

Влияние температуры воздуха и многоциклового изгиба на уровень водонепроницаемости мембранных текстильных материалов

Е. И. Ивашко,
А. Н. Буркин

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь*

Аннотация. Влагозащитные текстильные материалы с полимерным покрытием широко применяются для изготовления специальной одежды работников нефтяной, газовой, химической и других отраслей промышленности. В процессе эксплуатации такие материалы подвергаются комплексному воздействию механических нагрузок (многоциклового изгиба, растяжения, истирания) и факторов внешней среды (перепада температур, осадков, ультрафиолетового излучения). Совместное действие этих факторов приводит к постепенному снижению защитных свойств, в первую очередь – уменьшению уровня водонепроницаемости. В связи с этим актуальной задачей является оценка совместного влияния механического износа и факторов внешней среды на уровень водонепроницаемости.

Целью работы является определение влияния температуры воздуха и многоциклового изгиба на уровень водонепроницаемости текстильных материалов с покрытием для прогнозирования эксплуатационного срока носки изделия.

В качестве объектов исследования были выбраны два типа влагозащитных текстильных материалов с полиуретановым микропористым покрытием и с мембранным слоем производства ОАО «Моготекс» Республика Беларусь. Для определения изменения уровня водонепроницаемости влагозащитных текстильных материалов с покрытием после воздействия многоциклового изгиба при установленных параметрах температуры и влажности воздуха применялась методика исследования эксплуатационных свойств влагозащитных материалов в различных температурно-влажностных условиях. Для выявления совместного влияния температуры воздуха от +5 до +15 °С и количества циклов изгиба в диапазоне от 150 до 300 килоциклов на уровень водонепроницаемости исследуемых текстильных материалов с покрытием был проведён полный факторный эксперимент и получены экспоненциальные мультипликативные модели.

Полученные модели и установленные закономерности могут быть использованы для научно-обоснованного прогнозирования срока службы спецодежды в зависимости от климатических условий региона и интенсивности механических нагрузок.

Ключевые слова: влагозащитные материалы, водонепроницаемость, многоциклового изгиб, температура воздуха, регрессионная модель, специальная одежда.

Информация о статье: поступила 18 марта 2026 года.

Influence of air temperature and multi-cycle bending on the level of waterproofness of membrane textile materials

Katsiaryna I. Ivashko,
Alexander N. Burkin

*Vitebsk State Technological University,
Republic of Belarus*

Abstract. Moisture-proof polymer-coated textile materials are widely used for the manufacture of special clothing for workers in the oil, gas, chemical and other industries. During operation, such materials are subjected to the complex effects of mechanical loads (multi-cycle bending, stretching, abrasion) and environmental factors (temperature fluctuations, precipitation, ultraviolet radiation). The combined effect of these factors leads to a gradual decrease in protective properties, primarily a decrease in the level of water resistance. In this regard, an urgent task is to assess the combined effect of mechanical wear and environmental factors on the level of water resistance.

The aim of the work is to determine the effect of air temperature and multi-cycle bending on the level of water resistance of coated textiles to predict the wear life of the product.

Two types of water-resistant textiles with a microporous polyurethane coating and a membrane layer, manufactured by Mogotex (Republic of Belarus), were selected as the objects of study. To determine the change in the water resistance of the water-resistant coated textiles after exposure to high-cycle bending at specified temperature and humidity parameters, a method for studying the performance properties of water-resistant materials under various temperature and humidity conditions was used.

To identify the combined effect of air temperature from +5 to +15 °C and the number of bending cycles in the range from 150 to 300 kilocycles on the water resistance level of the studied coated textile materials, a complete factorial experiment was conducted and exponential multiplicative models were developed.

The resulting models and patterns can be used for scientifically-based forecasting of the service life of workwear depending on the climatic conditions of the region and the intensity of mechanical loads.

Keywords: moisture-proof materials, water resistance, multi-cycle bending, air temperature, regression model, special clothing.

Article info: received March 18, 2026.

Введение

Среди текстильных материалов, обладающих уникальными функциональными свойствами, особое место занимают влагозащитные материалы с полимерным покрытием [Lutz, C., Rödel, F. and Eibl, S., 2024; Yu, X. et al., 2024]. В отличие от водоотталкивающих пропиток, покрытия образуют защитный слой, обеспечивающий высокое сопротивление проникновению воды и устойчивость материала к внешним воздействиям [Панкевич Д.К., 2024].

Существуют два основных способа нанесения полимерного покрытия на текстильный материал [Пророкова Н.П., Кумеева Т.Ю. и Кириухин Д.П., 2025; Ташмухамедов Ф.Р. и Шардарбек М.Ш., 2019; Jay R. Ghonia et al., 2024]. Первый способ предусматривает нанесение полимерного состава (полиуретан, поливинилхлорид, акрилаты и др.) непосредственно на текстильный слой с использованием ракля, распыления или валика, после чего материал подвергают термофиксации. Второй, переносной, заключается в том, что покрытие сначала формируют на вспомогательной подложке, а затем переносят на текстильный слой под действием тепла и давления. Оба способа являются востребованными и применяются исходя из функционального назначения материалов.

Благодаря своим характеристикам влагозащитные материалы с покрытием широко используются для изготовления специальной одежды для нефтяной, газовой, химической и других отраслей промышленности [Зиятдинова Д.Р. и Абуталипова Л.Н., 2024; Метелева О.В., 2013].

Специальная одежда в процессе эксплуатации неизбежно подвергается воздействию целого ряда факторов, которые постепенно снижают её защитные свойства

[Padleckienė I. & Petrulis D., 2010]. Одной из основных причин влияющих на изменение свойств материалов является механический износ. Материалы, применяемые для изготовления специальной одежды, подвергаются таким видам воздействия, как трение, растяжение, изгиб и сжатие. В своих работах учёные отмечают значительное влияние изгиба на снижение уровня водонепроницаемости материалов с покрытиями [Zelová K. & Glombikova V., 2024; Ghezal I., et al., 2019]. Одновременно с механическим износом, на материал воздействуют факторы внешней среды. Ультрафиолетовое излучение, осадки и перепады температур запускают процессы разрушения полимеров. Эти процессы приводят к изменениям в структуре материала, что, в свою очередь, сказывается на его физических свойствах [Williams, J., 2017].

В реальных условиях эксплуатации изделия из защитных материалов подвергаются комплексному и одновременному воздействию нескольких факторов. Изучение совместного влияния механического износа и факторов внешней среды является одной из наиболее актуальных задач в области материаловедения. Поэтому в настоящее время в исследованиях используется комплексный подход к оценке износа, что позволяет максимально точно прогнозировать поведение материала в реальных условиях.

Таким образом, целью данной работы является определение влияния температуры воздуха и многоциклового изгиба на уровень водонепроницаемости текстильных материалов с покрытием для прогнозирования эксплуатационного срока носки изделия.

Объекты исследований

В качестве объектов исследования были выбраны образцы влагозащитных материалов с полиуретановым микропористым покрытием (ПлПУМ) и мембранным слоем (ПлЛАМ), производства ОАО «Моготекс» (Республика Беларусь). Все образцы выработаны из полиэфирных нитей и имеют тканую основу, выполненную полотняным переплетением.

Характеристика исследуемых образцов представлена в таблице 1.

Методы и средства исследований

Для определения изменения уровня водонепроницаемости влагозащитных текстильных материалов с покрытием после воздействия многоциклового изгиба при установленных параметрах температуры и влажности воздуха применяли методику исследования эксплуатационных свойств влагозащитных материалов в различных температурно-влажностных условиях (Ивашко, 2021). Методика распространяется на влагозащитные материалы и изделия из них, содержащие полимерный слой, за исключением материалов, в которых содержатся токопроводящие компоненты. Данная методика может быть использована на различных стадиях изготовления продукции, а также при контроле ее качества и заключается в моделировании циклического изгиба при создании определенных климатических условий в течение определенного времени и оценке изменения уровня водонепроницаемости материала после снятия нагрузки.

Для испытания в качестве образцов используют пробы без видимых повреждений. Из материала вырезают три элементарные пробы прямоугольной формы размером 50 мм × 90 мм. Их располагают в зажимах рабочего блока установки для испытания полимерных материалов, схема которого представлена на рисунке 1 следующим образом: пробу сгибают вдоль средней линии лицевой поверхностью внутрь и один конец пробы

вставляют до упора в подвижный зажим и закрепляют винтом (рисунок 2а). Свободный конец пробы выворачивают лицевой поверхностью наружу (рисунок 2б) и без натяжения закрепляют в неподвижном зажиме (рисунок 2в). После этого включают рабочий блок 8 установки и проверяют правильность закрепления элементарных проб. При правильной заправке элементарные пробы формируют бегущую складку, концы зажимов 10 не упираются в материал пробы, а направляют складку, не натягивая и не деформируя её.

Выключают рабочий блок 8 установки, закрывают климатическую камеру 7 и задают температуру и влажность воздуха, соответствующие условиям эксплуатации материалов. По достижении заданных параметров включают рабочий блок 8 установки, приводя в движение подвижные зажимы 10 с элементарными пробами.

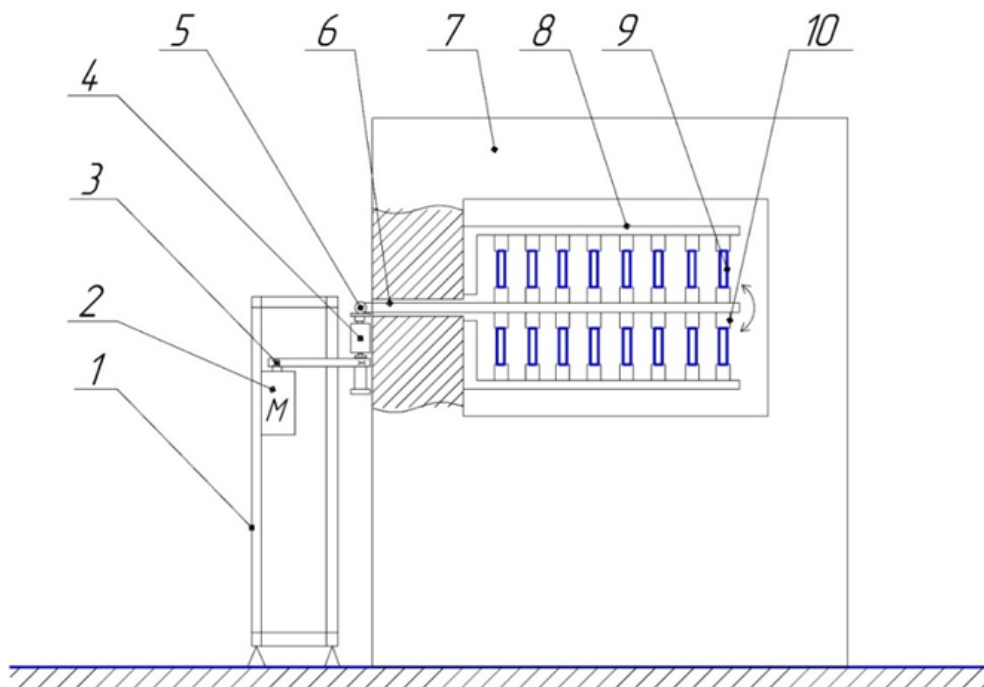
После окончания испытаний пробы вынимают из зажимов 10 установки и проводят измерение водонепроницаемости в центральной части элементарной пробы.

Уровень водонепроницаемости измеряют в трех точках пробы с помощью прибора для оценки водозащитных свойств методом гидростатического давления (Буркин А.Н. и др., 2021), схема которого представлена на рисунке 3.

Для определения водонепроницаемости необходимо в измерительную ячейку 1, установленную на диэлектрической пластине 2, залить воду в объеме, обеспечивающем формирование выпуклого мениска. Расположить испытуемый материал лицевой стороной к воде и накрыть крышкой 3 с кольцевой резиновой накладкой. С помощью переключателя 7 включить устройство 6 светозвуковой индикации проникания воды, активируя источник питания. Удерживая прибор за стойку 5, вращением ручки 4 зажима образца прижать крышку 3 с кольцевой резиновой накладкой к измерительной ячейке 1. Плавным последовательным вращением ручек 12 регулировки давления создать необходимое гидроста-

Таблица 1 – Характеристика исследуемых образцов
Table 1 – Characteristics of the studied samples

Артикул	Способ нанесения покрытия	Поверхностная плотность, г/м ²	Число нитей на 10 см		Толщина, мм	Водонепроницаемость, кПа
			по основе	по утку		
ПлПУМ	наносной	142	538	498	0,20	8
ПлЛАМ	переносной	134	504	346	0,19	100



1 – стойка, 2 – электродвигатель, 3 – клиноременная передача, 4 – редуктор,
5 – кривошипно-коромысловый механизм, 6 – техническое отверстие, 7 – климатическая камера,
8 – рабочий блок, 9 – элементарная проба образца материала, 10 – зажим

Рисунок 1 – Схема установки для испытания полимерных материалов
Figure 1 – Scheme of the setup for testing polymeric materials

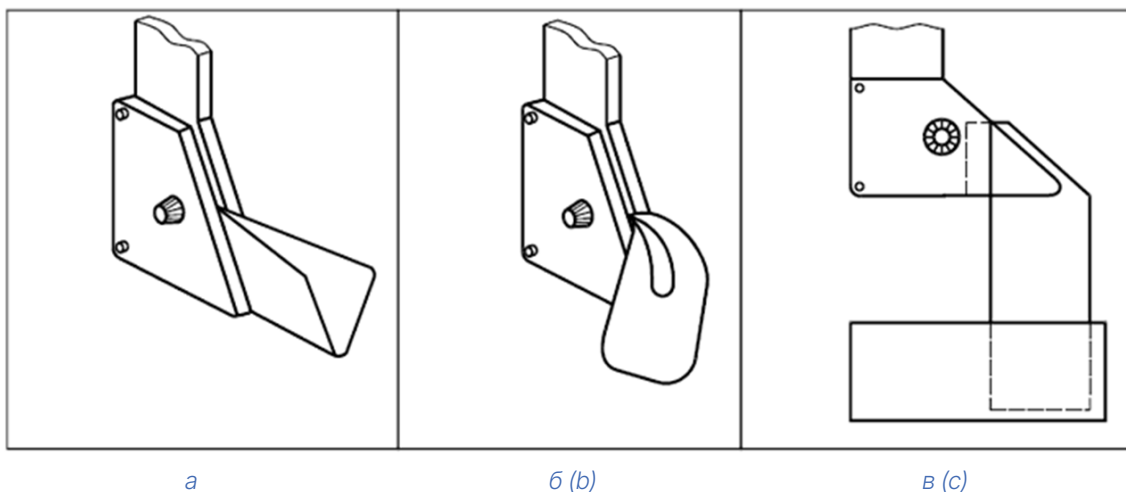
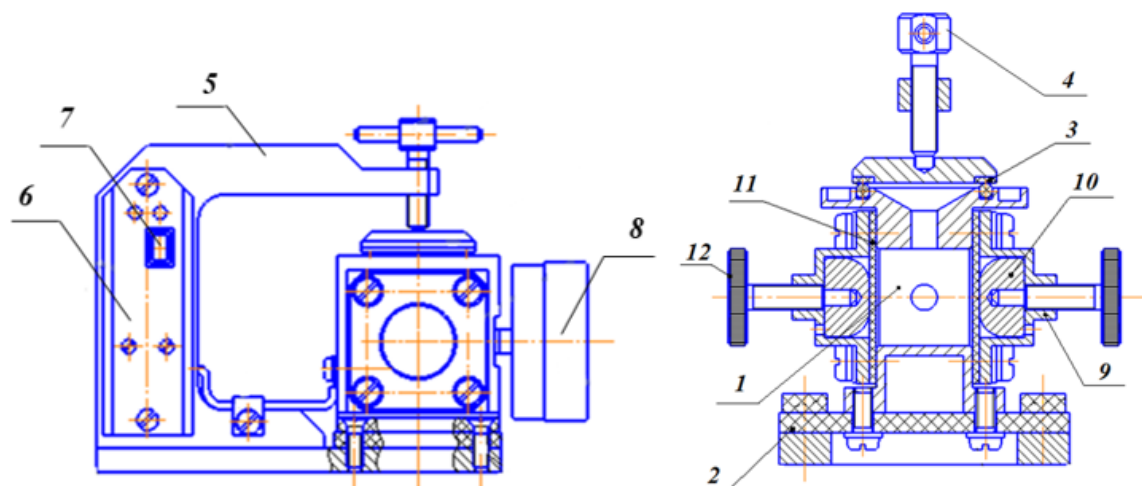


Рисунок 2 – Схема закрепления элементарных проб
Figure 2 – Scheme of fixing elementary samples



1 – измерительная ячейка (корпус); 2 – диэлектрическая пластина;
3 – крышка с резиновой накладкой и встроенным датчиком воды; 4 – ручка зажима образца;
5 – стойка; 6 – светозвуковой индикатор промокания; 7 – переключатель; 8 – манометр;
9 – щека упора; 10 – упор; 11 – мембрана; 12 – ручки регулировки давления

Рисунок 3 – Схема прибора для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления

Figure 3 – Scheme of the device for determination of waterproof properties of materials by hydrostatic pressure method

тическое давление в измерительной ячейке 1 путем воздействия на упоры 10, закрепленные щеками 9 упоров и прогибающие мембраны 11. Объем измерительной ячейки 1 уменьшается, а гидростатическое давление в ней повышается и вода под давлением воздействует на испытуемый материал. В момент появления воды на обратной стороне испытуемого материала электрическая цепь замыкается и срабатывает устройство 6 светозвуковой индикации проникания воды. Величина гидростатического давления в измерительной ячейке 1 определяется по манометру 8.

Результаты исследований

Для определение влияния температуры воздуха и многоциклового изгиба на уровень водонепроницаемости текстильных материалов с покрытием (таблица 1), используемых для изготовления специальной одежды, были определены диапазон и интервалы варьирования управляемых факторов исходя из требований ГОСТ Р 124.288-2013 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от воды.

Технические требования»¹ и климатическими условиями региона эксплуатации [Михеева А.И., 2013]. Матрица планирования эксперимента представлена в таблице 2.

Для выявления совместного влияния температуры воздуха (T , °C) и количества циклов изгиба [N , тыс. циклов] на уровень водонепроницаемости (W , кПа) исследуемых текстильных материалов с покрытием был проведен полный факторный эксперимент. На основе анализа литературных источников (Padleckienė I. & Petrulis D., 2010; Панкевич Д.К. и Цуран А.А, 2017) в качестве базовой была выбрана экспоненциальная мультипликативная модель. Оценка параметров модели проводилась с использованием программного пакета «gretl». Для каждого типа материала по экспериментальным данным были рассчитаны коэффициенты модели. Уравнения регрессии для материалов с полиуретановым микропористым покрытием (ПлПУМ) и мембранным слоем (ПлЛАМ) имеет вид (1–2).

¹ Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от воды. Технические требования: ГОСТ Р 124.288-2013. – Введ. 01.12.2014. – Москва: Стандартинформ, 2014. – 9 с.

$$W_{\text{ПлПУМ}} = 8,153 \cdot \exp^{(-0,008N+0,0003N \cdot T)} \quad (1)$$

$$W_{\text{ПлЛАМ}} = 116,058 \cdot \exp^{(-0,0024N)(0,857+0,0143 \cdot T)} \quad (2)$$

Качество полученных моделей оценивали по скорректированному коэффициенту детерминации. Для материала ПлПУМ $R^2 = 0,98$, для ПлЛАМ $R^2 = 0,96$, что подтверждает высокую адекватность экспоненциальных моделей экспериментальным данным.

Анализ результатов

Оба исследуемых материала в исходном состоянии (таблица 1) имеют высокий уровень водонепроницаемости, соответствующий требованиям ГОСТ Р 124.288-2013 «Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная для защиты от воды. Технические требования»¹ и Технического регламента Таможенного союза ТР ТС 019/2011 «О безопасности средств индивидуальной защиты»². После моделирования эксплуатационных нагрузок защитные свойства материалов претерпевают существенные изменения, что отражается на их уровне водонепроницаемости.

Материал ПлЛАМ сохраняет водонепроницаемость на уровне значительно превышающем минимальные требования ГОСТ Р 124.288-2013 для 3-го класса защиты

² ТР ТС 019/2011 Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (с изменениями на 27 ноября 2019 года) - принят решением Комиссии Таможенного союза от 9 декабря 2011 года.

(от 7 кПа) и ТР ТС 019/2011 (не менее 2 кПа), тогда как материал ПлПУМ, имеющий значительно более низкие начальные значения уровня водонепроницаемости, после многоциклового изгиба почти полностью теряет защитные свойства.

Вывод

Установлено, что совместное действие многоциклового изгиба в диапазоне от 150 до 300 килоциклов и температуры воздуха от +5 до +15 °С приводит к экспоненциальному снижению водонепроницаемости исследуемых материалов. Полученные регрессионные модели позволяют прогнозировать водонепроницаемость в заданном диапазоне эксплуатационных параметров.

Многоциклового изгиб является преобладающим фактором снижения водонепроницаемости для обоих типов материалов. Однако степень его влияния существенно выше для материалов с полиуретановым микропористым покрытием. При увеличении циклов изгиба водонепроницаемость образца ПлПУМ снижается в среднем на 52 %, тогда как для ПлЛАМ это падение составляет порядка 31 %.

Температура воздуха также оказывает заметное влияние, но более выраженный эффект оказывает на образец ПлЛАМ.

Полученные модели и установленные закономерности могут быть использованы для научно-обоснованного прогнозирования срока службы спецодежды в зависимости от климатических условий региона и интенсивности механических нагрузок.

Таблица 2 – Матрица планирования эксперимента
Table 2 – Experimental design matrix

№ п/п	T, температура воздуха, °С	N, количество циклов изгиба, килоциклы	W, водонепроницаемость образца ПлПУМ после воздействия, кПа	W, водонепроницаемость образца ПлЛАМ после воздействия, кПа
1	5	150	3	75
2	10	150	4	80
3	15	150	5	85
4	5	225	2	65
5	10	225	3	70
6	15	225	4	75
7	5	300	1	50
8	10	300	2	55
9	15	300	3	60

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

Буркин, А.Н., Панкевич, Д.К., Ивашко, Е.И. и Терентьев, А.А. (2021). Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления, патент РБ № 12855, МПК G01N15/08, заявлено 2021.10.15, опубликовано 30.04.2022, Бюл. № 2.

Зиятдинова, Д.Р. и Абуталипова, Л.Н. (2024). Исследование эксплуатационных свойств текстильных материалов с защитной отделкой. *Костюмология*, Т. 9, № 4.

Ивашко, Е.И. (2021). Разработка методики исследования эксплуатационных свойств мембранных текстильных материалов. Сборник научных работ студентов Республики Беларусь «НИРС 2020». с. 88–93.

Метелева, О.В. (2013). *Исследование водозащитных свойств швейных изделий*. Иваново: ИГТА, Российская Федерация.

Михеева, А.И. (2013). Географическое распределение температуры воздуха в Беларуси. *Сборник докладов Республиканской научно-технической конференции аспирантов, магистрантов и студентов «Инновации в технике и технологии дорожно-транспортного комплекса». Секция «Дорожная климатология»*. Том 1, с. 116–138.

Панкевич, Д.К. (2024). Рекомендации по области применения и исследованию свойств водозащитных многофункциональных текстильных материалов для одежды. *Костюмология*, Т. 9, № 4.

Панкевич, Д.К. и Цуран, А.А. (2017). Влияние многоцикловых механических нагрузок на водонепроницаемость материалов для водозащитной одежды. *Материалы докладов 50-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов посвящённой году науки*. Том 2, с. 169–172.

Пророкова, Н.П., Кумеева, Т.Ю. и Кирюхин, Д.П. (2025). Гидрофобизация полиэфирных тканей с использованием теломеров тетрафторэтилена. *Вестник Витебского государственного технологического университета*, № 1 (51), с. 101–110.

Ташмухамедов, Ф.Р. и Шардарбек, М.Ш. (2019). Золь-гель способ фиксации в получении гидрофобного покрытия. *Наука и новые технологии*, № 2 (140). с. 99–108.

Ghezal Imene, Moussa Ali, Imed Ben Marzoug, Ahmida el achari, Christine Campagne and Sakli Faouzi (2019). Evaluating the Mechanical Properties of Waterproof Breathable Fabric Produced by a Coating Process. *Clothing and Textiles Research Journal*. Vol. 37, No. 4

Jay R. Ghonia, Nidhi G. Savani, Vimalkumar Prajapati and Bharatkumar Z. Dholakiya (2024). A review on polyurethane based multifunctional materials synthesis for advancement in textile coating applications. *Journal of Polymer Research*, Vol. 31, No. 3.

Lutz, C., Rödel, F. and Eibl, S. (2024). Comparison of ePTFE membranes with fluorine-free alternatives considering durability of laminated fabrics. *Textile Research Journal*. Vol. 94, No. 23–24.

Padleckienė, I. and Petrulis, D. (2010). Monitoring Flexing Fatigue Damage in the Coating of a Breathable-Coated Textile. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 18, No. 2 (79), pp. 73–77.

Williams, J. (2017). *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Cambridge: The Textile Institute, England.

Yu, X., Wu, W., Xu, G., Wang, L., Yu, H., Kan, C.W., Yan, J., Wang, X., Wang, Z., Wu, Y., Wen, L. and Zhou, Q. (2024). Thermostable, water-repellent, moisture-permeable Nomex nanofibrous membranes with a connected PTFE network for personal protective fabrics. *Colloid and Interface Science Communications*. Vol. 60, 100782.

Zelová, K. and Glombikova, V. (2024). The effect of cyclic wrinkling on the durability of waterproof breathable functional outdoor materials for sportswear. *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 116, No. 1, pp. 1–14.

REFERENCES

Burkin, A.N., Pankevich, D.K., Ivashko, E.I. and Terent'ev, A.A. (2021). Pribor dlya opredeleniya vodozashchitnykh svoystv materialov metodom gidrostaticheskogo davleniya, patent RB № 12855, MPK G01N15/08, zayavleno 2021.10.15, opublikovano 30.04.2022, Byul. № 2 (In Russian).

Ziyadinova, D.R. and Abutalipova, L.N. (2024). Investigation of performance properties of textile materials with protective finish [Issledovanie ekspluatatsionnykh svoystv tekstil'nykh materialov s zashchitnoy otdealkoy]. *Kostyumologiya = Costumology*, Vol. 9, No. 4 (In Russian).

Ivashko, E.I. (2021). Development of a methodology for studying the performance properties of membrane textile materials [Razrabotka metodiki issledovaniya ekspluatatsionnykh svoystv membrannykh tekstil'nykh materialov]. *Sbornik nauchnykh rabot studentov Respubliki Belarus' «NIRS 2020» = Collection of scientific works of students of the Republic of Belarus "NIRS 2020"*, pp. 88–93 (In Russian).

Metel'eva, O.V. (2013). *Issledovanie vodozashchitnykh svoystv shvejnykh izdelij* [Study of waterproof properties of garments] monograph. Ivanovo: IGTA, Russian Federation (In Russian).

Mikheeva, A.I. (2013). Geographical distribution of air temperature in Belarus [Geograficheskoe raspredelenie temperatury vozdukh v Belarusi]. *Sbornik dokladov Respublikanskoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii aspirantov, magistrantov i studentov «Innovatsii v tekhnike i tekhnologii dorozhno-transportnogo kompleksa» = A collection of papers from the Republican Scientific and Technical Conference of Postgraduate, Master's, and Undergraduate Students «Innovations in Engineering and Technology of the Road Transport Complex»*, Vol. 1, pp. 116–138 (In Russian).

Pankevich, D.K. (2024). Recommendations on the application and investigation of water-protective multifunctional textile materials for clothing [Rekomendatsii po oblasti primeneniya i issledovaniyu svoystv vodozashchitnykh mnogofunktsional'nykh tekstil'nykh materialov dlya odezhdy]. *Kostyumologiya = Costumology*, Vol. 9, No. 4 (In Russian).

Pankevich, D.K. and Tsuran, A.A. (2017). Influence of multi-cycle mechanical loads on the water permeability of materials for water-protective clothing [Vliyanie mnogotsiklovyykh mekhanicheskikh nagruzok na vodonepronitsaemost' materialov dlya vodozashchitnoy odezhdy]. *Materialy dokladov 50-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferentsii prepodavatelej i studentov posvyashchyonnoj godu nauki = Proceedings of the 50th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students Dedicated to the Year of Science*. Vol. 2, pp. 169–172. (In Russian).

Prorokova, N.P., Kumeeva, T.Yu. and Kiryukhin, D.P. (2025). Hydrophobization of polyester fabrics using tetrafluoroethylene telomers [Gidrofobizatsiya poliefirnykh tkaney s ispol'zovaniem telomerov tetraftoretilena]. *Vestnik Vitebskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta = Bulletin of Vitebsk State Technological University*, No. 1 (51), pp. 101–110 (In Russian).

Tashmukhamedov, F.R. and Shardarbek, M.Sh. (2019). Sol-gel fixation method for obtaining a hydrophobic coating [Zol'-gel' sposob fiksatsii v poluchenii gidrofobnogo pokrytiya]. *Nauka i novye tekhnologii = Science and New Technologies*, No. 2 (140), pp. 99–108 (In Russian).

Ghezal Imene, Moussa Ali, Imed Ben Marzoug, Ahmida el achari, Christine Campagne and Sakli Faouzi (2019). Evaluating the Mechanical Properties of Waterproof Breathable Fabric Produced by a Coating Process. *Clothing and Textiles Research Journal*. Vol. 37, No. 4

Jay R. Ghonia, Nidhi G. Savani, Vimalkumar Prajapati and Bharatkumar Z. Dholakiya (2024). A review on polyurethane based multifunctional materials synthesis for advancement in textile coating applications. *Journal of Polymer Research*, Vol. 31, No. 3.

Lutz, C., Rödel, F. and Eibl, S. (2024). Comparison of ePTFE membranes with fluorine-free alternatives considering durability of laminated fabrics. *Textile Research Journal*. Vol. 94, No. 23–24.

Padleckienė, I. and Petrušis, D. (2010). Monitoring Flexing Fatigue Damage in the Coating of a Breathable-Coated Textile. *FIBRES & TEXTILES in Eastern Europe*, Vol. 18, No. 2 (79), pp. 73–77.

Williams, J. (2017). *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. Cambridge: The Textile Institute, England.

Yu, X., Wu, W., Xu, G., Wang, L., Yu, H., Kan, C.W., Yan, J., Wang, X., Wang, Z., Wu, Y., Wen, L. and Zhou, Q. (2024). Thermostable, water-repellent, moisture-permeable Nomex nanofibrous membranes with a connected PTFE network for personal protective fabrics. *Colloid and Interface Science Communications*. Vol. 60, 100782.

Zelová, K. and Glombikova, V. (2024). The effect of cyclic wrinkling on the durability of waterproof breathable functional outdoor materials for sportswear. *The Journal of The Textile Institute*, Vol. 116, No. 1, pp. 1–14.

Информация об авторах

Information about the authors

Ивашко Екатерина Игоревна

Магистр технических наук, начальник отдела «Испытательный центр», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

Буркин Александр Николаевич

Доктор технических наук, профессор кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: trt@vstu.by

Katsiaryna I. Ivashko

Master of Technical Sciences, Head of the Department «Testing Center», Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: ivashkokatrinka@mail.ru

Alexander N. Burkin

Doctor of Science (in Engineering), Professor of the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: trt@vstu.by