

Сравнительная оценка эргономических свойств тканей с полиуретановым покрытием

Ю. И. Марущак

Витебский государственный технологический университет,

Н. Н. Ясинская

Республика Беларусь

Аннотация. Эргономичность является одним из основных требований, предъявляемых к одежде в настоящее время. Задача обеспечения и улучшения эргономических свойств одежных материалов является актуальной и требует комплексного подхода.

К эргономическим показателям одежды относятся антропометрические, психофизиологические, гигиенические свойства. Искусственные кожи применяются для изготовления одежды второго слоя, поэтому такие материалы должны формировать оптимальный микроклимат в пододежном пространстве и обеспечивать максимальный комфорт при эксплуатации изделий.

С целью объективной оценки качества новых материалов с полиуретановым покрытием, производимых в Республике Беларусь, и сравнения с импортируемыми аналогами подобных материалов проведены исследования гигиенических свойств тканей с полиуретановым покрытием различных производителей, заявленные как материалы одежного назначения с хорошей паро- и воздухопроницаемостью.

Производители искусственных кож, придавая им пористость, в полной мере не решают проблемы низких гигиенических свойств, так как размер пор оказывается слишком большим. Натуральные кожи обладают порами среднего размера, и испарения через них выходят, но влага внутрь не попадает. В белорусских тканях с пористым полиуретановым покрытием удалось добиться микропористости, аналогичной натуральной коже, так что в отличие от прежних заменителей они обладают хорошими гигиеническими свойствами (паро- и воздухопроницаемость, гигроскопичность). Повышенные значения показателей также обусловлены хлопчатобумажной тканью саржевого переплетения в основе материала. Образцы обладают удовлетворительными грязеоталкивающими свойствами, усадка после мокрых обработок отсутствует.

Белорусские ткани с микропористым полиуретановым покрытием превосходят импортные аналоги с монолитным и пористым покрытием и близки по эргономическим показателям с натуральными кожами, что обуславливает их преимущество при использовании в качестве материалов одежного назначения второго слоя.

Ключевые слова: эргономичность, гигиенические свойства, пористый полиуретан, одежда второго слоя, ткань, микроклимат, экокожа.

Информация о статье: поступила 8 мая 2024 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 57-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 18–19 апреля 2024 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

Comparative assessment of ergonomic properties of polyurethane coated fabrics

Yulia I. Maruschak

Vitebsk State Technological University,

Natallia N. Yasinskaya

Republic of Belarus

Abstract. Ergonomics is one of the main requirements for clothing at present. The task of ensuring and improving the ergonomic properties of clothing materials is relevant and requires an integrated approach.

Ergonomic indicators of clothing encompass anthropometric, psychophysiological, and hygienic properties. Artificial leather finds application in second-layer clothing, demanding optimal microclimate creation within the under-garment space to

maximize user comfort.

In order to objectively assess the quality of newly developed materials with a polyurethane coating produced in the Republic of Belarus and compare them with imported analogues of similar materials, studies were conducted on the hygienic properties of fabrics with a polyurethane coating from various manufacturers, declared as clothing materials with good vapor and air permeability.

Despite manufacturers endowing artificial leather with porosity, the challenge of inadequate hygienic properties persists due to excessively large pore sizes. In contrast, natural leather features medium-sized pores that allow vapor diffusion while preventing moisture ingress. Belarusian fabrics, incorporating a porous polyurethane coating, achieve microporosity akin to natural leather. Unlike previous substitutes, these fabrics exhibit favorable hygienic properties, including vapor and air permeability as well as hygroscopicity. The cotton twill fabric forming the material base contributes to elevated performance indicators.

Notably, the samples demonstrate satisfactory dirt-repellent properties, and no shrinkage occurs after wet treatment.

Belarusian fabrics, featuring a microporous polyurethane coating, outperform imported counterparts with a monolithic and porous coating. Their ergonomic indicators closely align with those of natural leather, establishing their advantage as clothing materials for the second layer.

Keywords: ergonomics, hygienic properties, porous polyurethane, second layer clothing, fabric, microclimate, eco-leather.

Article info: received May 8, 2024.

The article summarizes the research materials presented at the 57th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 18–19, 2024 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

Введение

Текстильные материалы, используемые при производстве одежды второго слоя должны соответствовать комплексу требований, которые предъявляют к ней потребители. Одними из главных потребительских характеристик повседневной одежды являются показатели эргономичности, которые определяют степень соответствия одежды антропометрическим особенностям человека, ее соответствие санитарно-гигиеническим нормам, удобство пользования изделием в соответствующих условиях. Эргономические показатели характеризуют удобство и комфорт эксплуатации изделия в системе «человек-изделие-окружающая среда» и учитывают соответствие материалов различным эргономическим требованиям человеческого организма (Орленко и Гаврилова, 2009). Одежда и материалы второго слоя должны обеспечить создание оптимального пододежного микроклимата, способствовать удалению испарений и отвечать характеру выполняемой работы. В рамках данной работы интерес представляют гигиенические свойства, поскольку именно благодаря им обеспечивается максимальный комфорт при эксплуатации изделия.

Гигиенические свойства одежды во многом обеспечиваются показателями паро- и воздухопроницаемости, и гигроскопичности материала. Паропроницаемость

определяет способность материала пропускать водяные пары как изнутри, так и снаружи, и зависит от его толщины и пористости. Недостаточный уровень паропроницаемости ведет к задержанию паров, выделяемых телом человека, в пространстве под одеждой, увлажнению одежды и снижению ее теплозащитных свойств. Воздухопроницаемость обеспечивает поддержание теплового баланса с окружающей средой и удаление из пододежного пространства углекислоты, влаги и кожных выделений. Гигроскопичность – свойство тканей адсорбировать на своей поверхности пары из окружающего воздуха, поглощать пот и влагу. Это особенно важно для обеспечения нормального теплообмена. Высокая гигроскопичность материалов позволяет поглощать испаряющийся пот с поверхности кожи, одновременно сохраняя на достаточном уровне теплозащитные свойства (Дарханова и Айтуленова, 2018).

Натуральные и искусственные кожи широко применяются при производстве одежды и кожгалантерейных изделий (Никитина и Гаврилова, 2013). Искусственные кожи применяются для изготовления одежды второго слоя, поэтому такие материалы должны формировать оптимальный микроклимат в пододежном пространстве. Искусственные кожи не всегда обеспечивают удовлетворительные гигиенические показатели, поскольку монолитный полимерный слой делает такие материа-

лы непроницаемыми для пара и воздуха (рисунок 1 б) [Бекашева, 2014; Бокова и Андрианова, 2008; Zhang Y. & Zhang Q., 2012]. Такие материалы используются для пошива одежды третьего слоя (куртки, пальто), а также для мебели и декора, где гигиенические свойства не играют первостепенной роли.

На сегодняшний день технологии совершенствуются и все большую популярность приобретают ткани с лицевым микропористым полиуретановым покрытием (экокожи) [Рахматуллина и Панкова, 2022; Вишневецкая, 2016]. Главной отличительной чертой тканей с микропористым полиуретановым покрытием (экокож) от существующих искусственных кож является комплекс гигиенических показателей материала, которые обеспечивают в пододежном пространстве оптимальный микроклимат для нормального функционирования организма человека и являются для него безвредными. Анализ литературных источников выявил, что трактовка термина экокожа различна. Под этим названием может подразумеваться, например, полимерное покрытие, нанесенное на натуральный спилоч или же композитное полотно, где в качестве основы используется текстильное полотно, а в качестве матрицы – полимерное покрытие (ПУ, ПВХ). Также встречаются публикации, где под экокожей подразумевают материал Pinatex, который представляет полностью натуральный материал, созданный из растительных волокон [Кудринский и Тюрин,

2022]. В целом, этот материал может иметь множество разновидностей, и прежде всего потому, что нет единого общемирового определения термина экокожа. Специалисты кожевенной индустрии считают некорректным применение терминов «экокожа», «веган-кожа» [Бекашева, 2015]. Следует отметить, что в белорусском и российском законодательствах также отсутствует понятие «экокожа». В рамках данной работы используется следующая трактовка: ткань с полиуретановым покрытием – текстильный композиционный материал, где в качестве основы используется хлопчатобумажная или хлопкополиэфирная ткань, а лицевой слой представляет собой вспененный полиуретан. Вспенивание полимеров позволяет решить проблему низкой проницаемости материала. Среди большого числа полимерных материалов, используемых в текстильной промышленности, особое место занимают полиуретаны, что обусловлено весьма ценным и специфичным комплексом свойств [Potočić & Skenderi, 2013]. Наличие большого числа полярных групп обеспечивает высокую адгезию покрытий к поверхностям, а специфические свойства полиуретанов – высокие физико-механические свойства покрытий [Камалова, 2014].

Ткань с полиуретановым покрытием напоминает по своему виду натуральную кожу, в наибольшей степени приближается к ней по комплексу показателей гигиенических свойств и обеспечивает максимальный

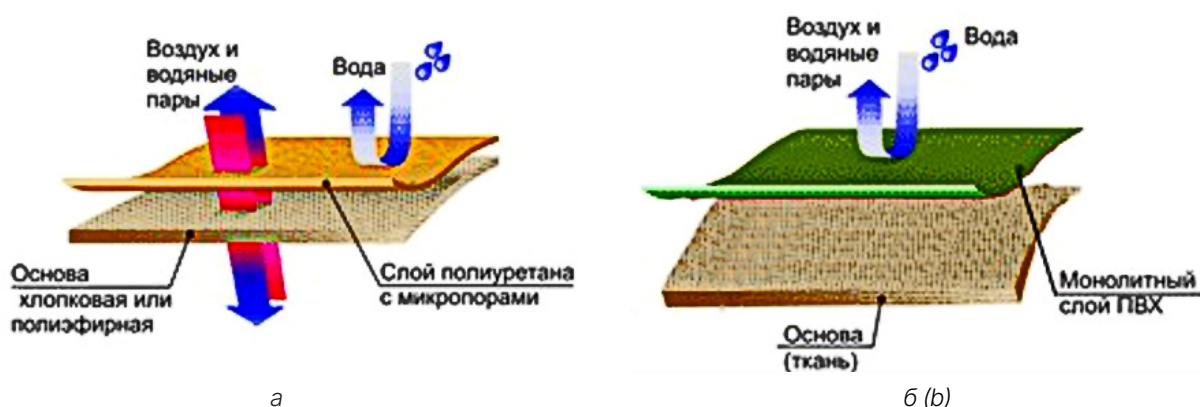


Рисунок 1 – Схемы материалов: а – с микропористым полиуретановым покрытием, б – с монолитной ПВХ пленкой

Figure 1 – Material schemes: a – with microporous polyurethane coating, b – with monolithic PVC film

комфорт при их использовании в качестве материалов для производства одежды второго слоя. Отличительной особенностью этого материала от существующих искусственных кож является повышенная паро- и воздухопроницаемость (рисунок 1 а).

Ткань с полиуретановым покрытием является популярным материалом для производства одежды второго и третьего слоев. В Беларуси формирование ассортимента подобного материала осуществляется за счёт импорта искусственных кож и тканей с покрытием из-за рубежа (Китай, Россия, Турция). Производители заявляют, что данные материалы обладают хорошими показателями паро- и воздухопроницаемости. В рамках инновационного проекта авторами и специалистами предприятия ОАО «БПХО» разработана и внедрена технология формирования микропористого полиуретанового покрытия на тканой основе (Марущак и др., 2023). По разработанной технологии полиуретановая композиция предварительно вспенивается до необходимой кратности и шаберным способом наносится на хлопчатобумажную либо хлопкополиэфирную ткань. Далее материал подвергается сушке и термофиксации. С помощью зазора между шабером и валками возможно варьировать толщину полимерного покрытия в зависимости от назначения готового материала.

Объект и методы исследования

Цель работы – установить эргономические показатели тканей с полиуретановым покрытием белорусского

производства и провести сравнительный анализ с импортными аналогами.

Белорусские образцы тканей с полиуретановым покрытием получены в производственных условиях ОАО «Барановичское производственное хлопчатобумажное объединение» различной толщины. Представляют собой композиты, образованные сочетанием двух слоев. В качестве основы использовали хлопчатобумажную ткань саржевого переплетения. Для полимерного покрытия использовали препараты текстильной химии фирмы «СНТ» (Германия). Характеристики объектов исследования представлены в таблице 1.

Для исследования паропроницаемости материалов был выбран гравиметрический метод, реализованный с помощью анализатора влажности «Radwag» М-50, руководствуясь ГОСТ 22900-78 «Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения» и рекомендациями разработчика прибора. Температуру в камере прибора контролировали в течение всего опыта (40 °С). Время термостатирования – 30 минут, время испытания – 1 час. Коэффициент паропроницаемости определяли расчетным методом как отношение массы водяных паров, прошедших через пробу материала к площади образца материала и времени испытания. Воздухопроницаемость опытных образцов определяли в соответствии с ГОСТ 8973-77 «Кожа искусственная. Метод определения воздухопроницаемости», гигроскопичность –

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования
Table 1 – Characteristics of research objects

Шифр	Состав материала Материал-основа/лицевой слой	Толщина материала, мм	Поверхностная плотность, г/м ²	Производитель
№ 1р	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,74	300	Беларусь
№ 2з	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,45	260	Беларусь
№ 3ч	Х/б, ткань саржевого переплетения / пористый полиуретан	0,93	390	Беларусь
№ 4ч	Х/б, ткань полотняного переплетения / пористый полиуретан	0,76	430	Китай
№ 5б	Полиэстер, ткань саржевого переплетения / монолитный полиуретан	0,45	265	Китай
№ 6з	Полиэстер, ткань полотняного переплетения / пористый полиуретан	0,8	500	Россия

ГОСТ 8971-78 «Кожа искусственная, пленочные материалы и обувной картон. Методы определения гигроскопичности и влагоотдачи», интенсивность запаха водных вытяжек – инструкция 1.1.10-12-96-2005 «Гигиеническая оценка тканей, одежды и обуви». При одориметрических исследованиях материала второго слоя одежды использовали водные вытяжки. Усадку определяли в соответствии с ГОСТ 8972-78 «Кожа искусственная. Методы определения намокаемости и усадки». Оценка грязеотталкивающих свойств проводили по методике Soil-Release AA TCC-Test 130-1969. Капли декантированных экстрактов наносили на поверхность испытуемого материала при температуре 50 °С. По истечении 5 минут капли удаляли грушей, остатки жидкости – фильтровальной бумагой. Если на материале оставался заметный след от капли, определяли диаметр полученного пятна. О качестве судили по диаметру грязного пятна, если диаметр не превышал 0,5 см, а само загрязнение легко удалялось после стирки, то грязеотталкивающие свойства считали удовлетворительными. Загрязняющий состав: экстракт кофе, концентрация 37 г/л; экстракт чая, концентрация 30 г/л.

Для измерения толщины полимерного слоя проводили микроскопию в отраженном свете с помощью ис-

следовательского микроскопа Альтами МЕТ 5Т. Толщину полимерного слоя определяли, как среднее арифметическое длин не менее 10 поперечных линий, проведенных от верхней кромки полимера до текстильной основы с одинаковым шагом. Измерения проводили поперек каждой нити основы (Марущак и Ясинская, 2024).

Экспериментальные исследования и обсуждение результатов

В таблице 2 представлены результаты исследований эргономических показателей тканей с полиуретановым покрытием.

Рекомендуемые значения паропроницаемости для материалов второго слоя составляют 3,5–4 мг/(см²·ч). Анализ экспериментальных данных (таблица 2) показал, что импортируемые материалы под номерами № 4ч, № 5б, № 6з отличаются крайне низкой способностью пропускать пары воды и воздух. Их паропроницаемость составила около 4–5 мг/см²·ч, что значительно ниже аналогичного показателя у образцов белорусского производства 15–18 мг/см²·ч. Паропроницаемость для разных кож составляет от 0,5 до 11,6 мг·см²/ч. Например, паропроницаемость хромовых кож без покрытий достигает 7–11,6 мг·см²/ч, лаковых кож – 1,1 мг·см²/ч (Стельмашенко и Розаренова, 2019). Анализируя данные,

Таблица 2 – Эргономические показатели тканей с полиуретановым покрытием

Table 2 – Ergonomic properties of polyurethane coated fabrics

Показатель	Значения показателей					
	№ 1р	№ 2з	№ 3ч	№ 4ч	№ 5б	№ 6з
Толщина покрытия, мкм	395–410	90–105	700–720	405–415	170–195	390–405
Воздухопроницаемость, дм ³ /м ² ·с	383,5	221,6	117,3	0,15	0,04	0,03
Коэффициент паропроницаемости, мг/см ² ·ч	18,1	15,7	17,9	4,07	5,0	1,0
Гигроскопичность, %	8,19	9,6	8,3	6,45	0	0
Интенсивность запаха, балл	0	0	0	1	1	0
Усадка	0	0	0	0,6	0,6	0
Грязеотталкивающие свойства	удовл.	удовл.	удовл.	удовл.	остались следы от кофе	удовл.

опытные образцы тканей с полиуретановым покрытием белорусского производства обладают лучшей паропрооницаемостью, чем, например, лаковые и хромовые кожи с покрытием, что дает преимущество исследуемому материалу перед некоторыми видами кож.

В соответствии с ТР ТС 017/2011 показатель воздухопроницаемость нормируется для материалов и изделий второго слоя и составляет не менее 100 дм³/м²·с. Числовые значения воздухопроницаемости импортных образцов позволяют сделать вывод, что данные материалы непроницаемы для воздуха. Низкая проницаемость материалов обусловлена структурой лицевого покрытия, не обладающего сквозной пористостью. Высшие значения воздухопроницаемости присущи тканям с пористым полиуретановым покрытием белорусского производства (образцы № 1р, № 2з, № 3ч). По справочным данным (Стельмашенко и Розаренова, 2019), в большинстве случаев, воздухопроницаемость кожи с лицевым покрытием находится в пределах 20–100 дм³/м²·с. Высшие ее значения присущи козам с белковыми покрытиями, низкие – в равной мере козам с нитроцеллюлозными и акриловыми покрытиями. Существуют кожи с лицевым покрытием, совершенно не пропускающие воздух. По результатам исследований установлено, что воздухопроницаемость опытных образцов тканей с пористым полиуретановым покрытием белорусского производства превышают числовые значения этого же показателя искусственных кож с монолитным полимерным покрытием и исследуемых импортных образцов.

Одним из важных свойств натуральной кожи является ее высокая гигроскопичность (15–18 % при 20 °С и относительной влажности 65 %). Рекомендуемые значения гигроскопичности для материалов второго слоя составляют 3–7 %. У исследованных материалов белорусского производства (образцы № 1р, № 2з, № 3ч) и одного импортного образца (№ 4ч) гигроскопичность меньше, чем у натуральной кожи и в среднем составляет 8,2 %. Образцы № 5б и № 6з обладают нулевой гигроскопичностью. По оценке водных вытяжек, интенсивность запаха исследуемых образцов не превышает 1 балла, что подтверждает соответствие образцов санитарно-гигиеническим требованиям. Усадка образцов минимальна (№ 4ч, № 5б), а в некоторых случаях отсутствует (№ 1р, № 2з, № 3ч, № 6з).

Грязеотталкивающие свойства придают материалу улучшенные потребительские свойства, легкость удаления загрязнений различного происхождения. Исследуемые ткани с покрытием белорусского производства (№ 1р, № 2з, № 3ч) и некоторые импортные образцы (№ 4ч, № 6з) обладают удовлетворительными грязеотталкивающими свойствами. На образце № 5б заметны пятна от экстракта кофе. Для такого материала рекомендуется предварительно перед эксплуатацией изделия обрабатывать поверхность водоотталкивающими препаратами.

Выводы

Производители искусственных кож, придавая им пористость, всё равно не решают проблемы низких гигиенических свойств, так как размер пор оказывается слишком большим. Натуральные кожи обладают порами среднего размера, и испарения через них выходят, но влага внутрь не попадает. В белорусских тканях с пористым полиуретановым покрытием удалось добиться микропористости, аналогичной натуральной коже, так что в отличие от прежних заменителей они обладают хорошими гигиеническими свойствами (паро- и воздухопроницаемость, гигроскопичность). Повышенные значения показателей также обусловлены хлопчатобумажной тканью саржевого переплетения в основе материала.

Интенсивность запаха исследуемых образцов не превышает 1 балла, что подтверждает соответствие образцов санитарно-гигиеническим требованиям. Усадка образцов минимальна, а в некоторых случаях отсутствует.

Исследуемые материалы белорусского производства и некоторые образцы импортного обладают удовлетворительными грязеотталкивающими свойствами. Для удаления бытовых загрязнений (чай, кофе, сок и т. д.) поверхность необходимо обрабатывать увлажнённой мягкой тканью, затем протереть насухо. Таким же способом удаляются пыльный налет и грязь.

Белорусские ткани с пористым полиуретановым покрытием превосходят импортные аналоги и близки по эргономическим показателям с натуральными кожами, что обуславливает их преимущество при использовании в качестве материалов одежного назначения второго слоя.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Бекашева, А. С. (2014). Использование полимерных материалов при создании одежды в индустриальном стиле. *Вестник Казанского технологического университета*, № 16, С. 50–51.
- Бекашева, А. С. (2015). Характеристики и свойства экокожи – материала, имитирующего натуральную кожу. *Вестник технологического университета*, № 16, С. 134–136.
- Бокова, Е. С. и Андрианова, Г. П. (2008). Полиуретаны в производстве искусственных и синтетических кож. *Полиуретановые технологии*, № 17, С. 105–111.
- Вишневецкая, О. В. (2016). Современные методы нанесения покрытия на текстиль. *Вестник технологического университета*, № 18, С. 69–72.
- Дарханова, А. Т. и Айтуленова, К. Т. (2018). Исследование свойств ассортимента современной искусственной кожи для поясной одежды. *Вестник Алматинского технологического университета*, № 4, С. 24–28.
- Камалова, Э. Р. (2014). Использование новых видов полимеров в производстве искусственных кож. *Вестник Казанского технологического университета*, № 4, С. 101–102.
- Кудринский, С. В. и 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 экокож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 404, С. 103–111.
- Марущак, Ю. И. и Ясинская, Н. Н. (2023). Влияние многократных стирок на физико-механические свойства экокож. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 46, С. 9–17.
- Никитина, Л. Л. и Гаврилова, О. Е. (2013). Обзор развития и состояния производства искусственных кож для изделий легкой промышленности. *Вестник Казанского технологического университета*, № 21, С. 184–188.
- Орленко, Л. В. и Гаврилова, Н. И. (2009). *Конфекционирование материалов для одежды*. Москва: ИНФРА-М, Российская Федерация.
- Рахматуллина, Г. Р. и Панкова, Е. А. (2022). Инновационные, экологически безопасные технологии получения высококачественных кож. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 397, С. 192–196.
- Стельмашенко, В. И. и Розаренова, Т. В. (2019). *Материалы для одежды и конфекционирование*. Москва, Российская Федерация.
- Potočić Matković, V. M. and Skenderi, Z. (2013). Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, № 100, pp. 86–91.
- Zhang, Y. and Zhang, Q. (2012). Mechanical properties of polyvinylchloride-coated fabrics processed with Preconstraint (R) technology. *Journal of Reinforced Plastics and Composites*, № 31, pp. 1670–1684.

REFERENCES

- Bekasheva, A. S. (2014). The use of polymer materials when creating clothes in an industrial style [Ispol'zovanie polimernykh materialov pri sozdanii odezhdny v industrial'nom stile]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 16, pp. 50–51 (in Russian).
- Bekasheva, A. S. (2015). Characteristics and properties of eco-leather - a material that imitates natural leather [Harakteristiki i svoystva ekokozihi – materiala, imitiruyushchego natural'nuyu kozhu]. *Vestnik tekhnologicheskogo universiteta = Herald of the Technological University*, № 16, pp. 134–136 (in Russian).

Bokova, E. S. and Andrianova, G. P. (2008). Polyurethanes in the production of artificial and synthetic leathers [Poliuretany v proizvodstve iskusstvennyh i sinteticheskikh kozh]. *Poliuretanovye tekhnologii = Polyurethane technologies*, № 17, pp. 105–111 (in Russian).

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

Darkhanova, A. T. and Aitulenova, K. T. (2018). Study of the properties of a range of modern artificial leather for waist clothing [Issledovanie svoystv assortimenta sovremennoj iskusstvennoj kozhi dlya poynasnoj odezhdy]. *Vestnik Almatinskogo tekhnologicheskogo universiteta = Vestnik of Almaty Technological University*, № 4, pp. 24–28 (in Russian).

Kamalova, E. R. (2014). The use of new types of polymers in the production of artificial leather [Ispol'zovanie novykh vidov polimerov v proizvodstve iskusstvennykh kozh]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 4, pp. 101–102 (in Russian).

Kudrinsky, S. V. and Tyurin, I. N. (2022). Study of the properties and determination of the composition of eco-materials based on plant leather [Issledovanie svoystv i opredelenie sostava ekomaterialov na osnove rastitel'noj kozhi]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 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 svoystv ekokozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 404, pp. 103–111 (in Russian).

Marushchak, Yu. I. and Yasinskaya, N. N. (2023). The influence of multiple washings on the physical and mechanical properties of eco-leather [Vliyaniye mnogokratnykh stirok na fiziko-mekhanicheskie svoystva ekokozh]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, № 46, pp. 9–17 (in Russian).

Nikitina, L. L. and Gavrilo, O. E. (2013). Review of the development and state of production of artificial leather for light industry products [Obzor razvitiya i sostoyaniya proizvodstva iskusstvennykh kozh dlya izdelij legkoj promyshlennosti]. *Vestnik Kazanskogo tekhnologicheskogo universiteta = Herald of Kazan Technological University*, № 21, pp. 184–188 (in Russian).

Orlenko, L. V. and Gavrilo, N. I. (2009). *Konfekcionirovanie materialov dlya odezhdy* [Confectioning of materials for clothing]. Moscow: INFRA-M, Russian Federation (in Russian).

Rakhmatullina, G. R. and Pankova, E. A. (2022). Innovative, environmentally friendly technologies for producing high-quality leather [Innovacionnyye, ekologicheski bezopasnyye tekhnologii polucheniya vysokokachestvennykh kozh]. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*, № 397, pp. 192–196 (in Russian).

Stelmashenko, V. I. and Rozarenova, T. V. (2019). *Materialy dlya odezhdy i konfekcionirovanie* [Clothing materials and packaging]. Moscow, Russian Federation (in Russian).

Potočić Matković, V. M. and Skenderi, Z. (2013). Mechanical Properties of Polyurethane Coated Knitted Fabrics. *Fibres and Textiles in Eastern Europe*, № 100, pp. 86–91.

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

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

E-mail: yasinskayann@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), Chair of the Department "Ecology and Chemical Technologies", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: yasinskayann@rambler.ru