

**ОЦЕНКА КАЧЕСТВА МНОГОФУНКЦИОНАЛЬНЫХ
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ОДЕЖДЫ
THE QUALITY ASSESSMENT OF MULTIFUNCTIONAL GARMENT MATERIALS**

**Дарья Константиновна Панкевич
Dar'ya K. Pankevich**

*Учреждение образования «Витебский государственный технологический университет»,
Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk
(e-mail: dashapan@mail.ru)*

Аннотация: Разработаны критерии, методы и средства для оценки уровня качества многофункциональных материалов для водозащитной одежды. На примере спортивной экипировки для занятий греблей на байдарках и каноэ проведена оценка уровня качества образцов комплексных материалов с мембраной.

Abstract: Criteria, methods and means for assessing the quality level of multifunctional materials for waterproof clothing are developed. On the example of sports outfit for canoeing, the quality level of samples of complex materials with membrane was assessed.

Ключевые слова: одежда, водозащитные материалы, мембрана, функциональность, критерии, базовое значение, условия эксплуатации.

Keywords: clothing, waterproof materials, membrane, functionality, criteria, basic value, operating conditions.

Актуальной задачей материаловедения швейных изделий является развитие методологических основ оценки и исследования эксплуатационных свойств многофункциональных текстильных материалов (МТМ) как набора необходимых функций, имеющих общую область определения, ограниченную диапазоном условий эксплуатации.

Оценка потребителем уровня качества материала происходит не по значениям неких предельных параметров (при разрыве, промокании, нарушении структуры, изменении цвета и т.п.), определяемых в различных стандартных условиях (не всегда или не вполне соответствующих эксплуатационным), а по степени совпадения промежутков, на которых значения каждой критической функции удовлетворяют ожиданиям, с промежутками, соответствующими общей области определения критических функций. Эта общая область определения обусловлена условиями эксплуатации одежды: диапазоном температуры и влажности, уровнем активности носчика, предполагаемым сроком носки, типом и интенсивностью воздействий. Область значений каждой функции интересует потребителя лишь в той части, которая соответствует его ожиданиям, то есть в некотором диапазоне базовых значений критериев оценки, ранжированных по уровню желательности.

Развитие приборной и методической базы исследования свойств материалов как функций дает возможность оценивать свойства материалов как категории, которые отражают полезный для потребителя отклик материала на внешнее воздействие, описываемый функциональной зависимостью. А функциональная зависимость должна быть охарактеризована такими показателями, которые отражают динамику изменения свойства в заданных, одинаковых для всех критических функций, диапазонах условий эксплуатации.

Целью работы является разработка комплекса критериев, методов и средств их исследования, для оценки качества МТМ при формировании нового ассортимента водозащитной одежды с улучшенными потребительскими свойствами.

Современные материалы для водозащитной одежды представлены широким ассортиментом МТМ, содержащих кроме текстиля полимерную мембрану, непроницаемую для капельножидкой влаги, но пропускающую пары воды. Анализ области применения

водозащитных МТМ с мембраной позволил выявить три критические функции, выполнение которых обеспечивает высокий уровень качества одежды из них: функция водозащиты (отражает соответствие назначению), функция обеспечения температурного гомеостаза человека (отражает уровень комфортности), функция надежности (отражает стабильность свойств в заданном промежутке условий эксплуатации). Для каждой критической функции разработаны критерии, позволяющие применить новый функциональный подход к оценке уровня качества материалов для одежды.

Для оценки МТМ по критической функции водозащиты разработаны следующие критерии.

1) Критерий P_w – давление промокания материалов – это величина гидростатического давления, при котором скорость изменения процентного содержания влаги в материале превышает 1 % в минуту. Для исследования промокания МТМ разработан прибор и способ, опубликованные в источниках [1, 2].

2) Критерий t_w – время промокания материала, предназначенный для оценки максимально возможной длительности реализации материалом водозащитной функции при заданном давлении [1, 2].

3) Критерий K_w полноты реализации водозащитной функции, который показывает, насколько сухим остается материал в процессе непрерывного воздействия на него гидростатического давления заданной величины в течение заданного времени, он рассчитывается по графику промокания МТМ при заданном гидростатическом давлении и времени защиты от воды [2]. В расчете по формуле (1) используются данные о заданном времени t_w защиты от воды, мин; о фактическом времени t промокания, мин; о площади под кривой графика промокания, рассчитываемой программным обеспечением разработанного прибора как определенный интеграл.

В таблице 1 представлены расчетные формулы и градация базовых значений разработанных критериев оценки водозащитной функции МТМ.

Таблица 1 – Критерии оценки водозащитной функции

Критерий, ед. измерения	Расчетная формула, метод и средство	Градация базового значения критерия				
		мин.	низкий	средний	высокий	наивысший
P_w , кПа	метод электрогидродинамической аналогии [1, 2]	3	8...30	31...50	51...98	более 99
t_w , мин		20	21...30	31...60	61...120	более 120
K_w , баллы	$K_w = 1 - \frac{0,25 \cdot (t_w - t) + \int_0^t f(t) dx}{0,25 \cdot t_w} \quad (1)$	0,37	0,45...0,62	0,63...0,75	0,76...0,85	0,86...1,00

Для оценки МТМ по критической функции обеспечения материалами одежды температурного гомеостаза предложены и разработаны следующие критерии.

1) Критерий водопаропроницаемости WVP_{mid} , определяемый гравиметрическим методом в середине диапазона температурно-влажностных условий носки одежды, однозначно интерпретируемого через разность ΔP_{mid} парциальных давлений водяного пара. В расчете WVP_{mid} по формуле (2) используются данные о массе m_1 и m_2 испытательной конструкции до и после испытания соответственно, г; об экспонируемой площади образца S , m^2 ; о времени испытания t , ч.

2) Динамический критерий водопаропроницаемости K_{wvp} материалов, который показывает, на сколько в среднем возрастает коэффициент водопаропроницаемости при перегревании тела человека, приводящем к росту ΔP на 1 Па в заданных эксплуатационных условиях при изменении ΔP от среднего значения ΔP_{mid} до максимально возможного ΔP_{max} . Критерий K_{wvp} через базовое значение связывает водопаропроницаемость МТМ с установленными физиологами-гигиенистами средними нормами влагопотерь человека, которые возрастают соответственно при изменении теплоощущения с «комфортно» на «очень жарко». В расчете K_{wvp} по формуле (3) используются данные о коэффициенте

водопроницаемости WVP_{mid} и WVP_{max} , определяемом при среднем и максимальном значении разности ΔP соответственно, г / (м²·24 ч); об изменении значений разностей $\Delta P = \Delta P_{max} - \Delta P_{mid}$ в эксплуатационном диапазоне, Па. При этом полагаем, что при изменении ΔP от минимального до среднего уровня человек ощущает себя в одежде от «прохладно» до «комфортно» и его влагопотери в этой части эксплуатационного диапазона ΔP незначительны.

3) Критерий суммарного теплового сопротивления R_s , предназначенный для оценки способности материалов сохранять тепло в низкотемпературной области эксплуатации. Базовое значение R_s , согласно данным П.А. Колесникова [3], устанавливается исходя из данных о времени пребывания носчика в конкретных условиях и данных о его активности, что представлено в источнике [3, табл. 2.8, с. 104]. В расчете R_s по формуле (4) используются данные о массе m нагревательного элемента, кг, $m = 0,1297$ кг; об экспонируемой площади образца S , м²; $S = 0,0216$ м²; о времени τ остывания нагревательного элемента в заданном интервале температур, с; об удельной теплоемкости c нагревательного элемента, $c = 134$ Дж/кг·°С. Этот критерий используется для оценки материалов, эксплуатируемых при температуре воздуха ниже 0 °С.

В таблице 2 представлены расчетные формулы критериев оценки функции обеспечения материалами одежды температурного гомеостаза и градация их базовых значений.

Таблица 2 – Критерии оценки функции гомеостаза

Критерий, ед. измерения	Расчетная формула, метод и средство	Градация базового значения критерия				
		мин.	низкий	средний	высокий	наивысший
WVP_{mid} , г/(м ² ·24 ч)	$WVP_{mid} = \frac{m_1 - m_2}{S \cdot t}$ (2) гравиметрический метод [4]	600	6000... 10000	10001... 15000	15001... 20000	более 20001
K_{wvp} , г/Па·(м ² ·24 ч)	$K_{wvp} = \frac{WVP_{max} - WVP_{mid}}{\Delta P_{max} - \Delta P_{mid}}$ (3)	1	1,1...2,1	2,2...5,5	5,6...8,9	более 8,9
R_s , м ² ·°С/Вт	$R_s = \frac{S \cdot \tau}{c \cdot m}$ (4) метод нестационарного теплового режима [5]	по данным источника [3, табл. 2.8, с. 104]				

Для оценки уровня функциональности МТМ по критической функции надежности разработаны следующие критерии.

1) Относительный критерий R_{wg} давления промокания после моделирования эксплуатации для оценки изменения величины гидростатического давления, при котором начинается проникание воды в структуру материала. В расчете по формуле (5) используется величина давления промокания R_{wex} , измеренная после моделирования эксплуатации, и начальное значение R_w .

2) Относительный критерий twg времени промокания после моделирования эксплуатации, который в долях от единицы показывает изменение времени защиты от воды после некоторого заданного срока эксплуатации по сравнению с начальным уровнем критерия tw и рассчитывается по формуле (6).

3) Относительный критерий K_{wg} полноты реализации водозащитной функции при заданном времени и давлении после моделирования эксплуатации, который показывает, насколько полно будет реализована водозащитная функция МТМ после заданного количества циклов моделирования эксплуатации по сравнению с начальным уровнем критерия K_w и рассчитывается по формуле (7).

Для оценки каждой критической функции МТМ необязательно использовать сразу все критерии, а только наиболее информативные в данной конкретной ситуации выбора. Комплексная оценка качества выполняется по известной формуле как средний геометрический взвешенный показатель K_g , учитывающий назначение одежды и полученные при

исследовании свойств материалов единичные или групповые показатели, характеризующие каждую из критических функций.

Таблица 3 – Критерии оценки функции надежности

Критерий, ед. измерения	Расчетная формула	Градация базового значения критерия				
		мин.	низкий	средний	высокий	наивысший
P_{wr}	$P_{wr} = \frac{P_{wex}}{P_w} \quad (5)$	0,37	0,45...0,62	0,63...0,75	0,76...0,85	0,86...1,00
twr	$twr = \frac{tw_{ex}}{tw} \quad (6)$					
K_{wr}	$K_{wr} = \frac{K_{wex}}{K_w} \quad (7)$					

Разработанная методика основана на анализе условий эксплуатации одежды, в результате которого формируется модель МТМ, удовлетворяющего заданным требованиям потребителя, выраженная через набор критериев оценки и их базовые значения. Согласно условиям эксплуатации и выбранным критериям выполняется выбор испытательного оборудования и расчет условий испытаний. Затем проводится исследование свойств МТМ по критериям оценки и комплексная оценка уровня качества МТМ.

Апробация новой методики выполнена на примере двухслойных МТМ для водозащитной спортивной экипировки для пяти образцов МТМ. Анализ условий эксплуатации проектируемой экипировки спортсменов-байдарочников и каноистов показал, что диапазон наиболее характерных параметров внешней среды для температуры воздуха составляет от 0 °С до 12 °С, для относительной влажности воздуха над поверхностью водоема от 50 % до 90% [6]. Для расчета парциального давления пара в пододежном пространстве приняли, что минимальное парциальное давление пара ожидается, когда спортсмен испытывает ощущения «комфорт», при этом температура пододежного пространства 33,2 °С, влажность 50,5 %. Максимальное парциальное давление пара предполагается, когда спортсмен испытывает теплоощущение «очень жарко», при этом температура пододежного пространства 37,0 °С, влажность 87 % [7]. В результате выполненного расчета для исследования показателей WVP_{mid} и K_{wvr} использовали значения $\Delta P_{mid} = 3878$ Па, $\Delta P_{max} = 5198$ Па. Для оценки уровня водозащитной функции использовали показатель K_w полноты реализации водозащитной функции при гидростатическом давлении 40 кПа и времени воздействия 2 часа (соответствует условиям тренировки), для оценки надежности – показатель K_{wr} , рассчитанный после моделирования 200 000 циклов изгиба (бегущая складка) при температуре 0 °С и относительной влажности 90%. Базовые значения функции водозащиты выбирали из диапазона низкого уровня, гомеостаза – высокого уровня, надежности – высокого уровня. Весомость показателей приняли одинаковой на уровне 0,25. Все показатели позитивные.

Характеристика образцов, результаты исследования показателей критических функций и комплексная оценка материалов представлены в таблице 4.

Как видно по результатам исследования и расчета, образцы 1 и 2 нежелательно использовать для изготовления спортивной водозащитной экипировки, поскольку они обладают низким значением комплексной оценки.

Таблица 4 – Оценка качества МТМ для спортивной экипировки

Номер образца / артикул	Поверхностная плотность, г/м ²	Тип мембраны	Значения показателей критических функций, фактическое / базовое				Комплексная оценка Kg
			Водозащита	Гомеостаз		Надежность	
				Kw, баллы	WVPmid, г/(м ² ·24 ч)		
1/МТ-023	160	пористая гидрофобная	1,00 / 0,5	1190/15300	0,9 / 6	0,98 / 0,8	0,41
2/МТ-002	109		0,54 / 0,5	1542/15300	1,2 / 6	0,05 / 0,8	0,19
3/ ТР-023	150		0,56 / 0,5	4165/15300	6,6 / 6	0,74 / 0,8	0,75
4/МТ-018	139	комбинированная	0,82 / 0,5	4302/15300	6,1 / 6	0,70 / 0,8	0,80
5/ТР-0015с	134	монолитн. гидрофильн.	1,00 / 0,5	3955/15300	2,8 / 6	1 / 0,8	0,74

Выводы

Разработан комплекс критериев, методов и средств их исследования для оценки качества МТМ при формировании нового ассортимента водозащитной одежды с улучшенными потребительскими свойствами. Критерии отражают соответствие материалов назначению и теплоощущениям человека, исследованы в эксплуатационных диапазонах температур, влажности, типов воздействий. Из выбранных по разработанной методике материалов изготовлены опытные образцы спортивной экипировки и проводится их экспериментальная носка.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Mujumdar A.S. Handbook of Industrial Drying (Part 1). New York: Marcel Dekker, 1995.
2. Сажин Б. С., Кошелева М. К., Сажина М. Б. Процессы сушки и промывки текстильных материалов. М.: ФГБОУ ВПО «МГУДТ», 2013. 126 с.
3. Лыков А. В. Тепломассообмен. М.: Энергия, 1971. 324 с.
4. Рудобашта С.П., Кошелева М.К. Определение коэффициентов массоотдачи и массопроводности из кривых кинетики // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2015. № 6 (360). С. 175-180.
5. Рудобашта С. П., Карташов Э. М. Диффузия в химико-технологических процессах. Москва: Колос, 2010. 320 с.
6. Whitaker S. Simultaneous heat, mass, and momentum transfer in porous media: a theory of drying. Advances in Heat Transfer. 1977. V. 13. P. 119–203