

## Оценка уровня функциональности материалов для одежды методом лабораторных испытаний и экспериментальной носки

Д. К. Панкевич, И. А. Буланчиков,  
Т. А. Прудникова

Витебский государственный технологический университет,  
Республика Беларусь

**Аннотация.** Способность предмета потребления соответствовать требованиям в заданном диапазоне условий эксплуатации называется функциональностью. Оценка уровня функциональности материалов для водозащитной одежды может быть проведена по новой методике, которая основана на систематизации потребительских предпочтений и составлении программы испытаний материалов, соответствующей конкретным условиям их эксплуатации. Одной из научных проблем является адекватность оценки, выполненной по результатам лабораторных испытаний материалов, предпочтениям потребителей одежды из них.

Цель работы – проверка адекватности оценки уровня функциональности материалов для одежды, выполненной по разработанной методике, оценке одежды из них потребителем путем сравнения с результатами экспериментальной носки. В работе использованы авторские и стандартные методы и средства исследования водозащитных свойств, комфортности и надежности материалов, разработанная методика и алгоритм оценки уровня функциональности материалов для водозащитной одежды конкретного назначения, а также метод экспериментальной носки одежды. Объектом исследования выбрана спортивная водозащитная экипировка гребца. На основании анализа условий эксплуатации одежды установлены режимы лабораторных испытаний и проведено тестирование шести материалов, по разработанному алгоритму выполнена оценка уровня их функциональности. После экспериментальной носки водозащитной спортивной экипировки, изготовленной из этих материалов, проведено повторное тестирование их водозащитных свойств и анализ карточек наблюдения, заполняемых волонтерами.

Установлено, что четыре из шести материалов, получивших неудовлетворительную оценку по результатам лабораторных испытаний, действительно не соответствуют условиям эксплуатации и не обеспечивают требуемый уровень функциональности. Два образца, прошедшие лабораторную оценку уровня функциональности с хорошим результатом, получили положительные отзывы волонтеров о комфортности и сохранили водонепроницаемость на планируемом уровне.

Проведенные исследования показали высокую степень соответствия оценки уровня функциональности материалов, полученной с использованием разработанной методики, результатам экспериментальной носки, что позволяет рекомендовать ее для применения в качестве удобного инструмента инженерного конфекционирования материалов для одежды.

**Ключевые слова:** одежда, условия эксплуатации, мембранные текстильные материалы, испытание, функциональность, критерий, экспериментальная носка.

**Информация о статье:** поступила 23 июня 2025 года.

Статья подготовлена по материалам доклада 58-й Международной научно-технической конференции преподавателей и студентов, которая состоялась 16–17 апреля 2025 года в учреждении образования «Витебский государственный технологический университет» (Республика Беларусь).

## Evaluation of the level of functionality of materials for clothing by laboratory tests and experimental wear

Darya K. Pankevich, Igor A. Bulanchikov,  
Tatiana A. Prudnikova

Vitebsk State Technological University,  
Republic of Belarus

**Abstract.** The ability of a consumer item to meet the requirements in a given range of operating conditions is called functionality. The assessment of the functionality level of materials for waterproof clothing can be carried out using a new method, which is based on the systematization of consumer preferences and the preparation of a program for testing

materials that corresponds to specific conditions of their use. One of the scientific problems is the adequacy of the assessment, carried out based on the results of laboratory tests of materials, to the preferences of consumers of clothing made from them. The purpose of the work is to check the adequacy of the assessment of the functionality level of materials for clothing made according to the developed method, the assessment of clothing made from them by the consumer by comparing with the results of experimental wear. The work uses the author's and standard methods and means for studying the water-protective properties, comfort and reliability of materials, the developed methodology and algorithm for assessing the functionality of materials for specific-purpose water-protective clothing, as well as the method of experimental wearing of clothing. The object of the study was selected as a canoeing sports waterproof equipment. Based on the analysis of the operating conditions of the clothing, laboratory test modes were established and six materials were tested, and their functionality was assessed using the developed algorithm. After the experimental wearing of waterproof sports equipment made of these materials, their waterproof properties were retested and observation cards filled in by volunteers were analyzed.

It was found that four of the six materials that received an unsatisfactory assessment based on the results of laboratory tests really do not meet the operating conditions and do not provide the required level of functionality. Two samples that passed the laboratory assessment of the level of functionality with a good result received positive feedback from volunteers about their comfort and maintained waterproofness at the planned level.

The conducted studies showed a high degree of compliance between the assessment of the level of functionality of the materials obtained using the developed method and the results of experimental wearing, which allows us to recommend it for use as a convenient tool for engineering confection of materials for clothing.

**Keywords:** clothing, operating conditions, membrane textile materials, test, functionality, criterion, experimental wearing.

**Article info:** received June 23, 2025.

The article summarizes the research materials presented at the 58th International Scientific and Technical Conference of Teachers and Students, held on April 16–17, 2025 at Vitebsk State Technological University (Republic of Belarus).

### Введение

Инновационные технологии предоставляют широкий диапазон информации для проектирования одежды с принципиально новыми функциями, обеспечивающими комфорт человеку как в экстремальных, так и в обычных условиях жизнедеятельности [Гетманцева В.В., Тюрин И.Н. и др., 2020]. При этом ведущую роль играет оценка качества используемых материалов. Она базируется на методах и средствах, которые зачастую «...являются стандартными для стран-производителей материалов, которые, безусловно, придерживаются протекционистской позиции в отношении собственных изготовителей приборно-методического оснащения» [Матрохин А.Ю., 2016]. На этапе конфекционирования материалов для одежды выбор методов и средств оценки свойств материалов является многовариантной задачей, решение которой осложнено разнообразием критериев, приборов и методик, определяя при этом результат и информативность оценки для потребителя. Использование инновационных технологий и новых материалов требует неформального интеллектуального подхода проектировщика к процессу проектирования,

предполагая осмысление необходимости и возможности использования новых технологий для создания изделий повышенной функциональности [Гетманцева В.В., Тюрин И.Н. и др., 2020]. Поэтому современная схема выбора материалов для одежды, в отличие от традиционной, изменилась: от образцов материалов, предоставляемых поставщиками, к изделию через тестирование [Туханова В.Ю., Тихонова Т.П., 2015] и сообщение результатов потребителю. В таком случае использование методов и средств, рекомендованных производителями материалов, ставит под сомнение объективность выводов об уровне качества материалов, поскольку не исключено, что выбор методов и средств исследования их свойств является частью маркетинга.

Любая система «человек–одежда–среда» в целом должна быть зоной комфорта [Першин В.А., Осипенко Л.А. и др., 2000]. Потребитель, выбирая одежду, ориентируется, прежде всего, на собственные ощущения комфорта и удовлетворенность функциональными свойствами материалов, из которых она изготовлена. Для него существенную роль играет понимание уровня комфорта и надежности одежды в процессе ее ис-

пользования по назначению. На сегодняшний день разнообразие методов и средств исследования свойств материалов приводит к тому, что требуется помощь специалиста для пояснения правил интерпретации значений показателей свойств материалов в зависимости от методики их определения. С этой целью многие сайты продавцов одежды публикуют разъяснительные статьи и результаты собственных натурных испытаний одежды. Поэтому на первый план выходит достоверность и прозрачность информации о свойствах материалов как средство объективной оценки сопоставимости цены и качества одежды из них.

В связи с этим актуальной задачей материаловедения швейных изделий является развитие методологических основ оценки качества текстильных материалов как набора необходимых функций, имеющих общую область определения, ограниченную диапазоном условий эксплуатации [Панкевич Д.К., 2024]. При наличии понятного и простого в использовании методического и технического обеспечения потребитель, зная условия эксплуатации одежды и функции, которые она должна выполнять, сможет без дополнительных толкований оценить способность материалов удовлетворять конкретным требованиям, что и является смыслом оценки. Реально оценить качество текстильных материалов можно по комплексу исходных показателей для изделий определенного назначения или по изменению, происходящему при их носке [Симоненко Д.Ф., 1978]. Поэтому проверка адекватности оценки качества материалов для одежды потребительским предпочтениям является неотъемлемой частью работы по поиску наиболее информативных методов и средств исследования свойств материалов и способов описания их результатов.

Стандартное понятие качества продукции как совокупности свойств, обуславливающих ее пригодность к потреблению и ее способность удовлетворять своему назначению, включает более узкое понятие функциональности, в котором важнейшую роль играют условия эксплуатации предмета потребления. Компонентами системы, в которой проявляется функциональность материалов для одежды, являются поддающиеся измерению параметры (температура, влажность, скорость движения наружного воздуха, уровень активности человека и т.п.) и критерии функциональности материалов для одежды, отражающие уровень полноты реализации приоритетных функций материала в заданных условиях как выполнение ожиданий потребителя. Методика оценки

функциональности материалов для одежды, разработанная с учетом сказанного выше, изложена в источнике [Панкевич Д.К., 2024]. Она основана на построении модели материала-эталона для систематизации потребительских предпочтений и составления программы испытаний материалов, соответствующей конкретным условиям эксплуатации материалов как по набору критериев оценки, так и по параметрам условий испытаний. Чем ближе характеристики оцениваемого материала к характеристикам материала-эталона, тем выше оценка уровня его функциональности.

Целью работы является проверка адекватности оценки уровня функциональности материалов для одежды, выполненной по разработанной методике, оценке уровня функциональности одежды из них путем сравнения с результатами экспериментальной носки. Базовым изделием, на примере которого реализована цель работы, является спортивная водозащитная куртка гребца-каноиста, изготовленная из многофункциональных текстильных мембранных материалов (МТММ).

В соответствии с целью решены следующие задачи:

- изучены условия эксплуатации спортивной одежды для тренировок спортсменов-каноистов, построена модель материала-эталона и разработана программа испытаний материалов;
- проведено исследование материалов, выбранных для изготовления спортивной экипировки, рассчитаны критерии и выполнена комплексная оценка уровня их функциональности по разработанной методике;
- из предложенных материалов изготовлены образцы спортивной ветро-водозащитной экипировки и проведена их экспериментальная носка;
- выполнена проверка соответствия результатов экспериментальной носки оценке уровня функциональности материалов по предлагаемой методике.

## Методы и средства исследования

Для реализации цели работы применены авторские и стандартные методы и средства исследования свойств материалов и метод экспериментальной носки одежды.

Для выбора материалов, соответствующих назначению, был проведен анализ условий эксплуатации экипировки каноиста по методике, изложенной в источнике [Панкевич Д.К., 2024]. Приоритетными функциями материалов верха экипировки являются: функция водозащиты  $Y_{\sigma'}$ , обеспечения гомеостаза человека (комфортности)  $Y_z$ , надежности  $Y_n$  и конструктивно-технологическая  $Y_{\kappa-m}$ . Программа испытаний составлена

Таблица 1 – Модель материала-эталона для экипировки гребца-каноиста

Table 1 – Reference material model for canoeist equipment

Функция (критерии)	Условия эксплуатации	Базовые значения и условия испытаний
$Y_e (K_{ed})$	$T = 0\text{ }^{\circ}\text{C} - 12\text{ }^{\circ}\text{C};$ $W = 50\text{ \%} - 90\text{ \%};$ $\Delta P_{\min} = 1265\text{ Па};$ $\Delta P_{\max} = 5197\text{ Па};$ $V_{\text{воз}} = 10\text{ м/с}$	$P = 30\text{ кПа}; t = 120\text{ мин}$
$Y_n (K_{edm})$		$T = 0\text{ }^{\circ}\text{C}; W = 90\text{ \%}; N = 80\text{ 000 циклов}$ (растяжение + кручение при $\Delta l = 20\text{ \%}$ )
$Y_z (K_k)$		$WVP_{\text{рек}} = 3000\text{ г/м}^2 \cdot 24\text{ ч}; V_{\text{воз}} = 10\text{ м/с}; \Delta P_{k_{\min}} = 2800\text{ кПа}$ ( $T_k = 35\text{ }^{\circ}\text{C}; W_k = 50\text{ \%}; \Delta P_{k_{\max}} = 5600\text{ кПа}$ ( $T_k = 37\text{ }^{\circ}\text{C}; W_k = 12\text{ \%}$ ))
$Y_{k-m} (M_s, \varepsilon_{cp}, D_{cp})$		$M_s = \min, \text{ г/м}^2; \varepsilon_{cp} = 15\text{ \%}; D_{cp} = \min, \text{ мкН/см}^2$

на основании модели материала-эталона (таблица 1) в которой систематизированы условия эксплуатации экипировки.

Тренировки спортсменов-гребцов на открытой акватории водоемов проходят в диапазоне температурно-влажностных условий, который ограничен значениями от  $0\text{ }^{\circ}\text{C}$  до  $12\text{ }^{\circ}\text{C}$  по температуре воздуха ( $T$ ) и от  $50\text{ \%}$  до  $90\text{ \%}$  по относительной влажности воздуха ( $W$ ) (Логинов В.Ф., 2022). Спортсмены тренируются в любую погоду, за исключением периодов с сильным шквалистым ветром, проливными дождями и ливнями, грозой, градом. При этом каноист постоянно подвержен воздействию брызг воды и периодически – воздействию моросящего дождя, поэтому уровень функциональности материалов экипировки по функции водозащиты можно определить по гидростатическому давлению как низкий ( $30\text{ кПа}$ ), а по времени промокания – как высокий, так как защита от брызг воды требуется в течение всего времени тренировки (2 часа) (Клинов В.В., 2021).

Согласно общераспространенной классификации (Архангельский В.И., В.Ф. Кириллов В.Ф., 2020), тренировочную деятельность спортсмена-гребца можно отнести к категории физической работы средней тяжести, поэтому уровень функциональности материалов экипировки по функции обеспечения температурного гомеостаза человека (комфортности) принят как средний, а рекомендуемое значение коэффициента водопаропроницаемости составило  $WVP_{\text{рек}} = 3\text{ 000 (г/м}^2 \cdot 24\text{ ч)}$  (Jinlian Hu, 2016).

Основным механическим воздействием на материалы куртки является сочетание растяжения и кручения. По результатам исследования выявлено, что наибольшие динамические эффекты при эксплуатации куртки во время занятий греблей на каноэ возникают в области расстояния от заднего угла подмышечной впадины до

запястья прямой руки (8 см на первоначальную длину  $50,2\text{ см}$ , что составляет  $16\text{ \%}$ ), и в области ширины спины (7 см на первоначальную длину  $35,4\text{ см}$ , что составляет  $20\text{ \%}$ ) (Панкевич Д.К., Алахова С.С., Мойсейчик А.Ю., 2022). За одну двухчасовую тренировку спортсмен выполняет до  $3600$  циклически повторяющихся движений (гребков) (Васюк В.Е., Лукашевич Д.А. и др., 2021), поэтому уровень функциональности по функции надежности определен как очень высокий, и рекомендовано использовать при моделировании механических эксплуатационных нагрузок режим «растяжение + кручение» в количестве  $80\text{ 000}$  циклов при растяжении  $\Delta l = 20\text{ \%}$ .

Скорость движения воздуха при испытании устанавливали с учетом передвижения спортсмена со средней скоростью  $2,5\text{ м/с}$  (Лукашевич Д.А., 2021) в условиях попутного ветра средней для РБ скорости  $7,5\text{ м/с}$ , поэтому суммарно получили скорость движения воздуха  $10\text{ м/с}$ . Для испытаний материалов по показателю коэффициента водопаропроницаемости, необходимых для расчета критерия комфортности  $K_k$ , в климатической камере устанавливали рассчитанную скорость обдува ( $10\text{ м/с}$ ) и значения температуры  $T_k$  и относительной влажности  $W_k$ , позволяющие получить значения разности парциальных давлений водяного пара  $\Delta P_{k_{\min}}$  и  $\Delta P_{k_{\max}}$  (таблица 1), близкие к середине и концу температурно-влажностного диапазона носки экипировки соответственно, что подробно рассмотрено в публикации (Панкевич Д.К., 2024).

Для выполнения своей конструктивно-технологической функции материалы экипировки должны обладать средней растяжимостью при нагрузках  $6\text{ Н}$ ,  $\varepsilon_{cp}$ , %, около  $15\text{ \%}$ ; быть легкими и минимально жесткими, поэтому базовыми значениями поверхностной плотности,  $M_s$ ,  $\text{г/м}^2$ , и жесткости,  $D_{cp}$ ,  $\text{мкН/см}^2$ , материалов предложено установить наименьшие из всех анализируемых образ-

цов.

Использованы следующие единичные критерии оценки:

$K_{\theta\theta}(P; t)$  – динамический критерий уровня водо-защитной функции, который показывает относительное значение «сухости» материала при воздействии заданного давления  $P$  воды в течение заданного времени  $t$ , оцениваемое с учетом теплоощущений человека (формула 1). Критерий  $K_{\theta\theta}(P; t)$  определен аналогичным способом после лабораторного моделирования эксплуатационных воздействий в выбранном режиме (обозначен  $K_{\theta\theta,м}$ ) и после реальной эксплуатации (обозначен  $K_{\theta\theta,э}$ ).

$$K_{вд} = \frac{\sum_{i=1}^n t_i}{i \cdot t_T}, \quad (1)$$

где  $t_i$  – время наступления  $i$ -той стадии намокания, мин;  $t_T$  – требуемое время защиты от воды, мин. При этом меру «сухости» назначают в виде желаемой стадии намокания  $t_i$  (в данном случае  $i = 4$ , до сквозного промокания), а время регистрации не наступивших стадий намокания считается равным требуемому времени  $t_T$  защиты от воды.

$K_k$  – критерий комфортности для конкретного уровня активности показывает относительное значение части рассчитанного диапазона носки экипировки (от  $\Delta P_{min} = 1265$  Па до  $\Delta P_{max} = 5197$  Па), на которой материал способен пропустить через свою структуру соответствующее заданной активности человека количество парообразной влаги (3 000 г/м<sup>2</sup>·24 ч) из пространства под одеждой наружу (формула 2):

$$K_k = \frac{(\Delta P_{max} - x)}{(\Delta P_{max} - \Delta P_{min})}, \quad (2)$$

где  $\Delta P_{max}$ ,  $\Delta P_{min}$  – расчетная максимальная и минимальная разность парциальных давлений соответственно, вычисленная для конкретных условий носки, Па;  $x$  – абсцисса точки пересечения графика изменения коэффициента водопаропроницаемости  $WVP$  исследуемого материала в диапазоне  $\{\Delta P_{max}, \Delta P_{min}\}$  с уровнем рекомендуемого значения  $WVP_{рек} = 3\,000$  (г/м<sup>2</sup>·24 ч), Па, рассчитанная по формуле [3]:

$$x = \frac{2800 \cdot (WVP_{рек} - 2a + c)}{(c - a)}, \quad (3)$$

где  $a$  и  $c$  – полученные экспериментально значения  $WVP$  материалов при  $\Delta P = 2800$  Па и  $\Delta P = 5600$  Па соответственно, г/(м<sup>2</sup>·24 ч).

В качестве критерия конструктивно-технологической функции выбран комплексный средний геометрический показатель  $K_{к-м}$  (формула 4), включающий относительную среднюю жесткость  $D_{cp}$ , относительную среднюю растяжимость  $\varepsilon_{cp}$  и относительную поверхностную плотность  $M_s$  материалов. Под средним понимается среднее значение из измеренных в поперечном и продольном направлении.

$$K_{к-т} = \left( \frac{D_{cp_{min}}}{D_{cp_i}} \cdot \frac{M_{s_{min}}}{M_{s_i}} \cdot \frac{\varepsilon_{cp_i}}{15} \right)^{\frac{1}{3}}. \quad (4)$$

Лабораторные испытания материалов по показателям приоритетных функций проведены с использованием следующих методов и средств: динамический критерий уровня водозащитной функции – с помощью прибора для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления по методике, изложенной в описании патента<sup>1</sup>; моделирование эксплуатации – с помощью установки<sup>2</sup> по методике, изложенной в описании патента; необходимое для расчета критерия комфортности исследование коэффициента водопаропроницаемости – по ГОСТ 57514 при определенных моделью материала-эталоны условиях, достигнутых с помощью установки<sup>3</sup> и климатической камеры.

Экспериментальная носка образцов спортивной куртки гребца проведена группой из 9 воспитанников ДЮСШ профсоюзов по гребле на байдарках и каноэ «Альбатрос», занимающихся греблей на каноэ. Длительность эксперимента составила 2,5 года. Куртки из одного и того же материала носили от одного до трех волонтеров. Если в течение периода носки одного изделия рост и размер подростка-волонтера существенно ме-

<sup>1</sup> Патент № 12855 Республика Беларусь, МПК G01N3/20. Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления: № и 20210283; заявл. 15.10.2021; опубл. 30.04.2022 / Буркин А.Н., Панкевич Д.К., Ивашко Е.И., Терентьев А.А. – 2 с.

<sup>2</sup> Установка для испытания эластичных полимерных материалов: патент на полезную модель: Буркин, А.Н., Борозна, В.Д., Лядова, А.С., Панкевич, Д.К., Радюк, А.Н. (2020), Установка для испытания эластичных полимерных материалов, патент РБ № 12574, МПК G01N3/20, заявлено 2020.04.04; опубликовано 30.04.2021, Бюл. № 2.

<sup>3</sup> Устройство для контроля паропроницаемости материалов: полезная модель ВУ 13087: МПК G 01N 15/00 (2006.01); заявители и патентообладатели: Буркин Александр Николаевич; Панкевич Дарья Константиновна; Борозна Вилия Дмитриевна, Ивашко Екатерина Игоревна, Терентьев Анатолий Алексеевич (ВУ) – № и 20220111; заявл. 16.05.2022; опубл. 30.12.2022; Бюл. № 6.

нялись, одежду передавали другому спортсмену. Всего в эксперименте приняли участие 12 образцов курток из 6 различных материалов. Волонтеры были обеспечены куртками одинаковой модели (унисекс), изготовленными на два наиболее распространенных типовых размера и роста соответственно возрасту. Некоторые волонтеры принимали участие в носке двух курток. К каждой куртке волонтеры получали одну карточку наблюдений, в которой отмечали после тренировки результат использования экипировки, оценивая теплоощущения в понятиях «холодно», «комфортно», «жарко», а также указывали случаи сквозного промокания изделия. Для удобства организации сбора информации карточки наблюдения (таблица 2) хранили централизованно у тренера, который контролировал правильность и своевременность их заполнения.

Участие в эксперименте предполагало 2-х часовые тренировки. Количество тренировок, их содержание и интенсивность контролировал тренер. Обычно проводилось 2 тренировки в день на открытой воде. Требовалось подбирать пакет одежды под куртку согласно рекомендациям по волокнистому составу (предпочти-

тельно термобелье из ПЭ волокна), индивидуальным предпочтениям и погодным условиям.

Дважды в год (в августе и в декабре) экипировку и карточки наблюдений собирали, проводили испытания, стирку и мелкий ремонт образцов курток, и возвращали их на базу экспериментальной носки, сопровождая новыми карточками учета, сохраняя старые карточки комплектно в соответствии с шифром исследуемого материала. Распределение моделей экипировки и карточек наблюдения по спортсменам осуществлял тренер.

Периодические испытания образцов экипировки включали следующее:

1. Определение динамического критерия уровня водозащитной функции  $K_{\text{вдо}}(P; t)$  материалов экипировки проводили по результатам испытаний портативным прибором на свободных для доступа и подвергающихся наибольшему воздействию эксплуатационных факторов участках предметов экипировки, не содержащих ниточных швов и строчек (припуск шва настрачивания отлетной кокетки спинки, нижняя часть проймы изделий и нижняя часть оката рукавов, низ изделия). Испытание проводили на каждом участке однократно для исклю-

Таблица 2 – Пример карточки наблюдения за материалами экипировки

Table 2 – Example of a material observation card

Шифр образца материала куртки / цвет	2L-oranPolo / оранжевый						
Фамилия волонтера / тренера	Полонский / Харкевич						
Период носки	01.11.2021–15.04.2022						
Отметка об эксплуатации изделия в течение тренировки (2 ч) с оценкой теплоощущений: к – комфортно; х – холодно; ж – жарко; п – сквозное промокание	ж	к	к	к	к	ж	к
	к	к	к	ж	к	ж	ж
	к	к	к	к	к	к	ж
	к	к	к	к	ж	к	к
	ж	ж	х, п				
Суммарное время носки, ч	74						
Номер места измерения	1						
Динамический критерий уровня водозащитной функции после эксплуатации, $K_{\text{вдо}}$ [30; 120], баллы	1						
Туше	Без изменений						
Стирка	1						
Динамический критерий уровня водозащитной функции после эксплуатации, $K_{\text{вдо}}$ [30; 120], баллы	1						
Туше	зернистость						



чения возможности влияния воздействия предыдущего замера на результат. Номер места измерения отмечали в карточке наблюдения.

2. Определение характеристик туше выполняли органолептически. Для этого образцы материалов размером 25 x 25 см хранили в лаборатории при нормальных условиях в закрытой емкости без доступа солнечного света и извлекали каждый раз для проведения сравнительной оценки.

3. Стирку выполняли в бытовой стиральной машине по ГОСТ ISO 6330 – 2011 «Материалы текстильные. Методы домашней стирки и сушки для испытаний», метод 8А, в растворе жидкого синтетического моющего средства «Бонус» (концентрация 6 г/л) при температуре воды  $30 \pm 3$  °С, время стирки – 30 минут, время полоскания – 8 минут, без отжима. Сушку образцов проводили по ГОСТ ISO 6330 – 2011, метод В, вдали от источников тепла при комнатной температуре воздуха в горизонтальном положении.

4. Расчет среднего фактического числа часов носки для каждого вида материала, входящего в состав экипировки, проводили по комплекту карточек наблюдения, накопившихся за время исследования.

По завершении экспериментальной носки определяли долю отзывов о комфортных тепловосприятии, зарегистрированных при носке одежды из исследуемых материалов, и сопоставление с критерием комфортности, рассчитанным по результатам лабораторных испытаний исследуемых материалов. Также подсчитывали число сообщений о сквозном промокании куртки и сопоставляли данные с критерием надежности.

## Анализ результатов

В качестве объектов испытаний были выбраны инновационные мембранные полотна (Матрохин, А.Ю., 2021). Особенности изготовления многофункциональных текстильных мембранных материалов (МТММ) позволяют получить водонепроницаемые, но паропроницаемые материалы, которые играют ключевую роль в одежде для спорта на открытом воздухе (Chang Y., Liu F., 2023). Краткое описание свойств МТММ согласно источнику (Логинова Е.А., Климова Н.В. и др., 2020) и результаты исследований МТММ различных структур, представленные в источнике (Бесшапошникова В.И., Климова Н.А. и др., 2021), позволяют предложить эти материалы для спортивной ветроводоодежды экипировки гребца, поскольку их водонепроницаемость и паропроницаемость соответствуют требованиям к спортивной водоодежде. Однако не все МТММ способны сохранять ценные потребительские свойства при воздействии эксплуатационных нагрузок (Климова Н.В., Логинова Е.А. и др., 2020), поэтому их надежность входит в число приоритетных функций.

Органолептическим методом выбраны мембранные материалы производства фирм «Mikwangfinetex», «Ultrex», «Hiroga», состоящие из двух слоев – текстильной (Т) или трикотажной (Тр) основы и полимерной мембраны (№ 1, № 2, № 3, № 5), и состоящие из трех слоев – текстильной основы, полимерной мембраны и текстильной подкладки (№ 4 и № 6) (таблица 3). У всех исследованных образцов полимер текстильных слоев – полиэфир, мембранных – полиуретан. Способ производства образцов № 1, № 3, № 4, № 5, № 6 –

Таблица 3 – Характеристика объектов исследования

Table 3 – Characteristics of research objects

Номер образца / шифр	Код типа материала	Переплетение текстильной основы / подкладки	$M_s$ , г/м <sup>2</sup>	$\varepsilon_{ср}$ , %	D, мкН/см <sup>2</sup>		
					вдоль	поперек	средняя
1 / 2L-blackAnn	Л: Тр / гпг	кулирная гладь	150	12	101,4	92,7	97,1
2 / 2L-GemOri	П: Т / пг	полотняное	95	5	97,3	89,5	93,4
3 / 2L-Sir	Л: Тр / м	двуластичное	134	9	122,7	120,2	121,45
4 / 3L-KorPolo	Л: Тр / м / Тр	ластик 1 + 1 / ластик 1 + 1	148	6	195,6	170,2	182,9
5 / 2L-oranPolo	Л: Т / мксч	сложное полутораслойное	139	4	135,8	130,2	133
6 / 3L-DimGol	Л: Тр / м / Тр	кулирное двойное / гладкое платированное основовязанное	228	6	295,5	352,1	323,8

ламинирование [Л], образца № 2 – покрытие [П]. Для удобства представления информации о типе мембраны введено сокращение: гпг – гидрофобная губчатая; пг – гидрофильная губчатая; м – гидрофильная монолитная; мксч – многокомпонентная слоистая с модифицированной микрочастицами поверхностью.

Результаты лабораторных испытаний выбранных образцов материалов и расчет единичных критериев оценки по приоритетным функциям представлены в таблицах 4, 5.

Комплексная оценка уровня функциональности материалов показана в таблице 6.

По результатам оценки уровня функциональности исследуемых материалов только два из шести выбранных вариантов (образцы № 5 и № 6) имеют среднюю степень приближения к желаемому уровню функци-

ональности материалов для условий тренировочной деятельности каноиста и получили оценку, которую согласно шкале желательности Харрингтона можно интерпретировать как «хорошо». Результаты показали, что четыре из шести выбранных объектов не соответствуют условиям эксплуатации и не обеспечивают требуемый уровень функциональности. Однако в экспериментальной носке участие приняли все исследуемые образцы для оценки соответствия выбора материалов по разработанной методике предпочтения потребителей.

Фото волонтеров в экипировке для гребли на каноэ представлено на рисунке 1.

Анализ комплектов карточек наблюдения, заполняемых волонтерами в процессе экспериментальной носки, показал, что максимальный фактический срок носки изделий составил 240 часов.

Таблица 4 – Результаты испытаний материалов и расчет критериев функции водозащиты и надежности

Table 4 – Test results of materials and calculation of water protection and reliability criteria

Номер образца	Время достижения стадий намокания, мин								Единичные критерии оценки, доли от единицы	
	до моделирования эксплуатации				после моделирования эксплуатации				$K_{\text{вд}}$ (30; 120)	$K_{\text{вдм}}$ (30; 120)
	t1	t2	t3	t4	t1	t2	t3	t4		
1	10	12	16	25	0	0	0	0	0,13	0,00
2	120	120	120	120	14	22	28	34	1,00	0,20
3	120	120	120	120	120	120	120	120	1,00	1,00
4	120	120	120	120	120	120	120	120	1,00	1,00
5	120	120	120	120	100	108	110	111	1,00	0,89
6	120	120	120	120	32	48	82	120	1,00	0,59

Таблица 5 – Результаты испытаний материалов, используемые для расчета критерия комфортности

Table 5 – Test results of materials used to calculate the comfort criterion

Номер образца	Коэффициент водопаропроницаемости WVP материала, г/м <sup>2</sup> ·24 ч		Абсцисса точки пересечения графика WVP образца с уровнем $WVP_{\text{рек}} = 3000$ (г/м <sup>2</sup> ·24 ч) для среднего уровня активности, х, Па
	a (при $\Delta P = 2800$ Па)	c (при $\Delta P = 5600$ Па)	
1	3056	5848	2744
2	2057	3125	5272
3	884	1108	29250
4	1025	2100	7944
5	2249	3639	4313
6	2427	3592	4177



Таблица 6 – Комплексная оценка уровня функциональности материалов для спортивной экипировки  
Table 6 – Comprehensive assessment of the functionality level of sports equipment materials

Номер образца	Единичные критерии уровня функциональности, доли от единицы				Комплексная оценка уровня функциональности, $(K_{\text{вд}} \cdot K_{\text{вдм}} \cdot K_{\text{к}} \cdot K_{\text{к-т}})^{1/4}$
	$K_{\text{вд}}$	$K_{\text{вдм}}$	$K_{\text{к}}$	$K_{\text{к-т}}$	
1	0,13	0,00	0,62	0,79	0,00
2	1,00	0,20	0,00	0,69	0,00
3	1,00	1,00	0,00	0,69	0,00
4	1,00	1,00	0,00	0,51	0,00
5	1,00	0,89	0,22	0,50	0,56
6	0,70	0,59	0,26	0,34	0,44



Рисунок 1 – Волонтеры-каноисты в разработанной экипировке  
Figure 1 – Canoeist volunteers in the developed equipment

Период времени, соответствующий максимальному сроку носки, был разбит на интервалы, содержащие приблизительно одинаковое количество фактических измерений времени намокания на разных изделиях, выполненных из материала одного артикула.

Было рассчитано среднее значение  $K_{\text{вд}}(P; t)$  каждого образца материала в каждом интервале срока носки. Измерения проводили на участках готовых изделий, не содержащих швов. Результаты исследования представлены в таблице 7.

Доля комфортных теплоощущений, рассчитанная в результате анализа карточек наблюдения, показана в таблице 8.

Анализ данных таблицы 7 показывает, что сохранение водозащитных свойств на уровне, установленном по результатам лабораторного моделирования эксплуатации при воздействии 80 000 циклов совместного растяжения и кручения (по расчету, исходя из среднего количества гребков в час, соответствует 44,4 часов тренировочной деятельности гребца-каноиста), характерно для всех образцов. При этом моделирование эксплуата-

Таблица 7 – Сводная таблица результатов экспериментальной носки куртки каноиста

Table 7 – Summary of the results of the canoeist's jacket experimental wear

Интервал времени носки (количество стирок)	$K_{вдз}$					
	1	2	3	4	5	6
0...40 часов	0,09	0,93	1,00	1,00	1,00	1,00
41...80 часов (1–2 стирки)	0,01	0,31	1,00	1,00	0,92	0,64
81...120 часов	0,00	0,20	0,99	1,00	0,87	0,57
121...160 часов	0,00	0,10	0,28	0,56	0,54	0,55
161...200 часов (3–5 стирок)	0,00	0,00	0,12	0,35	0,48	0,26

Таблица 8 – Оценка уровня комфортности куртки каноиста потребителем

Table 8 – Consumer assessment of the canoeist jacket's comfort level

Анализируемые данные		Данные для курток из материала					
		1	2	3	4	5	6
Общее число отзывов		92	99	87	83	106	94
Число отзывов с теплоощущением «комфортно»		54	26	4	11	39	42
Доля комфортных теплоощущений		0,59	0,26	0,05	0,13	0,37	0,45
Число сообщений о сквозном промокании куртки по полугодиям носки	1	0	0	0	0	0	0
	2	2	0	0	0	0	0
	3	7	3	0	0	0	0
	4	4	5	0	0	0	1

ции более значительно снижает уровень водозащитных свойств, поскольку наибольшее совпадение значений сравниваемых критериев  $K_{вдм}$  и  $K_{вдз}$  наблюдается для интервала носки от 81 до 120 часов.

Периодический органолептический осмотр экипировки выявил неизменность внешнего вида материалов, принявших участие в экспериментальной носке. Ухудшение внешнего вида материала, проявляющееся в короблении лицевой поверхности, грубости и зернистости туше после эксплуатации было отмечено только для образца № 2 (способ получения – покрытие, в отличие от остальных образцов, выработанных способом ламинирования).

Анализ изменения водозащитных свойств материалов в процессе носки экипировки гребца показал, что наиболее интенсивно они снижаются у образца № 1, что и было выявлено по результатам лабораторных испытаний. В процессе экспериментальной носки у курток

из образца № 1 зарегистрировано наибольшее число сообщений о сквозном промокании (таблица 8).

Исследование изменения водозащитных свойств материала, содержащего комбинированную двухкомпонентную гидрофобно-гидрофильную мембрану (образец № 5), показало, что в процессе эксплуатации динамический критерий уровня водозащитной функции у него снижается более равномерно, нежели у материалов с однокомпонентной мембраной, для которых характерно резкое снижение уровня водозащитных свойств после определенного времени воздействия эксплуатационных нагрузок. Для него не зарегистрировано ни одного сообщения о промокании.

Числовое значение коэффициента комфортности  $K_{к}$  материалов коррелирует с долей комфортных теплоощущений носчика в одежде из этих материалов (таблица 8 и таблица 6). Коэффициент корреляции массивов данных составляет 0,91. Однако, расчетные

значения критерия  $K_{\kappa}$  комфортности ниже, что объяснимо. В результате непродолжительной носки волонтер приспосабливается к особенностям изделия: регулирует тепловое сопротивление одежды с помощью пакета изделий, надеваемых под куртку, избегает дискомфортных ситуаций. Такая тенденция просматривается по итогу анализа анкет волонтеров – все эпизоды дискомфортных теплоощущений (как переохлаждения, так и перегрева) зарегистрированы в первой трети цикла экспериментальной носки. Исключение составляют данные по курткам из образцов № 3 и № 4 – дискомфортные ощущения преобладают на протяжении всего периода носки.

В целом результаты испытаний и результаты экспериментальной носки сопоставимы, следовательно разработанную методику можно рекомендовать для внедрения в практику конфекционирования материалов для водозащитной одежды.

## Выводы

Проверка адекватности оценки уровня функциональности материалов для одежды, выполненной по разработанной методике, оценке уровня функциональности одежды из них потребителем показала следующее.

Комплексная оценка материалов по результатам лабораторных испытаний (таблица 6) действительно характеризует пригодность материала к использованию по назначению при заданных условиях эксплуатации. Согласно таблице 6 только образцы № 5 и № 6 в определенной степени удовлетворяют запросу потребителя, формализованному через модель материала-эталоны. По результатам экспериментальной носки для курток из этих материалов получено минимальное число сообщений о сквозном промокании, а также зарегистрирована относительно высокая доля комфортных теплоощущений.

Однако, при нулевом значении любого из входящих в комплексную оценку единичных критериев, она обращается в ноль. Некоторые материалы, получившие нулевые комплексные оценки, оказались достаточно комфортными в носке (образец № 1) согласно рассчитанной доле комфортных теплоощущений (таблица 8), что нашло отражение в значении единичного критерия комфортности.

Единичный динамический критерий уровня водозащитной функции, определяемый после моделирования эксплуатационных воздействий, позволил выявить снижение уровня водозащитных свойств, подтвердившееся

по результатам экспериментальной носки.

Таким образом, разработанные критерии позволяют проводить сравнительную оценку свойств материалов, оценку соответствия материалов заданным требованиям и комплексную оценку функциональности материалов для одежды, предоставляя исследователям известную маневренность в выборе способа расчета критерия оценки в зависимости от условий эксплуатации проектируемых изделий и задач исследования.

Используемые в методике единичные критерии функциональности являются относительными величинами, а максимально возможная величина для любого из них составляет 1. Поэтому значения единичных критериев и комплексной оценки функциональности могут быть интерпретированы в соответствии с универсальной дискретной вербально-числовой шкалой желательности Харрингтона. В эталонной системе, используемой для оценки функциональности материала, каждая из функций важна для потребителя и должна быть в полной мере реализована в заданном промежутке условий эксплуатации, поэтому понятие весомости критериев в комплексной оценке исключено.

Проведенные исследования показали высокую степень соответствия функциональности материалов, полученной с использованием предложенных критериев оценки, результатам экспериментальной носки.

Разработанная методика и алгоритм оценки уровня функциональности материалов для водозащитной одежды конкретного назначения позволяет воспроизвести при испытаниях материалов условия эксплуатации одежды. В различных условиях материалы, применяемые для изготовления одежды, проявляют различный уровень свойств, и разработанная методика направлена на выявление способности материалов реализовывать свои ценные потребительские свойства в заданных конкретных условиях, что позволяет создавать одежду с высоким уровнем функциональности, соблюдая принципы ответственного потребления.

## СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННЫХ ИСТОЧНИКОВ

- Архангельский, В.И. и Кириллов, В.Ф. (2020). *Гигиена и экология человека*. Москва: ГЭОТАР-Медиа, Российская Федерация.
- Бесшапошникова, В.И., Климова, Н.А., Бесшапошникова, Н.В. и Ковалева, Н.Е. (2020). Влияние низких температур на эксплуатационные свойства мембранных тканей для одежды, *Химические волокна*, № 1, С. 55–58.
- Бесшапошникова, В.И., Климова, Н.А., Ковалева, Н.Е. и Логинова, Е.А. (2021). *Научные основы проницаемости и технологии текстильных мембранных материалов*. Москва: Российский государственный университет им. А.Н. Косыгина [Технологии. Дизайн. Искусство], Российская Федерация.
- Васюк, В.Е., Лукашевич, Д.А. и Мудрагель П.И. (2021). Алгоритм анализа мощности движений спортсменов-ребцов в заданиях скоростно-силовой направленности спорта. *Мир спорта*, № 2 (83), С. 24–29.
- Гетманцева, В.В., Тюрин И.Н., Андреева Е.Г. и Белгородский В.С. (2020). *Инновационные технологии изготовления "умной одежды" повышенной функциональности*. Москва: Издательский дом "Научная библиотека", Российская Федерация.
- Климова, Н.А., Логинова, Е.А., Арапханова, Х.Б. и Бесшапошникова, В.И. (2020). Изменение свойств мембранных тканей под влиянием эксплуатационных факторов. *Сборник научных трудов Международной научной конференции, посвященной 110-летию со дня рождения профессора А.Г. Севостьянова : материалы конференции, Москва, 10 марта 2020 г., Ч. 2*, Москва: Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина [Технологии. Дизайн. Искусство], С. 289–292.
- Клинов, В.В. (2021). Построение непосредственной предсоревновательной подготовки гребцов. *Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры*, №24, С. 26–32.
- Логинов, В.Ф. (2022). Современные изменения климата Беларуси. *Фундаментальная и прикладная климатология*, Т 8, № 1, С. 51–74.
- Логинова, Е.А., Климова, Н.В. и Бесшапошникова, В.И. (2020). Анализ и систематизация ассортимента мембранных тканей для одежды. *Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (ИННОВАЦИИ-2020) : сборник материалов Международной научно-технической конференции, Москва, 12 ноября 2020 г., Ч. 2*, Москва: Российский государственный университет имени А.Н. Косыгина [Технологии. Дизайн. Искусство], С. 46–49.
- Лукашевич, Д.А. (2021). Мониторинг и контроль силовой подготовленности спортсменов в гребле на плоской воде и каное с использованием тензометрических датчиков. *Ученые записки Белорусского государственного университета физической культуры*, № 24, С. 41–52.
- Матрохин, А.Ю. (2016). Мировые стандарты оценки качества текстильных материалов. *Физика волокнистых материалов: структура, свойства, наукоемкие технологии и материалы (SMARTEX)*, № 2, С. 30–35.
- Новосад, Т.Н., Сташева, М.А., Гойс, Т.О., Матрохин, А.Ю., Коробов, Н.А. и Гусев, Б.Н. (2023). Анализ и перспективы развития цифровых методов измерения свойств текстильных материалов и изделий. *Известия высших учебных заведений. Технология текстильной промышленности*, № 3 (405), С. 15–33.
- Панкевич, Д.К. (2024). Оценка уровня функциональности материалов для спортивной водозащитной экипировки. *Костюмология*, Т 9, № 4, [Online], URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL424.pdf>, [дата обращения: 10.08.2025].
- Панкевич, Д.К., Алахова, С.С. и Мойсейчик, А.Ю. (2022). Разработка модели и конструкции спортивной водонепроницаемой экипировки. *Инновации в текстиле, одежде, обуви (ICTAI-2022) : материалы докладов международной научно-технической конференции*, Витебск, С. 65–70.
- Першин, В.А., Осипенко, Л.А. и Зайкина, И.Н. (2000). Численный метод анализа и синтеза комфортности системы "человек-одежда-среда". *Новое в технике и технологии текстильной и легкой промышленности: сборник докладов международной научной конференции*, Витебск, С. 330–332.
- Симоненко, Д.Ф. (1978). *Лабораторная оценка носкости материалов для одежды*. М.: Легкая индустрия, СССР.

Туханова, В.Ю. и Тихонова, Т.П. [2015]. Определение факторов, влияющих на процесс конфекционирования материалов. *Современные наукоемкие технологии. Региональное приложение*, № 4 (44), С. 204–209.

Chang, Ya. and Liu, F. [2023]. Review of waterproof breathable membranes: preparation, performance and applications in the textile field. *Materials (Basel)*, 16 (15): 5339. DOI:10.3390/ma16155339, PMID: 37570043, PMCID: PMC10419557.

Hu, J. [2016]. *Active coatings for smart textiles*. Woodhead Publishing Ltd, United Kingdom.

## REFERENCES

Arkhangelsky, V.I. and Kirillov, V.F. [2020]. *Gigiena i ekologiya cheloveka* [Human Hygiene and Ecology]. Moscow: GEOTAR-Media, Russian Federation (In Russian).

Besshaposhnikova, V.I., Klimova, N.A., Besshaposhnikova, N.V. and Kovaleva, N.E. [2020]. The influence of low temperatures on the performance properties of membrane fabrics for clothing [Vliyaniye nizkikh temperatur na ekspluatatsionnye svoystva membrannykh tkanej dlya odezhdy]. *Khimicheskie volokna = Chemical fibers*, no. 1, pp. 55–58 (In Russian).

Besshaposhnikova, V.I., Klimova, N.A., Kovaleva, N.E. and Loginova, E.A. [2021]. *Nauchnye osnovy pronikaemosti i tekhnologii tekstil'nykh membrannykh materialov* [Scientific basis for the permeability and technology of textile membrane materials]. Moscow: A.N. Kosygin Russian state university (Technologies. Design. Art), Russian Federation (In Russian).

Chang, Ya. and Liu, F. [2023]. Review of waterproof breathable membranes: preparation, performance and applications in the textile field. *Materials (Basel)*, 16 (15): 5339. DOI:10.3390/ma16155339, PMID: 37570043, PMCID: PMC10419557.

Getmanceva, V.V., Tyurin, I.N., Andreeva, E.G. and Belgorodsky, V.S. [2020]. *Innovatsionnye tekhnologii izgotovleniya "umnoj odezhdy" povyshennoj funktsional'nosti* [Innovative technologies for the production of "smart clothes" with increased functionality]. Moscow: Publishing house "Scientific library", Russian Federation (In Russian).

Hu, J. [2016]. *Active coatings for smart textiles*. Woodhead Publishing Ltd, United Kingdom.

Klimova, N.A., Loginova, E.A., Arapkhanova, H.B. and Besshaposhnikova, V.I. [2020]. Changes in the properties of membrane fabrics under the influence of operational factors [Izmeneniye svoystv membrannykh tkanej pod vliyaniem ekspluatatsionnykh faktorov]. *Sbornik nauchnykh trudov Mezhdunarodnoj nauchnoy konferencii, posvyashchennoj 110-letiyu so dnya rozhdeniya professora A.G. Sevost'yanova : materialy konferencii = Collection of scientific papers of the International scientific conference dedicated to the 110th anniversary of the birth of professor A.G. Sevostyanov: conference proceedings, Moscow, march 10, 2020*, part 2. Moscow: A.N. Kosygin Russian state university (Technologies. Design. Art), pp. 289–292 (In Russian).

Klinov, V.V. [2021]. Construction of immediate pre-competition training of rowers [Postroeniye neposredstvennoj pedsorevnovatel'noy podgotovki grebcov]. *Uchenye zapiski Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta fizicheskoy kul'tury = Scientific notes of the belarusian state university of physical education*, no. 24, pp. 26–31 (In Russian).

Loginov, V.F. [2022]. Modern climate changes in Belarus [Sovremennyye izmeneniya klimata Belarusi]. *Fundamental'naya i prikladnaya klimatologiya = Fundamental and applied climatology*, vol. 8, no. 1, pp. 51–74 (In Russian).

Loginova, E.A., Klimova, N.V. and Besshaposhnikova, V.I. [2020]. Analysis and systematization of the range of membrane fabrics for clothing [Analiz i sistematzatsiya assortimenta membrannykh tkanej dlya odezhdy]. *Dizayn, tekhnologii i innovatsii v tekstil'noy i legkoj promyshlennosti (INNOVACII-2020): sbornik materialov Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii = Design, technology and innovation in the textile and light industry (INNOVATIONS-2020): collection of materials of the International scientific and technical conference, Moscow, november 12, 2020*, part 2, Moscow: A.N. Kosygin Russian state university (Technologies. Design. Art), pp. 46–49 (In Russian).

Lukashevich, D.A. [2021]. Monitoring and control of power preparedness of athletes in flatwater rowing and canoeing using strain gauges [Monitoring i kontrol' silovoj podgotovlennosti sportsmenov v greble na ploskoj vode i kanoe s ispol'zovaniem tenzometricheskikh datchikov]. *Uchenye zapiski Belorusskogo gosudarstvennogo universiteta fizicheskoy kul'tury = Scientific notes of the Belarusian state university of physical culture*, no. 24, pp. 41–52 (In Russian).

Matrokhin, A.Yu. [2016]. World standards for assessing the quality of textile materials [Mirovye standarty ocenki kachestva tekstil'nykh materialov]. *Fizika voloknistykh materialov: struktura, svoystva, naukoemkie tekhnologii i*



*materialy (SMARTEX) = Physics of fibrous materials: structure, properties, high-tech technologies and materials (SMARTEX)*, no. 2, pp. 30–35 [In Russian].

Novosad, T.N., Stasheva, M.A., Goys, T.O., Matrokhin, A.Yu., Korobov, N.A. and Gusev, B.N. (2023). Analysis and development prospects of digital methods for measuring the properties of textile materials and products [Analiz i perspektivy razvitiya cifrovyyh metodov izmereniya svoystv tekstil'nykh materialov i izdelij]. *Izvestiya visshikh uchebnikh zavedenii. Tekhnologiya tekstilnoi promishlennosti*, no 3 (405), pp. 15–33 [In Russian].

Pankevich, D.K. (2024). Evaluation of the functionality level of materials for sports waterproof equipment [Ocenka urovnya funktsional'nosti materialov dlya sportivnoy vodozashchitnoy ekipirovki]. *Kostyumologiya = Journal of clothing science*, [Online], URL: <https://kostumologiya.ru/PDF/05TLKL424.pdf>, (Accessed: 10.08.2025) [In Russian].

Pankevich, D.K., Alakhova, S.S. and Moiseichik, A.Yu. (2022). Development of a model and design of waterproof sports equipment [Razrabotka modeli i konstrukcii sportivnoy vodonepronicaemoj ekipirovki]. *Innovacii v tekstile, odezhde, obuvi (ICTAI-2022): materialy dokladov mezhdunarodnoj nauchno-tekhnicheskoy konferencii = Innovations in textiles, clothing, footwear (ICTAI-2022): proceedings of the international scientific and technical conference*, VSTU, Vitebsk, pp. 65–70 [In Russian].

Pershin, V.A., Osipenko, L.A. and Zaykina, I.N. (2000). Numerical method for analysis and synthesis of comfort of the "person-clothing-environment" system [Chislennyj metod analiza i sinteza komfortnosti sistemy "chelovek-odezhda-sreda"]. *Novoe v tekhnike i tekhnologii tekstil'noj i legkoj promyshlennosti: sbornik dokladov mezhdunarodnoj nauchnoj konferencii = New in engineering and technology of textile and light industry: Collection of reports of the international scientific conference*, Vitebsk, pp. 330–332 [In Russian].

Simonenko, D.F. (1978). *Laboratornaya ocenka noskosti materialov dlya odezhdy* [Laboratory assessment of wearability of clothing materials]. Moscow: Legkaya industriya, USSR [In Russian].

Tukhanova, V.Yu. and Tikhonova, T.P. (2015). Determination of factors influencing the process of material packaging [Opredelenie faktorov, vliyayushchih na process konfeksionirovaniya materialov]. *Sovremennye naukoemkie tekhnologii. Regionalnoe prilozhenie = Modern high-tech technologies. Regional supplement*, no. 4 (44), pp. 204–209 [In Russian].

Vasyuk, V.E., Lukashevich, D.A. and Mudragel, P.I. (2021). Algorithm for analyzing the power of movements of rowers in speed-strength sports tasks [Algoritm analiza moshchnosti dvizhenij sportsmenov-grebcov v zadaniyah skorostno-silovoj napravlenosti sporta]. *Mir sporta = World of sports*, no. 2 (83), pp. 24–29 [In Russian].

### Информация об авторах

### Information about the authors

#### Панкевич Дарья Константиновна

Кандидат технических наук, доцент кафедры «Конструирование и технология одежды и обуви», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: dashapan@mail.ru

#### Буланчиков Игорь Анатольевич

Старший преподаватель кафедры «Техническое регулирование и товароведение», Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: mers4917@rambler.ru

#### Прудникова Татьяна Алексеевна

Студент, Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь.

E-mail: tyssya.oy@mail.ru

#### Darya K. Pankevich

Candidate of Sciences [in Engineering], Associate Professor at the Department "Clothing and Footwear Design and Technology", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: dashapan@mail.ru

#### Igor A. Bulanchikov

Senior Lecturer at the Department "Technical Regulation and Commodity Science", Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: mers4917@rambler.ru

#### Tatiana A. Prudnikova

Student, Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus.

E-mail: tyssya.oy@mail.ru