

КОМПЛЕКСНАЯ ОЦЕНКА ВОДОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МАТЕРИАЛОВ С УЧЕТОМ ДЕЙСТВИЯ ЭКСПЛУАТАЦИОННЫХ И ТЕХНОЛОГИЧЕСКИХ ФАКТОРОВ

COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF THE WATERPROOF PROPERTIES OF MATERIALS TAKING INTO ACCOUNT THE ACTION OPERATIONAL AND TECHNOLOGICAL FACTORS

М.В. ЗИМИНА, Л.Л. ЧАГИНА

M.V. ZIMINA, L.L. CHAGINA

(Костромской государственной университет)

(Kostroma State University)

E-mail: ziminamv1977@rambler.ru, lyu-chagina@yandex.ru

В статье предложена методика оценки устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. Проведены комплексные экспериментальные исследования водозащитных свойств материалов курточного ассортимента для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями, приближенные к условиям эксплуатации данного ассортимента изделий, которые подтвердили целесообразность дифференцированного подхода к конфекционированию материалов в пакеты одежды для маломобильных граждан. Выявлено, что при проектировании и оценке качества одежды с водозащитной функцией целесообразно учитывать специфику эксплуатационных воздействий в процессе носки, технологические факторы и конструктивные особенности изделий. По данным эксперимента рассчитаны обобщающие комплексные показатели качества, которые позволили выявить материалы с максимальным ресурсом водозащитных свойств по совокупности единичных показателей. Результаты исследований могут быть использованы на стадии проектирования адаптивной одежды при выборе материалов и конструкторско-технологических решений.

The article proposes a methodology for assessing the resistance of materials to water penetration, taking into account the action of operational and technological factors. Comprehensive experimental studies of the water-protective properties of the materials of the jacket assortment for adaptive clothing of people with limited motor abilities, close to the operating conditions of this product range, have been carried out, which confirmed the feasibility of a differentiated approach when confecting materials into clothing packages for small-mobile citizens. It is revealed that when designing and evaluating the quality of clothing with a waterproof function, it is advisable to take into account the specifics of operational impacts during wear, technological factors and design features of products. According to the experimental data, generalizing complex quality indicators were calculated, which made it possible to identify materials with the maximum resource of water-protective properties according to the totality of individual indicators. The results of the research can be used at the design stage of adaptive clothing in choosing materials and design and technological solutions.

Ключевые слова: водозащитные свойства материала, эксплуатационные и технологические факторы, комплексная оценка, адаптивная одежда.

Keywords: waterproof properties of the material, operational and technological factors, comprehensive assessment, adaptive clothing.

Введение

Защита от воздействия факторов окружающей среды, таких, как атмосферные осадки в виде дождя и снега, холод, является одной из важнейших функций одежды курточного ассортимента. На основе анализа отзывов потребителей и по результатам проведенного экспертного исследования выявлено, что одной из значимых характеристик, определяющих качество верхней адаптивной одежды, является водозащитная функция материала. Для оценки устойчивости текстильных материалов к проникновению воды применяют различные показатели: водонепроницаемость, водоупорность, водоотталкивание. Обратными характеристиками являются водопроницаемость и намокаемость.

Методы исследования

Детальное рассмотрение отечественных и зарубежных нормативных документов, анализ научных исследований по оценке водозащитных свойств текстильных материалов и изделий [1-10] показывают, что существует два различных подхода к определению устойчивости текстильных полотен к действию воды, а именно: испытания по принципу дождевания и по способности сопротивляться проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления, при этом на сегодняшний день не существует четкой градации между понятиями *водонепроницаемость*, *водоупорность* и *водоотталкивание*. Как правило, под водонепроницаемостью и водоупорностью понимают устойчивость к проникновению воды при наличии гидростатического или гидродинамического давления; водоотталкивание – способность сопротивляться смачиванию от дождевых капель. Водонепроницаемость (водоупорность) характеризуют минимальным давлением или максимальной высотой слоя воды, при которых начинается ее про-

никновение через материал, а также временем, по истечении которого третья капля или определенный объем воды проходит через материал при постоянном давлении воды или при падении капель с определенной высоты. Водоотталкивание определяется по состоянию поверхности материала после дождевания. Испытание по ГОСТ 30292-96 методом дождевания [2] предусматривает использование, кроме показателей водоупорности, водопроницаемости и водоотталкивания, показателя намокаемости.

К свойствам материалов для одежды маломобильных людей предъявляются повышенные требования [11-13]. В процессе эксплуатации адаптивная одежда верхнего ассортимента должна обеспечивать комфорт маломобильного человека длительное время, при этом создание изделий высокого качества базируется на правильном конфекционировании материалов.

Оценка способности материалов к скапыванию воды, попавшей на поверхность по принципу дождевания, в большей степени соответствует реальным условиям носки, поскольку в процессе эксплуатации адаптивной одежды, например чехлов для ног, при действии атмосферных осадков на поверхности изделия может образовываться определенное скопление воды.

При проведении испытаний используется проба в форме круга диаметром 170 ± 1 мм, которую плотно зажимают между двумя кольцами, формируя заданный прогиб для заполнения водой, и укрепляют лицевой стороной вверх на опорный элемент. С помощью аэрозольного распылителя на поверхность образца равномерно в течение 25...30 с распыляется 250 мл воды. После распыления элементарная проба оставляется на 2 часа, после чего осуществляется стряхивание оставшейся воды с образца и оценка состояния поверхности

в условных единицах в соответствии с эталонами ГОСТ 30292-96 [2]. При этом для более объективной количественной оценки в интервале от 0 до 50 условных единиц введена дополнительная оценка состояния поверхности образца: намокает вся лицевая сторона пробы, а на изнаночной стороне намокание пробы превышает 1/2 части поверхности (30 условных единиц).

При анализе пригодности материалов для изготовления водозащитной одежды наибольшую значимость приобретает надежность как свойство сохранять первоначальное значение водонепроницаемости, иначе назначение такой одежды не может быть обеспечено [10]. В предлагаемой методике для оценки и прогнозирования водозащитной функции адаптивной одежды с целью дальнейшего учета при конфекционировании и проектировании изделий предусмотрены экспериментальные исследования устойчивости материалов к проникновению воды с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов. Исследование и оценка водозащитных свойств материалов с применением разработанной методики осуществляется в несколько этапов с учетом влияния наиболее значимых факторов производства и эксплуатации.

В частности, при эксплуатации адаптивной одежды курточного ассортимента наиболее интенсивно происходит механический износ текстильного материала в местах, подверженных трению, что приводит к снижению водозащитных свойств за счет разрушения покрытия и повреждения структуры основы. Значимой причиной изменения водонепроницаемости швейного изделия являются многократно повторяющиеся циклические деформации различного характера, так как для одежды несвойственно статическое состояние [9]. Кроме того, исследуемый ассортимент изделий подвержен многократным стиркам. Исходя из этого в качестве воздействий, характерных для условий носки верхней адаптивной одежды, выбраны многократные мокрые обработки, истирание и многоцикловые двухосные деформации растяжения.

Исследование и оценка влияния истирающих воздействий на водозащитные свойства материалов осуществлялись в два этапа: механический износ до момента изменения цвета материалом и истирание заданным количеством циклов (1000 циклов). Количество циклов определено экспериментально. В адаптивной одежде человека в инвалидном кресле, совершающего однотипные характерные движения при управлении средством передвижения, подобные результаты износа можно наблюдать после 2-5 лет эксплуатации в зависимости от вида материала.

Согласно разработанной методике вторым эксплуатационным воздействием является стирка, проходящая в 2 этапа. Первый этап соответствует 5 циклам стирки в течение 30 минут при $t=30^{\circ}\text{C}$, второй этап – 10 стирок при тех же условиях. Стирки выполнялись в соответствии с рекомендациями по уходу.

В качестве третьего эксплуатационного воздействия выбрана двухосная циклическая деформация растяжения. Испытания осуществлялись на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Конструктивно устройство состоит из станины, модулей линейного перемещения, металлических планок-зажимов и сервопривода, включающего инкрементный преобразователь угловых перемещений (инкрементный энкодер), электромотор с редуктором, блок питания и управления [14].

Наряду с эксплуатационными воздействиями на защитные свойства одежды влияют технологические факторы производства. Один из значимых параметров снижения водозащитных свойств – наличие швов в изделии: нарушение герметичности в первую очередь наблюдается в местах соединения деталей. Поэтому в качестве технологического фактора выбраны ниточные соединения различных конструкций, выполненные с применением универсального швейного оборудования. Испытания проб со швами осуществлялись по аналогичной

методике до появления на изнаночной стороне материала влажного пятна или первой капли воды. Осмотры производились с промежутком в 30 мин. В качестве критерия водозащитных свойств принято время, за которое произошло промокание элементарной пробы.

Результаты

В качестве объектов исследований использованы образцы материалов с водоот-

талкивающей пропиткой и полимерным покрытием, применяемые при производстве верхней адаптивной одежды (накидок, чехлов для ног, комбинезонов и т. п.) для людей с ограниченными двигательными возможностями (табл. 1).

Таблица 1

Номер и наименование материала	Переплетение	Покрытие	Поверхностная плотность Ms, г/м ²	Толщина материала b, мм
1. Оксфорд R/S PU	Рогожка с добавлением армированной нити	Одностороннее полиуретановое	249	0,4
2. Материал с мембранным покрытием	Саржевое	Одностороннее полиуретановое	150	0,2
3. Оксфорд R/S	Рогожка с армированной нитью	Без покрытия	232	0,3
4. Дюспо 240Т	Плотняное	Одностороннее полиуретановое	71	0,1
5. Курточная ткань	Плотняное	Одностороннее полиуретановое	93	0,2
6. Оксфорд R/S PU honeysomb	Ромбовидная саржа с добавлением армированной нити	Водоотталкивающая пропитка PU	205	0,3

В ходе исследования выявлено (табл. 2), что у материалов Оксфорд R/S PU, Дюспо 240Т, Оксфорд R/S PU honeysomb и материала с мембранным покрытием после проведения испытания на лицевой стороне после стряхивания не остаются капли воды. Такая степень устойчивости материала к проникновению воды оценивается показателем 100 условных единиц в соответствии

со стандартными эталонами [2]. У материала Оксфорд R/S намокание пробы превышает 1/3 часть лицевой поверхности, при этом изнаночная сторона остается сухой. Курточная ткань имеет самые низкие водоотталкивающие характеристики: намокает вся лицевая сторона пробы, но при этом на изнаночной стороне пятна намокания отсутствуют.

Таблица 2

Номер пробы	Показатель водозащитных свойств исходной пробы, усл. ед.	Показатель водозащитных свойств после воздействия							КПК		
		эксплуатационное						технологическое		G _j	K _{Gj}
		истирание, усл. ед.		стирка, усл. ед.		двухосные деформации растяжения, усл. ед.	стачной шов, ч	настрочной шов, ч			
		1 этап	2 этап	1 этап	2 этап						
1	100	100	80	100	90	90	5.0	4.5	0,97	0,93	
2	100	90	60	100	90	90	5.5	5.0	0,92	0,84	
3	70	60	50	70	60	50	3.5	3.0	0,6	0,58	
4	100	90	60	100	80	80	2.5	2.0	0,65	0,51	
5	60	50	30	60	50	50	2.5	2.0	0,52	0,46	
6	100	100	80	100	90	80	5.0	4.5	0,97	0,93	

Анализируя результаты испытаний проб, подвергнутых механическому износу, можно сделать вывод о целесообразности

оценки водоотталкивающих свойств с учетом истирающих воздействий. Из четырех материалов с полной герметичностью ис-

ходных проб после первого этапа истирания лишь два образца – Оксфорд R/S PU и Оксфорд R/S PU honeycomb с полиуретановым покрытием – не изменили первоначального значения. У остальных материалов обнаружено снижение устойчивости материала к проникновению воды: не более 10 условных единиц после первого цикла истирания и до 40 после второго по сравнению с исходной пробой. Ухудшение показателя водозащитных свойств произошло за счет частичной потери водоотталкивающего слоя или нарушения структуры текстильного материала.

После первого этапа стирки устойчивость материалов к проникновению воды не изменилась по сравнению с исходной. В результате второго этапа многократных стирок исследуемый показатель снизился на 10-20 условных единиц (см. табл. 2).

По результатам испытаний проб, подвергнутых многоцикловым двухосным деформациям растяжения, можно сделать вывод, что данный фактор находится на втором месте после истирающих воздействий по уровню снижения водозащитных свойств исследуемых материалов (см. табл. 2).

На рис. 1 показаны значения показателей водозащитных свойств исходных проб и после трех видов эксплуатационных воздействий.

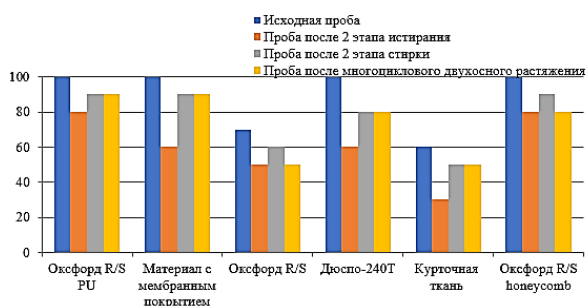


Рис. 1

Анализ результатов испытаний проб со швом позволяет констатировать максимально негативное влияние швов на водозащитные свойства в сравнении с исследуемыми эксплуатационными воздействиями. При наличии конструктивного членения у всех материалов в интервале эксперимен-

тального исследования 2,0...5,5 часа на изнаночной стороне материала наблюдалось появление влажного пятна или первой капли воды (см. табл. 2). Лучший результат у материала с мембранным покрытием, нарушение герметичности которого произошло через 5,5 часа воздействия. Сравнение влияния швов различной конструкции не выявило принципиальной разницы в изменении показателя водозащитных свойств в зависимости от вида шва. Вместе с тем настрочной шов в сравнении со стачным в несколько большей степени снижает устойчивость к проникновению воды.

Полученные результаты подтверждают необходимость повышения герметичности изделий в местах соединения деталей. Одним из способов повышения устойчивости швов к проникновению воды является проклеивание швов пленкой.

Проведено дополнительное исследование проб со швами, проклеенными пленкой, которое показало, что исходные непромокаемые швы за счет наличия пленки после истирания в течение 1800-2000 циклов начинают пропускать воду на изнаночную сторону материала. Таким образом, проклеивание швов пленкой можно рекомендовать как средство повышения герметичности участков изделия с членениями, открытыми для воздействия воды.

Конструктивным способом повышения водозащитных свойств изделий при наличии швов является рациональное уменьшение их количества в изделии или смещение членений в области, менее подверженные попаданию осадков, например, смещение плечевого шва на полочку, уменьшение (исключение) количества членений в поясных изделиях и мешках для ног.

Заключительным этапом исследования изменения уровня водозащитных свойств материалов после воздействий, имитирующих реальные условия, явилась количественная комплексная оценка, которая позволила выявить наилучшие образцы материалов для адаптивной одежды по совокупности показателей свойств с учетом влияния исследуемых эксплуатационных и технологических факторов.

Каждый единичный показатель качества (ЕПК) характеризуется двумя параметрами – относительным значением показателя и весомостью. При составлении перечня ЕПК учитывалось требование включения в комплексный показатель качества (КПК) единичных показателей в достаточном, но минимально возможном количестве. В качестве единичных показателей, входящих в состав комплексного, на основе проведенных экспериментальных исследований для комплексной оценки водозащитных свойств материалов с учетом действия эксплуатационных и технологических факторов выделены показатели водозащитных свойств: после завершающего этапа истирания (n_1), после воздействия двух этапов многократных стирок (n_2), после многоциклового двухосного растяжения (n_3), после выполнения настрочного соединительного шва (n_4).

Для вычисления комплексного показателя качества определены коэффициенты значимости единичных свойств экспертным методом по опросу 12 экспертов – специалистов в данной области – по 10-балльной оценке важности выбранных свойств. Коэффициент значимости i -го свойства определен по формуле:

$$a_i = \frac{B_i}{\sum B_i}, \quad (1)$$

где B_i – средний балл для значимости i -го свойства; $\sum B_i$ – сумма средних баллов всех экспертов.

Рассчитанные коэффициенты значимости для выбранных единичных показателей качества принимают соответственно значения $a_1=0,28$; $a_2=0,16$; $a_3=0,23$, $a_4=0,33$.

Расчет обобщенного показателя качества осуществлен по нижеприведенным формулам с использованием средней геометрической и комбинированной комплексных оценок.

Средняя геометрическая комплексная оценка рассчитывается по формуле

$$G_j = Q_{j1}^{j_1} Q_{j2}^{j_2} \dots Q_{jn}^{j_n} = \prod_{i=1}^n Q_{ji}^{j_i}, \quad (2)$$

где Q_{ji} – безразмерная (относительная) величина i -го показателя качества; J_i – коэффициент весомости i -го показателя; n – число показателей качества.

При расчете относительных показателей качества за базовое значение принималось максимальное значение исследуемого показателя по каждому виду воздействия.

Комбинированная комплексная оценка определяется как средняя геометрическая из средней арифметической комплексной оценки K_j и наихудшего показателя качества Q_x по формуле:

$$K_{Gj} = \sqrt{K_j Q_x}. \quad (3)$$

Средняя арифметическая комплексная оценка K_j рассчитывается по формуле:

$$K_j = \sum_{i=1}^n Q_{ji} J_i. \quad (4)$$

С учетом действия эксплуатационных и технологических факторов (многоцикло-вые стирающие нагрузки, многократные стирки, многоциклового двухосные деформации растяжения, наличие соединительного шва) выявлены материалы с максимальным уровнем водозащитных свойств: Оксфорд R/S с полиуретановым покрытием (№1 и №6) и материал с мембранным покрытием (№2). Минимальной герметичностью обладает образец курточной ткани № 5. Для изготовления поясных изделий, особенно мешков для ног, можно рекомендовать материалы Оксфорд R/S PU с максимальной устойчивостью к проникновению воды после многократного износа и технологического воздействия. Более рациональным из исследуемых для изготовления плечевой верхней адаптивной одежды является материал с мембранным покрытием, не только обладающий одним из наиболее длительных ресурсов водозащитных свойств, но и дополнительно обеспечивающий комфортные условия микроклимата в пространстве под одеждой в процессе эксплуатации за счет высокой паропроницаемости [12].

ВЫВОДЫ

Для прогнозирования устойчивости одежды к проникновению воды в процессе носки целесообразно оценивать водозащитные свойства материалов с учетом специфических особенностей эксплуатационных и технологических воздействий.

Производственные факторы и механический износ в процессе эксплуатации оказывают неблагоприятное воздействие на материалы, приводя к снижению водозащитной функции изделия за счет разрушения водоотталкивающего покрытия и повреждения структуры материала.

Используемая комплексная оценка позволила выявить образцы с максимальным значением водозащитных свойств после воздействий, имитирующих длительную эксплуатацию.

Повышение уровня водозащитных свойств показателей возможно на стадии проектирования за счет выбора оптимальных систем материалов и рациональных конструкторско-технологических решений.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Smith W.C.* Smart Textile Coatings and Laminates. 2nd ed. Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
2. ГОСТ 30292-96 (ИСО 4920-81). Полотна текстильные. Метод испытания дождеванием.
3. *V. Haule, Lutamyo Nambela.* Advances in waterproof technologies in textiles Functional and Technical Textiles. The Textile Institute Book Series. 2023, Pages 275-291. <https://doi.org/10.1111/cote.12170>
4. *Wen Zhou, Xiaobao Gong, Yang Li, Yang Si, Shichao Zhang.* Environmentally friendly waterborne polyurethane nanofibrous membranes by emulsion electrospinning for waterproof and breathable textiles Chemical Engineering Journal (IF16.744), Pub Date: 2021-06-23. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130925>
5. *Loghin C., Ciobanu L., Ionesi D., Loghin E. & Cristian I.* (2018). Introduction to waterproof and water repellent textiles. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing, 3–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101212-3.00001-0>
6. *Majid Montazer, Tina Harifi.* Waterproof nanofinishes for textiles. The Textile Institute Book Series. 2018. Pages 197...202.
7. *Ивашко Е.И.* Анализ стандартных методов исследования водозащитных свойств текстильных материалов // *Материалы и технологии.* 2020. № 2(6). С. 7...12.

8. *Панкевич Д.К., Ивашко Е.И., Кудрицкий В.Г.* Оценка свойств многослойных мембранных текстильных материалов различных структур // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 6(402). С. 51...59.

9. *Метелева О.В., Таишев В.В., Никифорова Е.Н.* Изменение водонепроницаемости одежды под воздействием динамических деформаций // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2015. № 6(360). С. 133...138.

10. *Панкевич Д.К., Буркин А.Н.* Методология оценки свойств материалов для водонепроницаемой одежды // *Технологии и качество.* 2022. № 2(56). С. 5...10.

11. *Зимица М.В., Чагина Л.Л.* Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество.* 2021. № 3(53). С. 11...17.

12. *Зимица М.В., Чагина Л.Л., Иванов В.В.* Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // *Технологии и качество.* 2022. № 2(56). С. 16...23.

13. *Зимица М.В., Чагина Л.Л., Иргашева А.Ш.* Совершенствование метода оценки и прогнозирования изменения окраски текстильных материалов и изделий // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 6(402). С. 45...51.

14. *Груздева А.П., Зимица М.В., Чагина Л.Л., Богатырева М.С.* Построение методики исследования деформационных свойств тентовых материалов при двухосном циклическом растяжении // *Изв. вузов. Технология текстильной промышленности.* 2022. № 1(397). С. 107...114.

REFERENCES

1. *Smith W. C.* Smart Textile Coatings and Laminates. 2nd ed. Elsevier: Wood head Publishing Ltd, 2018. 290 p.
2. GOST 30292-96 (ISO 4920-81).
3. *V. Haule, Lutamyo Nambela.* Advances in waterproof technologies in textiles Functional and Technical Textiles. The Textile Institute Book Series. 2023, Pages 275-291. <https://doi.org/10.1111/cote.12170>
4. *Wen Zhou, Xiaobao Gong, Yang Li, Yang Si, Shichao Zhang.* Environmentally friendly waterborne polyurethane nanofibrous membranes by emulsion electrospinning for waterproof and breathable textiles Chemical Engineering Journal (IF16.744), Pub Date: 2021-06-23. <https://doi.org/10.1016/j.cej.2021.130925>
5. *Loghin C., Ciobanu L., Ionesi D., Loghin E. & Cristian I.* (2018). Introduction to waterproof and water repellent textiles. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing, 3–24. <https://doi.org/10.1016/B978-0-08-101212-3.00001-0>
6. *Majid Montazer, Tina Harifi.* Waterproof nanofinishes for textiles. The Textile Institute Book Series. 2018. Pages 197-202.

7. *Ivashko E.I.* Analysis of standard methods for the study of waterprotective properties of textile materials // *Materials and technologies*. 2020. № 2(6). S. 7-12.
8. *Pankevich D.K., Ivashko E.I., Kudriczkij V.G.* Evaluating the properties of multilayer membrane textile materials with different structures // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6(402). S. 51-59.
9. *Metel'eva O.V., Tashev V.V., Nikiforova E.N.* The change of cloths waterproofness under the influence of dynamic deformations // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2015. № 6(360). S. 133-138.
10. *Pankevich D.K., Burkin A.N.* Methodology for assessing the properties of materials for waterproof clothing // *Technology and quality*. 2022. № 2(56). S. 5-10.
11. *Zimina M.V., Chagina L.L.* Analysis of specific features of adaptive clothing for people with disabilities // *Technology and quality*. 2021. № 3(53). S. 11-17.
12. *Zimina M.V., Chagina L.L., Ivanov V.V.* Assessment of vapor permeability of material systems for adaptive clothing of people with disabilities // *Technology and quality*. 2022. № 2(56). S. 16-23.
13. *Zimina M.V., Chagina L.L., Irgasheva A. Sh.* Improving the method of assessing and predicting changes in the color of textile materials and products // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 6(402). S. 45-51.
14. *Gruzdeva A.P., Zimina M.V., Chagina L.L., Bogaty`reva M.S.* Construction of a methodology for studying the deformation properties of tent materials under biaxial cyclic stretching // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022. № 1(397). S. 107-114.

Рекомендована кафедрой дизайна, технологии, материаловедения и экспертизы потребительских товаров Костромского государственного университета. Поступила 21.03.23.