

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

Номер образца	Структура образцов	Суммарное тепловое сопротивление, $R_{\text{сум}}$, м ² ·°С/Вт	Требуемое суммарное тепловое сопротивление, м ² ·°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.

Ключевые слова: спортивная одежда, мембранные материалы, паропроницаемость, условия испытаний.

Композиционные слоистые текстильные материалы, содержащие мембранный слой, находят все более широкое применение в легкой промышленности. Они представляют собой объемное сочетание текстильных и полимерных слоев и применяются для производства водозащитной бытовой, спортивной, специальной одежды и обуви. Мембраны, входящие в состав композита, являются барьером для атмосферных осадков, но проницаемы для парообразной влаги. Показатель паропроницаемости мембранных текстильных материалов является основным при установлении уровня их комфортности [1]. Особенно важен этот показатель для спортивной водозащитной одежды.

Среди большого числа методик, применяемых для оценки способности водозащитных материалов пропускать пары воды, до сих пор не найдена такая, которая была бы признана мировым сообществом ученых в качестве универсальной или рекомендуемой. Стандартные методики, используемые для оценки паропроницаемости материалов в различных странах, существенно различаются по условиям, создаваемым в процессе эксперимента. Поэтому значения показателей паропроницаемости варьируют в широком диапазоне. В настоящее время известны разновидности гравиметрического метода определения коэффициента паропроницаемости (ГОСТ 22900-78, ASTM E96-90, JIS L 1099, ГОСТ Р 57514-2017, ISO 8096:2005), позволяющие получать результаты в единицах $г/(м^2 \cdot 24 ч)$, и методы определения показателя сопротивления тепловому потоку испарения (ISO 11092:1993, ISO 1999, ASTM F 1868, EN 31092), которые позволяют получить результат в единицах $м^2 \cdot Па / Вт$ [1] и множество авторских методов.

Гравиметрические методы достаточно просты в реализации и основаны на том, что исследуемый образец является герметизирующей мембраной сосуда, содержащего воду или поглотитель влаги. В эту группу входит два подвида – метод Тейлора и метод перевернутой чаши.

Метод Тейлора реализуется следующим образом: сосуд с образцом помещают на определенное время в контролируемые условия, чтобы создать разность концентрации водяных паров по обе стороны от исследуемого материала. Испытательную конструкцию взвешивают до и после проведения опыта. Условия проведения опыта могут быть неизотермическими (когда создается перепад температур по обе стороны от образца) и изотермическими (при одинаковой температуре внутри и снаружи испытательной чаши). Недостатком метода является значительная длительность (от 4 до 48 часов в зависимости от методики) и большой разброс значений показателя паропроницаемости одного и того же образца в зависимости от конкретных условий испытания: температуры и влажности, расстояния от поверхности воды до образца, времени испытания, экспонируемой площади образца. Только при идеально повторяющихся условиях, молниеносном и точнейшем взвешивании результаты испытаний можно сопоставить между собой. Метод Тейлора исторически был первым и «породил» несколько десятков стандартных методик, в которых используются различные сочетания температур, влажности, высоты прослойки воздуха, площади образца и времени испытания. паропроницаемость материалов не является фиксированной величиной, эта характеристика изменяется в зависимости от интенсивности физической активности человека в одежде и погодных условий и возрастает с увеличением разности парциальных давлений водяного пара по обе стороны от материала.

Значение коэффициента паропроницаемости высококачественных КСТМ, определенное по методу Тейлора, при температуре опыта $23 \text{ }^\circ\text{C}$ и относительной влажности 50%, с расстоянием от поверхности воды до поверхности исследуемого образца 9 мм составляет около $1000 \text{ г}/м^2/24ч$ [2].

Метод перевернутой чаши (японский метод) также гравиметрический. В этом методе абсорбент (раствор ацетата калия) помещается в сосуд и закрывается пленкой из политетрафторэтилена. Он водонепроницаем и практически полностью пропускает пары воды. Сверху закрепляют исследуемый образец, затем снова пленку из политетрафторэтилена, и ставят испытательную конструкцию дном вверх на поддон со смоченной водой хлопковой ватой. Коэффициент паропроницаемости рассчитывают исходя из разницы в результатах взвешивания стакана с абсорбентом до и после опыта. Считается, что отсутствие воздушных прослоек между влажным хлопком, испытуемым материалом и поглотителем влаги позволяет получать очень точные результаты. Однако, метод также не лишен недостатков: пленка из расширенного политетрафторэтилена очень дорога и

недоступна в настоящее время для исследователей из нашей страны.

Суть метода определения сопротивления тепловому потоку испарения заключается в том, что исследуемый образец размещается на подогреваемой металлизированной пористой пластине, через мелкие отверстия которой подается вода, нагретая до температуры +35 °С. Снаружи конструкция обдувается потоком воздуха с контролируемыми параметрами. В процессе измерений температура пластины поддерживается на постоянном уровне. Испаряясь, водяной пар проходит сначала через политетрафторэтиленовую мембрану (для исключения контакта жидкой влаги и образца), затем через образец, а пластина охлаждается. Данный метод считается наиболее реалистичным, так как в нем лабораторные данные сопоставляются с ощущением комфорта людей, бегущих по беговой дорожке. Показатель сопротивления проникновению паров воды Ret (Resistance Evaporative Thermique) подсчитывается исходя из того, сколько энергии надо затрачивать на поддержание постоянной температуры пластины. Чем он меньше, тем выше паропроницаемость материала. Оборудование, реализующее метод потеющей пластины, выпускается единичными экземплярами и чрезвычайно дорого.

В условиях лаборатории кафедры ТРиТ УО «ВГТУ», г. Витебск, Беларусь, проводили испытания образцов мембранных материалов различных структур на паропроницаемость по методикам, изложенным в ГОСТ Р 57514-2017 «Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия» и ГОСТ 22900-78. «Кожа искусственная и пленочные материалы. Методы определения паропроницаемости и влагопоглощения». Методики обоих стандартов основаны на методе Тейлора, но характеризуются различными условиями испытаний.

ГОСТ Р 57514-2017 регламентирует требования к водонепроницаемой одежде и рекомендует исследовать паропроницаемость материалов при обдуве поверхности исследуемых образцов потоком воздуха. Согласно указанному документу материалы, используемые для верха водонепроницаемой одежды, предназначенной для продолжительной средней и высокой активности (код идентификации «С»), должны обладать значениями коэффициента паропроницаемости не ниже 480 г/(м²·24 ч).

ГОСТ 22900-78 применяется в Беларуси для оценки качества плащевых и курточных материалов с мембраной и содержит две методики испытаний материалов на паропроницаемость – в изотермических и неизотермических условиях. Коэффициент паропроницаемости, определяемый в изотермических условиях по методике данного стандарта, для материалов спецодежды должен быть не менее 3,5 мг/(см²·ч) (ТУ РБ 700116054.027 – 2004, ОАО «Моготекс») или 840 г/(м²·24 ч).

С целью оценки влияния условий испытаний на паропроницаемость проводили исследование тремя способами: по ГОСТ Р 57514-2017 без обдува образцов в изотермических условиях; по ГОСТ Р 57514-2017 с обдувом образцов со скоростью 5,7 м/мин и подогревом чашек до (37±2)°С; по ГОСТ 22900-78 в изотермических условиях. Различия в условиях испытаний представлены в таблице 1, а результаты исследования – в таблице 2.

Таблица 1 – Характеристика методик исследования

Методика	Сторона высокого давления		Сторона низкого давления		Время испытания (без термостатирования), ч	Экспонируемая площадь, м ²	Скорость движения наружного воздуха, м/мин
	температура, °С	влажность воздуха, %	температура, °С	влажность воздуха, %			
ГОСТ Р 57514-2017 с подогревом и обдувом	37	100	20	65	4	0,0075	5,7
ГОСТ Р 57514-2017 без подогрева и обдува	20	100	20	65	4	0,0075	0
ГОСТ 22900-78 п. 1.2.	20	100	20	0	6	0,0005	0

Таблица 2 – Результаты испытаний

Но- мер обра- зца	Структура материала (г/фобн. – гидрофобная мембрана, г/фильн. – гидрофильная мембрана)	Поверх- ностная плот- ность, г/м ²	Коэффициент паропроницаемости, г/(м ² ·24 ч), по методике		
			ГОСТ Р 57514 с подогревом и обдувом	ГОСТ Р 57514 без подогрева и обдува	ГОСТ 22900 п. 1.2.
1	двухслойный с г/фобн. мембраной	133	4379	719	409
2	трехслойный с г/фобн. мембраной	274	5557	757	385
3		328	4272	604	414
4		309	2283	442	357
5	двухслойный с комбинир. мембраной	139	3845	634	406
6	трехслойный с г/фильн. мембраной	142	4352	563	380
7	двухслойный с гидрофильной мембраной	98	4357	557	387
8		100	2784	528	359
Ряд материалов, ранжированный по возрастанию показателя паропроницаемости			4 8 5 3 6 7 1 2	4 8 7 6 3 5 1 2	4 8 6 2 7 5 1 3

Анализ данных таблицы 2 показывает, что обдув поверхности образца потоком воздуха с незначительной скоростью и создание перепада температур существенно повышают значения показателей паропроницаемости исследуемых материалов. Ранжированные по возрастанию показателя паропроницаемости ряды номеров материалов различаются для различных условий испытаний. Причем, они совпадают в начале и в конце для двух вариантов реализации методики по ГОСТ Р 57514-2017, изменяется ранг четырех образцов, имеющих близкие по значениям показатели в середине диапазона. А вот сопоставить результаты двух методик, существенно различающихся по условиям испытаний, невозможно. Так, в случае с ГОСТ Р 57514 и ГОСТ 22900 в силу значительной разности концентрации водяных паров по обе стороны от исследуемого материала ряды номеров материалов практически не совпадают. Это связано с тем, что паропроницаемость является функцией температуры и относительной влажности по обе стороны от исследуемого образца [1]. Поэтому, во избежание ошибочных выводов, при исследовании паропроницаемости мембранных материалов с целью оценки уровня их комфортности следует подбирать условия испытаний, максимально приближенные к эксплуатационным.

Список использованных источников

1. Буркин, А. Н., Панкевич, Д. К. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов. / А. Н. Буркин, Д. К. Панкевич. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 190 с.
2. Williams, J. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. Elsevier : Woodhead Publishing Ltd, 2018. – 590 p.

УДК 692.5

ИССЛЕДОВАНИЕ ТЕКСТИЛЬНЫХ НАПОЛЬНЫХ ПОКРЫТИЙ НА УСТОЙЧИВОСТЬ К ИСТИРАНИЮ

Шеремет Е.А., к.т.н., доц., Шетикова Д.Ю., студ.

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

Реферат. В статье рассмотрены альтернативные методы оценки качества текстильных напольных покрытий на устойчивость к истиранию, представлены результаты исследований.

Ключевые слова: текстильные напольные покрытия, ковровые изделия, методы испытания на устойчивость к истиранию, критерии оценки.

Текстильные напольные покрытия используется человеком для удовлетворения утилитарных и эстетических потребностей еще с давних времён, и остаются актуальными в своём применении и на сегодняшний день. Со временем потребитель становится всё более