0	19	278	10	7,6	11,1
-1	0	13,9	580	17,1	13,4	5,6
0	1	19,6	283	12,8	9,7	9,78
0	-1	16,2	387	15,8	14,1	7,74
0	0	17,3	319	14	12	8,4

мости эксплуатационных свойств тканей с полиуретановым покрытием от технологических режимов их получения. Достоверность моделей подтверждается высоким значением коэффициента детерминации.

Модель зависимости воздухопроницаемости от кратности пены и продолжительности сушки

$$B = 17,7 + 2,36 \cdot \beta + 1,72 \cdot t + 1,22 \cdot \beta \cdot t - 1,3 \cdot \beta^2 \quad (R^2=0,9971) \quad (2)$$

Модель зависимости устойчивости к истиранию от кратности пены и продолжительности сушки

$$I_s = 330 - 142 \cdot \beta - 55,8 \cdot t + 42,2 \cdot \beta \cdot t + 86,8 \cdot \beta^2 \quad (R^2=0,9971) \quad (3)$$

Модель зависимости жесткости от кратности пены и продолжительности сушки:

– по основе

$$G_o = 14,2 - 3,42 \cdot \beta - 1,2 \cdot t + 0,6 \cdot \beta \cdot t - 0,68 \cdot \beta^2 \quad (R^2=0,99762) \quad (4)$$

– по утку

$$G_y = 11,93 - 2,73 \cdot \beta - 2,2 \cdot t + 1,35 \cdot \beta \cdot t - 1,4 \cdot \beta^2 + 0,95 \cdot \beta^2 \cdot t \quad (R^2=0,9991) \quad (5)$$

Модель зависимости коэффициента паропроницаемости от кратности пены и продолжительности сушки

$$P = 8,49 + 2,45 \cdot \beta + 0,74 \cdot t \quad (R^2=0,9802) \quad (6)$$

По полученным моделям построены графические образы зависимости свойств материала с покрытием от технологических режимов их получения, позволяющие выявить области рациональных решений при выборе эксплуатационных свойств в соответствии с требованиями заказчика (рисунки 3–6).

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 ( $21 \text{ дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ) кратность пены должна составлять 1,75, а время сушки – 10 минут. Выбор значений технологических параметров на верхней границе варьирования позволит также повысить коэффициент паропроницаемости до  $12 \text{ г}/\text{м}^2 \cdot \text{ч}$  и снизить жесткость материала по основе и утку до  $8 \text{ сН}$ . Однако при этом снижается стойкость к истиранию до 300 циклов.

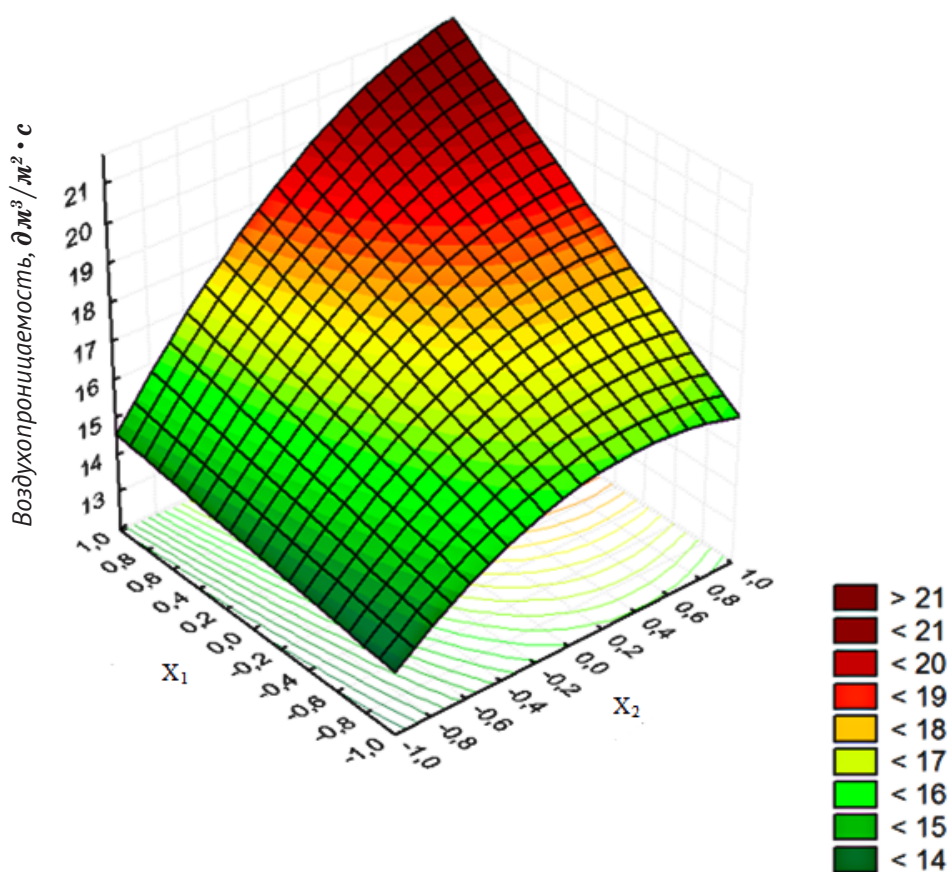


Рисунок 3 – Графическая зависимость воздухопроницаемости ( $\text{дм}^3/\text{м}^2 \cdot \text{с}$ ) от кратности пены и продолжительности сушки

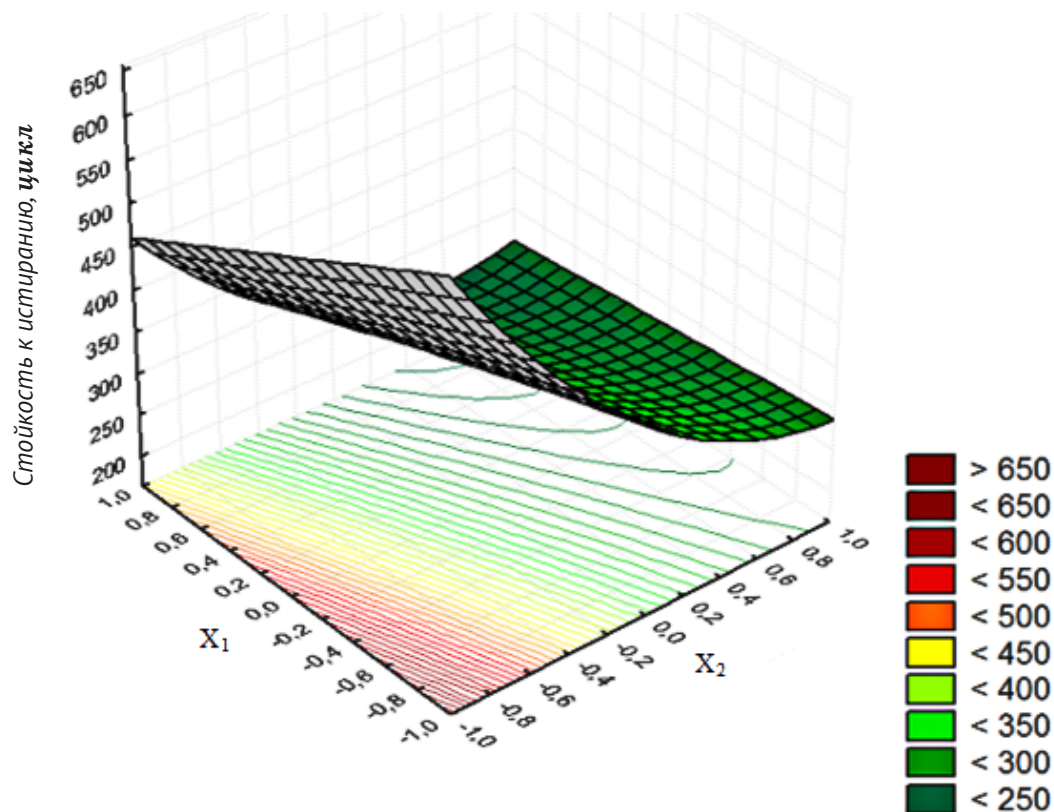


Рисунок 4 – Графическая зависимость устойчивости к истиранию (цикл) от кратности пены и продолжительности сушки

Анализ полученных данных показал, что с увеличением кратности пены и длительности сушки, показатели основных физико-механических и гигиенических свойств экокожи изменяются. Длительный процесс сушки ухудшает физико-механические свойства материала. С увеличением кратности пены уменьшается объем жидкости в ней, что приводит к уменьшению жесткости материала, улучшению его паро- и воздухопроницаемости. Целесообразно использовать высоковязкие полиуретановые композиции ( $\beta = 1,75$ ), так как низковязкие ( $\beta = 1,25$ ) слишком глубоко проникают в структуру тканевой основы, придавая тканям с покрытием повышенную жесткость. Увеличение воздухо- и паропроницаемости обусловлено снижением плотности материала, поскольку это взаимосвя-

зисимые характеристики. Сопротивление истиранию тканей с полиуретановым покрытием во многом зависит от толщины покрытия, его химической природы. Так, например, кожи с плотностью наложения  $0,1 \text{ кг/м}^2$  имеют высокое сопротивление истиранию, а кожи с меньшей плотностью наложения ( $0,05\text{--}0,06 \text{ кг/м}^2$ ) обладают значительно меньшим сопротивлением истиранию. Повышение кратности вспененной полиуретановой композиции до  $\beta = 1,75$  приводит к увеличению толщины полимерного покрытия вследствие меньшей глубины проникновения жидкости в текстильный материал, а также к повышению дисперсности, вследствие чего истираемость готового материала снижается, а воздухо- и паропроницаемость увеличиваются.



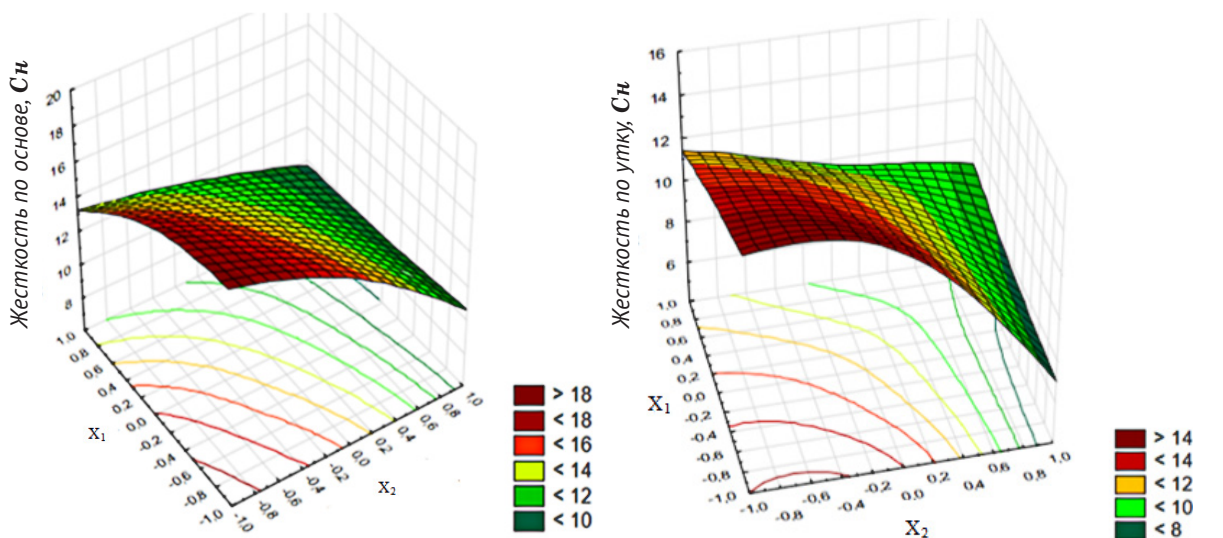


Рисунок 5 – Графическая зависимость жесткости по основе и по утку ( $C_n$ ) от кратности пены и продолжительности сушки

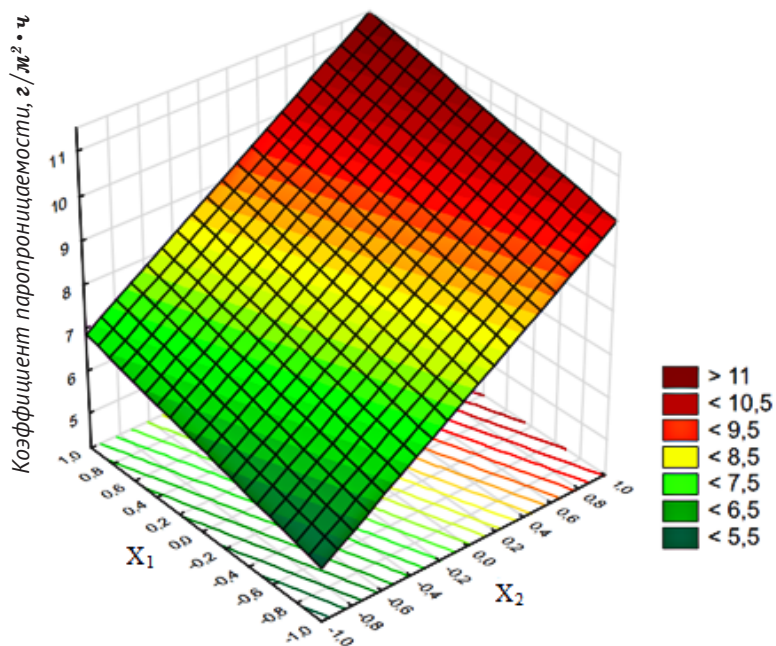


Рисунок 6 – Графическая зависимость коэффициента паропроницаемости ( $\mu / m^2 \cdot \text{ч}$ ) от кратности пены и продолжительности сушки

Данные зависимости необходимо учитывать в дальнейшем при производстве тканей с полиуретановым покрытием (экокож) в зависимости от области их применения и требований заказчика.

#### ВЫВОДЫ

В результате проведенных исследований установлены теоретико-экспериментальные зависимости физико-механических свойств тканей с полиуретановым покрытием (экокожа) от условий формирования полимерного покрытия. С увеличением кратности пены с  $\beta = 1,25$  до

$\beta = 1,75$  происходит снижение жесткости материала, улучшению его паро- и воздухопроницаемости. При длительности сушки 10 минут и кратности  $\beta = 1,75$  снижается устойчивость полимерного слоя экокожи к истираемости. Установленные зависимости позволяют выбрать рациональное соотношение между кратностью наносимой пены и продолжительностью сушки нанесенного на тканую основу вспененного покрытия, в зависимости от требований к свойствам готового материала и его назначение.

#### СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

1. Марущак, Ю. И., Ясинская, Н. Н., Скобова, Н. В. (2022), Исследование влияния температуры сушки на качество «экокожи», *Материалы Международной научно-практической конференции Лёгкая промышленность: проблемы и перспективы*, Омск, 2022, С. 52–57.
2. Ясинская, Н. Н., Ольшанский, В. И., Коган, А. Г. (2015), *Композиционные текстильные материалы*, Витебск, 2015, с. 298.
3. Бекашева, А. С. (2015), Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу, *Вестник Казанского технологического университета*, 2015, № 16, С. 134–136.
4. Вишневская, О. В. (2016), Современные методы нанесения покрытия на текстиль, *Вестник Казанского технологического университета*, 2016, № 18, С. 69–72.
5. Бекашева, А. С. (2015), Высокие технологии при создании экокож, *Вестник Казанского технологического университета*, 2015, № 19, С. 172–176.
6. Павутницкий, В. В. (2004), *Развитие теории и практики получения и применения низкократных пен в технологических процессах тек-*

#### REFERENCES

1. Marushchak, Yu. I., Yasinskaya, N. N., Skobova, N. V. (2022), Study of the effect of drying temperature on the quality of "eco-leather" [Issledovanie vliyaniya temperatury sushki na kachestvo «ekokozhi»], *Materials of the International Scientific and Practical Conference Light Industry: Problems and Prospects*, Omsk, 2022, pp. 52–57.
2. Yasinskaya, N. N., Olshansky, V. I., Kogan, A. G. (2015), *Composite textile materials* [Kompozicionnye tekstil'nye materialy], Vitebsk, 2015, p. 298.
3. 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 Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Kazan Technological University*, 2015, № 16, pp. 134–136.
4. Vishnevskaya, O. V. (2016), Modern methods of coating textiles [Sovremennye metody nanesheniya pokrytiya na tekstil'], *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Kazan Technological University*, 2016, № 18, pp. 69–72.

- стильного производства, автореферат диссертации на соискание ученой степени доктора технических наук, Санкт-Петербург, 2004, 44 с.
7. ТУВУ 200166488.205-2023. *Ткани одежные сполууретановым покрытием*. Введ. 2023-02-21, ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение», 2023, 12 с.
  8. Марущак, Ю. И., Ясинская, Н. Н., Петюль, И. А. (2023), Разработка номенклатуры показателей качества и оценка свойств экокож, *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, 2023, № 2 (404).
  9. Панкевич, Д. К., Лобацкая, Е. М. (2015), Исследование паропроницаемости водозащитных композиционных слоистых материалов, *Новое в технике и технологии в текстильной и легкой промышленности*, Витебск, 2015, С. 79–81.
  10. Дрозд, М. И., Марцинкевич, Т. Ф., Михалко, М. Н. (2012), Оценка паропроницаемости трикотажных бельевых полотен, *Вестник Витебского государственного технологического университета*, 2012, № 23 (2), С. 34.
  11. Бойко, А. Ф., Кудеников, Е. Ю. (2016), Точный метод расчета необходимого количества повторных опытов, *Вестник Белгородского государственного технологического университета им. В.Г. Шухова*, 2016, № 8, С. 128–132.
  5. Bekasheva, A. S. (2015), High technologies in the creation of eco-leather [Vysokie tekhnologii pri sozdanii ekokozh], *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of the Kazan Technological University*, 2015, № 19, pp. 172–176.
  6. Pavutnitsky, V. V. (2004), *Development of the theory and practice of obtaining and using low-expansion foams in the technological processes of textile production* [Razvitie teorii i praktiki polucheniya i primeneniya nizkokratnyh pen v tekhnologicheskikh processah tekstil'nogo proizvodstva], abstract of the thesis for the degree of Doctor of Technical Sciences, St. Petersburg, 2004, p. 44.
  7. TU BY 200166488.205-2023. *Fabrics for clothes with polyurethane coating*. Vved. 2023-02-21, Baranovichi Cotton Production Association OJSC, 2023, 12 p.
  8. Marushchak, Yu. I., Yasinskaya, N. N., Petyul, I. A. (2023), Development of a nomenclature of quality indicators and evaluation of the properties of eco-leather [Razrabotka nomenklatury pokazatelej kachestva i ocenka svojstv ekokozh], *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Teknologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, 2023, № 2 (404).
  9. Pankevich, D. K., Lobatskaya, E. M. (2015), Research on the vapor permeability of waterproof composite layered materials [Issledovanie paropronicaemosti vodozashchitnyh kompozicionnyh sloistyh materialov], *New in engineering and technology in the textile and light industry*, Vitebsk, 2015, pp. 79–81.
  10. Drozd, M. I., Martsinkevich, T. F., Mikhalko, M. N. (2012), Evaluation of the vapor permeability of knitted underwear [Ocenka paropronicaemosti trikotazhnyh bel'evykh poloten], *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta – Vestnik of Vitebsk State Technological University*, 2012, № 23 (2), P. 34.

11. Boyko, A. F., Kudenikov, E. Yu. (2016), The exact method for calculating the required number of repeated experiments [Точный метод расчета необходимого количества повторных опытов], *Vestnik Belgorodskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta im. V.G. Shukhova – Vestnik of the Belgorod State Technological University V.G. Shukhov*, 2016, № 8, pp. 128–132.

*Статья поступила в редакцию 05. 05. 2023 г.*