



Рисунок 1 – Зависимость силы тока от времени воздействия гидростатического давления

Анализ графиков показывает, что исследуемые материалы начинают промокать при воздействии гидростатического давления 0,04 МПа (что составляет около 400 мм. вод. столба и соответствует градации «морозящий дождь» [1]). Из таблицы 1 находим, что значение водонепроницаемости, определяемое по ГОСТ 413-91, у этих образцов в три – четыре раза выше.

На графиках видно, что процесс промокания не является равномерным. Причем, у материалов различной структуры время стадий намокания сильно различается. Так, у материала с гидрофильной мембраной (образец №1) самым долгим оказался этап сквозного промокания, причем все это время насыщение материала водой уже будет ощутимо для носчика.

У образца с гидрофобной мембраной (образец №2) другой характер намокания: примерно половину времени промокание будет мало ощутимым для носчика, однако через 800 секунд этот материал промокает насквозь при давлении, значительно меньшем, чем зарегистрировано по стандартной методике. Дело в том, что стандартом не регламентируется скорость повышения давления, а требуется только, чтобы она была постоянной.

Таким образом, данный прибор и методика позволяют более точно по сравнению с визуальной регистрацией идентифицировать различные стадии проникания воды сквозь материал. Это позволяет получить исчерпывающую информацию о способности материалов противостоять воздействию на них воды в условиях, приближенных к эксплуатационным.

#### Список использованных источников

1. Williams, J. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier : Woodhead Publishing Ltd, 2018. – 590 p.
2. 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 / А. Н. Буркин, Д. К. Панкевич, Е. И. Ивашко, А. А. Терентьев. – 2 с. : ил.

УДК 67.017

## ОЦЕНКА ТЕПЛОЗАЩИТНЫХ СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ РАЗЛИЧНЫХ СТРУКТУР

**Панкевич Д.К., к.т.н., доц., Мойсейчик А.Ю., студ.**

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

*Реферат. В статье изложены результаты исследования и оценки теплозащитных свойств мембранных материалов двухслойной и трехслойной структур при пониженной температуре наружного воздуха. Исследование структуры выполнено методом микроскопии, определение суммарного теплового сопротивления – методом нестационарного теплового режима. Показано, что среди изученных объектов исследования мембранные материалы трехслойной структуры, имеющие с изнаночной стороны подворсовку или содержащие полотна с комбинированным переплетением,*

*представляющим собой сочетание поперечносоединенного и плюшевого, обладают более высокими значениями теплового сопротивления. Это позволяет использовать их при проектировании одежды, которая будет эксплуатироваться в условиях физической активности выше среднего при пониженной температуре наружного воздуха.*

Ключевые слова: мембранные материалы, теплозащитные свойства, структура, переплетение.

Проектирование рациональной теплозащитной одежды для различных климатических и эксплуатационных условий является актуальной задачей. В настоящее время наблюдается устойчивая тенденция к облегчению пакета одежды, в связи с чем для проектирования теплозащитной одежды применяют комплексные текстильные материалы, представляющие собой объемное сочетание текстильных и пленочных мембранных слоев. Такие материалы обладают уникальным сочетанием свойств: водонепроницаемостью и паропроницаемостью, прочностью, растяжимостью, тепло- и ветрозащитой при невысокой поверхностной плотности. Благодаря сочетанию и возможности варьирования компонентов структуры, выполняющих различные функции, такие материалы названы многофункциональными. В них каждый слой в отдельности имеет свою структуру, а многофункциональность достигается как сочетанием, свойствами и количеством слоев, так и порядком их взаимного расположения в пространстве, а также расположением относительно тела человека.

Ассортимент мембранных материалов очень широк, разнообразны и типы структур таких материалов, а опыт их применения в качестве теплозащитных материалов в Республике Беларусь ограничен, поэтому важной научной задачей является оценка теплозащитных свойств мембранных материалов различных структур для формирования рекомендаций по области их применения.

Цель исследования – определить теплоизоляционные свойства мембранных материалов и оценить возможность применения данных материалов для изготовления одежды, используемой при температуре внешней среды от 0 до  $-10^{\circ}\text{C}$ .

Важной характеристикой оценки теплозащитных свойств материалов и пакетов одежды является тепловое сопротивление  $R_m$ , величина которого является обратной коэффициенту теплопроводности. Теплозащитная способность материала находится в прямой зависимости от величины теплового сопротивления. Чем оно больше, тем выше теплоизоляционные свойства материала [1].

Для поведения испытания были отобраны образцы мембранных материалов, различные по структуре. Проводили микроскопию лицевой, изнаночной стороны и поперечного среза мембранного материала. Исследование выполнено в лаборатории кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» с помощью электронного стереоскопического микроскопа BS-3040T, оснащенного видеоокуляр и программным обеспечением для просмотра и работы с изображением на компьютере. Определение толщины (общей и послойно) материалов выполняли по ГОСТ 12023-2003. Определение поверхностной плотности – по ГОСТ 3811-72, определение плотности нитей по основе и по утку – по ГОСТ 3812 – 72. Характеристика образцов мембранных материалов представлена в таблице 1.

Анализируя данные таблицы 1, объекты исследования можно разделить на три группы: двухслойные на тканой основе (образцы № 1, № 2, № 3), трехслойные на трикотажной основе (образцы № 4, № 5, № 6), трехслойные на трикотажной основе с ворсованной подкладкой (образцы № 7, № 8, № 9, № 10) с мембранами различных типов.

Для исследования теплоизоляционных свойств мембранных материалов применяли методику, описанную в источнике [2]. В основу методики [2] положен принцип нестационарного теплового режима. Его сущность заключается в определении времени охлаждения нагретого тела, изолированного от окружающей среды исследуемым материалом. При проведении испытания применяли следующее оборудование: климатическая камера YTN-408-40-IP; источник питания GW Instek GPS-73030DD; цифровой регистратор температуры производства «EvoPribor»; датчик температуры; нагревательный элемент (вольфрамовый цилиндр длиной 12 см и диаметром 2 см с удельной теплоемкостью  $134 \text{ Дж/кг}\cdot^{\circ}\text{C}$ ). Для проведения испытания были подготовлены пробы из исследуемых материалов и из трикотажного хлопчатобумажного полотна (моделирование нательного белья) в виде прямоугольных конвертов размером (200×150) мм.

Таблица 1 – Характеристика объектов исследования

Номер образца	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Структура						
		текстильного тканого (трикотажного) слоя				мембраны		
		толщина (лицо / изнанка), мм	переплетение нитей текстильного слоя (лицо / изнанка)	количество нитей (петель) текстильного слоя на 10 см		толщина слоев, мм		
по основе (столбиков)	по утку (рядов)			пористого	монолитного			
1	224	0,25 / -	полотняное	220		220	0,10*	нет
2	135	0,16 / -	полотняное	320		280	0,10	нет
3	132	0,16 / -	комбинированное	630		580	0,05	0,02*
4	245	0,42 / 0,22	кулирное двойное / кулирное комбинированное пресс-жакардовое нерегулярное	(лицо)	(210)	(230)	0,02	нет
		(изнанка)		(160)	(180)			
5	305	0,32 / 0,22	семиигольное трико / гладкое платированное основовязанное	(лицо)	(130)	(210)	0,05	0,02*
		(изнанка)		(130)	(150)			
6	274	0,24 / 0,38	одинарное поперечносоединенное / двуластичное	(лицо)	(210)	(300)	0,03	нет
		(изнанка)		(230)	(230)			
7	328	0,3 / 0,72	кулирн. гладь / сочетание поперечносоединенного и плюшевого	(лицо)	530	320	0,03	нет
		(изнанка)		130	160			
8	279	0,21 / 0,45	полотняное / двуластичное с подворсовкой	лицо	490	430	нет	0,04*
		(изнанка)		(180)	(190)			
9	270	0,41 / 0,38	сочетание поперечносоединенного и плюшевого / ластик 1+1	(лицо)	(130)	(150)	нет	0,04*
		(изнанка)		(200)	(380)			
10	338	0,32 / 0,65	полотняное / двуластичное с подворсовкой	лицо	500	420	0,08	нет
		(изнанка)		(280)	(340)			

Примечания: 1) звездочкой отмечены мембраны из гидрофильных полимеров;  
2) в скобках указаны данные для трикотажных полотен.

Нагревательный элемент вместе с датчиком температуры помещали внутрь прямоугольных конвертов из хлопчатобумажного полотна и исследуемого материала, «одетых» один на другой, и запаковывали с помощью зажима. Затем исследуемый объект закрепляли на стойке в климатической камере. Опыт проводили при температуре -10°C (усредненные предполагаемые условия эксплуатации материалов). После создания необходимых условий в климатической камере цилиндр нагревали до 60°C с помощью источника питания. Изменения температуры фиксировали с помощью цифрового регистратора температуры. После этого источник питания отключали, для выравнивания температурного поля цилиндр охлаждали до температуры 55°C, после чего регистрировали время его охлаждения до температуры 45°C. Суммарное тепловое сопротивление образца  $R_{сум}$  (м<sup>2</sup>·°C/Вт) вычисляли по формуле, предложенной в источнике [2].

Результаты исследования образцов материалов представлены в таблице 2. Полученные данные теплового сопротивления были сопоставлены со справочными данными, опубликованными П. А. Колесниковым в источнике [1]. Согласно его исследованиям, значения теплового сопротивления материалов для одежды должны быть сопоставлены не только с условиями окружающей среды, но и с энергозатратами человека-носчика. Так, для двухчасового пребывания на воздухе с температурой -10°C человека, энергозатраты которого составляют 400 Вт (соответствует высокому уровню физической активности), тепловое сопротивление пакета одежды должно иметь значение 0,19 м<sup>2</sup>·°C/Вт. А при отсутствии активности – значение 0,72 м<sup>2</sup>·°C/Вт.

Таблица 2 – Результаты исследования и для температуры наружного воздуха –10 °С

Номер образца	Структура образцов	Суммарное тепловое сопротивление, $R_{\text{сум}}$ , м <sup>2</sup> ·°С/Вт	Требуемое суммарное тепловое сопротивление, м <sup>2</sup> ·°С/Вт, при уровне физической активности и наружной температуре воздуха [2]			
			температура	низкий	средний	высокий
1	двухслойные на тканой основе	0,184	0°С	0,56	0,16	0,11
2		0,183				
3		0,181				
4	трехслойные на трикотажной основе	0,191	-5°С	0,63	0,20	0,14
5		0,196				
6		0,211				
7	трехслойные на трикотажной основе с ворсовой подкладкой	0,235	-10°С	0,72	0,23	0,19
8		0,226				
9		0,221				
10		0,210	-15°С	0,82	0,27	0,20

В таблице серым цветом выделены результаты, совпадающие со справочными данными о требуемом суммарном тепловом сопротивлении при высоком уровне физической активности и наружной температуре воздуха -10°С.

Анализ данных таблицы 2 позволяет сделать вывод, что среди изученных объектов исследования мембранные материалы трехслойной структуры обладают более высокими значениями теплового сопротивления и могут быть рекомендованы для изготовления спортивной одежды, эксплуатируемой при средней и высокой физической активности носчика и пониженной температуре воздуха согласно справочным данным.

Суммарное тепловое сопротивление материалов двухслойной структуры меньше, поэтому их использование с одним слоем одежды будет комфортным лишь при высочайшем уровне физической активности. В целом, тепловое сопротивление исследуемых материалов позволяет применять их для изготовления одежды, используемой при температуре внешней среды от 0 до -10°С.

#### Список использованных источников

1. Колесников, П. А. Основы проектирования теплозащитной одежды / П. А. Колесников. – М.: Легкая индустрия, 1971. – 112 с.
2. Петюль, И. А., Сапёлко, В. В. Исследование суммарного теплового сопротивления пакетов материалов альтернативными методами / И. А. Петюль, В. В. Сапёлко // Витебского государственного технологического университета. – 2019. – №1 (36). – С. 68 – 80.

УДК 67.017

## ПАРОПРОНИЦАЕМОСТЬ МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ СПОРТИВНОЙ ВОДОЗАЩИТНОЙ ОДЕЖДЫ: МЕТОДЫ И СРЕДСТВА ОЦЕНКИ

*Панкевич Д.К., к.т.н., доц., Шеремет Е.А., к.т.н., доц., Князева А.И., студ.*

*Витебский государственный технологический университет,  
г. Витебск, Республика Беларусь*

Реферат. В статье представлен анализ методов и средств оценки паропроницаемости мембранных водозащитных материалов. Рассмотрены принципы определения коэффициента паропроницаемости и сопротивления тепловому потоку испарения, дана характеристика их достоинств и недостатков. Изложены результаты исследования коэффициента паропроницаемости мембранных материалов для водозащитной спортивной одежды по разными методикам. Показано, что при изменении условий ранжированный по возрастанию показателя паропроницаемости ряд материалов изменяется.