

УДК 677.017.8

**МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ ВОДОПРОНИЦАЕМОСТИ  
МЕМБРАННЫХ МАТЕРИАЛОВ ПРИ МОДЕЛИРОВАНИИ  
УСЛОВИЙ ЭКСПЛУАТАЦИИ**

*Д. К. ПАНКЕВИЧ, А. Н. БУРКИН, Е. И. ИВАШКО*

Витебский государственный технологический университет  
Витебск, Беларусь

UDC 677.017.8

**METHODS FOR STUDYING WATER PERMEABILITY OF  
MEMBRANE MATERIALS WHEN SIMULATING OPERATING  
CONDITIONS**

*D. K. PANKEVICH, A. N. BURKIN, E. I. IVASHKO*

**Аннотация.** С появлением новых материалов появляется потребность в исследовании и прогнозировании их свойств. Статья посвящена разработке методики исследования водопроницаемости новых композиционных мембранных текстильных материалов при моделировании условий эксплуатации. Разработанная методика позволяет выполнить прогнозирование стабильности уровня водопроницаемости мембранных текстильных материалов для одежды и обуви при одновременном воздействии многоциклового изгиба и различных температурно-влажностных условий на образцах малого размера.

**Ключевые слова:** методика, водопроницаемость, мембранные материалы, моделирование условий эксплуатации, морозостойкость.

**Abstract.** With the advent of new materials, there is a need for research and prediction of their properties. The article is devoted to the development of a method for studying the water permeability of new composite membrane textile materials when simulating operating conditions. The developed technique makes it possible to predict the stability of the level of water permeability of membrane textile materials for clothing and footwear under the simultaneous action of multi-cycle bending and various temperature and humidity conditions on small samples.

**Key words:** technique, water permeability, membrane materials, modeling of operating conditions, frost resistance.

Среди текстильных материалов, обладающих высоким уровнем водозащитных свойств, выделяются композиционные водонепроницаемые материалы, имеющие в своем составе мембранный полимерный слой. В процессе эксплуатации изделий из мембранных текстильных материалов происходит значимое изменение их свойств. Известно, что наиболее существенные изменения претерпевают материалы при одновременном воздействии пониженных температур и трения, многократного изгиба, растяжения: слоистые материалы расслаиваются, образуются микротрещины слоев, уровень водопроницаемости снижается [1].

В рамках выполнения задания по Государственной программе научных исследований «Физическое материаловедение, новые материалы и технологии» в УО «ВГТУ» разработана методика, позволяющая прогнозировать стабильность уровня водопроницаемости мембранных материалов при эксплуатации. Методика может быть использована при контроле качества мембранных текстильных материалов для одежды и обуви и устанавливает общие требования к проведению испытаний на стабильность уровня водопроницаемости при многократном изгибе и различных температурно-влажностных воздействиях.

Для реализации методики применяются следующие средства измерений, испытательное и вспомогательное оборудование: гигрометр психометрический с диапазоном измерений от 30 до 80 % влажности и от 0 до 40 °С температуры, с ценой деления 0,2 °С; линейка металлическая измерительная с пределом измерения не менее 500 мм с ценой деления 1 мм; портативный прибор для определения водопроницаемости текстильных материалов методом высокого гидростатического давления [2]; флексометр типа ИПК-2М, установленный в климатической камере УТН-408-40-1Р.

Используемый метод заключается в измерении водопроницаемости материала, моделировании циклического изгиба при создании определенных климатических условий в течение определенного времени и оценке изменения уровня водопроницаемости материала после снятия нагрузки.

При выполнении измерений в лаборатории должны быть соблюдены следующие условия: температура окружающего воздуха ( $20 \pm 2$ ) °С; относительная влажность воздуха ( $65 \pm 5$ ) %.

Для испытания в качестве образцов могут применяться точечные пробы материалов, отобранные в соответствии с ГОСТ 20566–75 *Ткани и штучные изделия текстильные. Правила приемки и метод отбора проб*. На участках образцов, подвергаемых гидростатическому давлению, не должно быть дыр, проколов, негерметизированных ниточных соединений и дефектов покрытия, определяемых визуально. Начальный уровень водопроницаемости измеряют, не вырезая элементарных проб, не менее чем в трех точках точечной пробы, при разногласиях – не менее десяти.

После измерения начального уровня водопроницаемости вырезают элементарные пробы из участков точечной пробы, на которых не проводилось измерение водопроницаемости. Элементарные пробы должны быть прямоугольной формы размером 50 × 90 мм. Количество элементарных проб должно быть не менее трех, при разногласиях – не менее десяти. Образцы высушивают, выдерживая в развернутом виде не менее 24 ч при относительной влажности воздуха ( $65 \pm 4$ ) % и температуре воздуха ( $20 \pm 2$ ) °С.

Элементарные пробы зажимают в зажимах флексометра следующим образом: образец сгибают вдоль средней линии лицевой поверхностью внутрь и один конец образца вставляют до упора в подвижный зажим и

закрепляют винтом. Свободный конец образца выворачивают лицевой поверхностью наружу и без натяжения и деформации закрепляют в неподвижном зажиме. Фото элементарной пробы, правильно заправленной в зажимы флексометра, представлено на рис. 1, а. Для исключения повреждения образцов при исследовании материалов толщиной менее 0,6 мм необходимо на подвижные зажимы флексометра установить пластиковые накладки, разработанные в УО «ВГТУ» (рис. 1, б) [3]. На пульте управления климатической камерой задают температуру и влажность испытания, соответствующие условиям эксплуатации материалов, а когда в рабочем объеме камеры установятся заданные параметры, включают флексометр и отмечают время начала испытания.

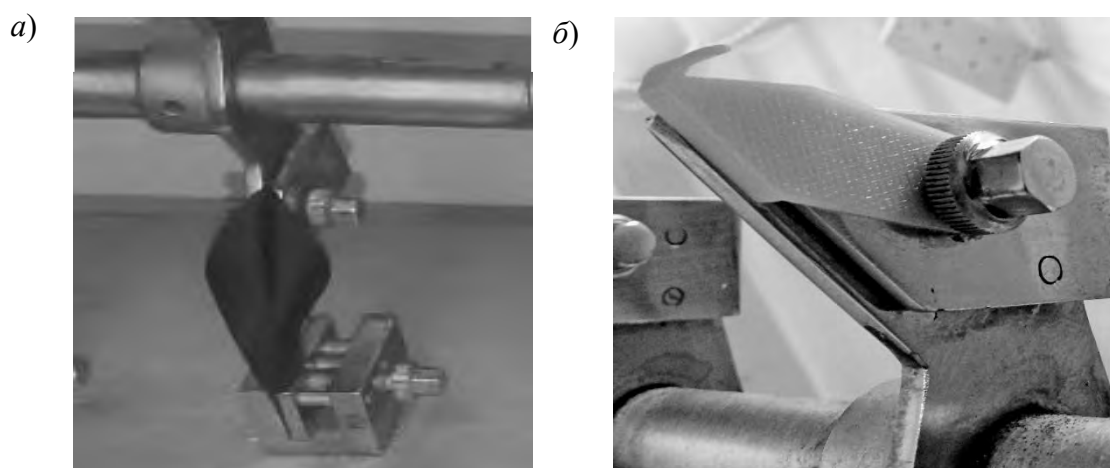


Рис. 1. Фото элементов: а – проба в зажимах флексометра; б – накладка на зажим для тонких материалов

Испытание заканчивают по истечении времени, обеспечивающего заданное количество циклов изгиба. После окончания испытаний образцы вынимают из зажимов установки и проводят повторное измерение водопроницаемости в центральной части элементарной пробы. Записывают результаты измерения в протокол испытаний.

Относительную водопроницаемость после определенного количества циклов вычисляют по формуле

$$B_{\text{отн}} = \frac{B_i}{B_0}, \quad (1)$$

где  $B_i$  – среднее арифметическое значение водопроницаемости материала после  $i$  циклов испытаний, МПа;  $B_0$  – среднее арифметическое значение водопроницаемости материала до испытания, МПа.

Апробация методики проведена в условиях испытательной лаборатории кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ». Исследовали 26 артикулов мембранных текстильных материалов производства фирм «Taslan», «Nipora», «Ultrex» (Республика Корея), «SportchiefR» (Канада) и «Моготекс» (Республика Беларусь). Предлагаемая область применения – материалы верха для зимних курток.

Характеристика исследуемых образцов представлена в табл. 1. Исследовали 2-слойные, 2,5-слойные (с комбинированной мембраной) и 3-слойные мембранные текстильные материалы. Мембранный слой у всех объектов исследования выполнен из полиэфируретана с различными добавками. Пять образцов 2-слойной структуры имеют поровый гидрофобный мембранный слой, три образца – поровый гидрофильный. Два образца имеют модифицированную микрочастицами поверхность мембраны, что по данным производителя позволяет повысить устойчивость материалов к атмосферным, многоцикловым механическим и температурным воздействиям, увеличить прочность. Комбинированный мембранный слой образцов 2,5-слойной структуры состоит из порового гидрофобного и тонкого монолитного гидрофильного слоев. Текстильные слои всех исследуемых образцов – ткани и трикотажные полотна различных переплетений, выработанные из мультифиламентных химических нитей. Образцы подвергали 30 000 циклов изгиба при температуре минус 15 °С и влажности 0 %, моделируя среднестатистические условия эксплуатации зимних утепленных курток.

Табл. 1. Характеристики исследуемых образцов материалов

Но- мер об- раз- ца	Сырье- вой состав тек- стильных слоев: основа / подклад- ка	Мембранный слой*			Повер- хностн ая плотно- сть, г/м <sup>2</sup>	Характеристика текстильных слоев	Ко- ли- чест- во слоев
		Гид- рофоб- ный ПУ	Гид- рофиль- ный ПУ	Мик- рочас- тицы			
1	2	3	4	5	6	7	8
1	ПЭ	–	п	–	217	Тканая основа саржевого переплетения	2
2	ПА	п	–	–	152	Тканая основа саржевого переплетения	2
3	ПЭ	п	–	–	140	Тканая основа полотняного переплетения	2
4	ПЭ	–	п	–	142	Тканая основа полотняного переплетения	2
5	ПЭ	п	–	–	103	Тканая основа комбинированного переплетения	2

Окончание табл. 1

1	2	3	4	5	6	7	8
6	ПА	–	п	–	147	Тканая основа комбинированного переплетения	2
7	ПЭ	п	–	–	116	Тканая основа комбинированного переплетения	2
8	ПЭ/ПЭ	–	м	–	148	Трикотажная основа и подкладка (ластик)	3
9	ПЭ	п	м	–	107	Тканая основа комбинированного переплетения	2,5
10	ПЭ	п	м	–	139	Тканая основа комбинированного переплетения	2,5
11	ПА/ПЭ	п	–	–	286	Тканая основа полотняного переплетения и подкладка из ворсового трикотажного полотна	3
12	ПА/ПЭ	п	–	–	202	Основа и подкладка из трикотажного полотна	3
13	ПЭ	–	п	мод	180	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
14	ПЭ/ПЭ	п	–	–	279	Трикотажная основа (ластик) и подкладка	3
15	ПА/ПЭ	п	–	–	295	Трикотажная основа (ластик) и подкладка из ворсового трикотажного полотна	3
16	ПЭ/ПЭ	п	–	–	298	Трикотажная основа и подкладка (ластик)	3
17	ПЭ	п	м	–	117	Тканая основа комбинированного переплетения	2,5
18	ПЭ	п	–	–	137	Тканая основа полотняного переплетения	2
19	ПЭ/ПА	п	–	–	121	Тканая основа комбинированного переплетения и подкладка из основовязаного трикотажного полотна	3
20	ПЭ	–	п	мод	187	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
21	ПЭ/ПЭ	п	–	–	143	Тканая основа и подкладка полотняного переплетения	3
22	ПЭ	п	м	–	189	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
23	ПЭ	п	м	–	210	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
24	ПЭ	п	м	–	189	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
25	ПЭ	п	м	–	189	Тканая основа полотняного переплетения	2,5
26	ПЭ/ПЭ	–	п	–	210	Тканая основа и подкладка полотняного переплетения	3
Примечание – * п – поровый, м – монолитный, мод – с модифицированной микрочастицами мембраной							

Результаты эксперимента в виде гистограммы относительной водопроницаемости представлены на рис. 2. По результатам исследования выявлено, что одиннадцать образцов из двадцати шести полностью утратили свои водозащитные свойства. Из них 8 образцов в структуре мембранного слоя содержат гидрофильный полимер. Образцы 2-слойной структуры (черные столбики на рис. 2), имеющие в своём составе тканую текстильную основу и однокомпонентную мембрану, разделились на две группы. Все материалы с гидрофильной мембраной потеряли свойство водонепроницаемости, а остальные образцы, содержащие поровую гидрофобную мембрану, сохранили от 40 до 100 % начального уровня водопроницаемости.

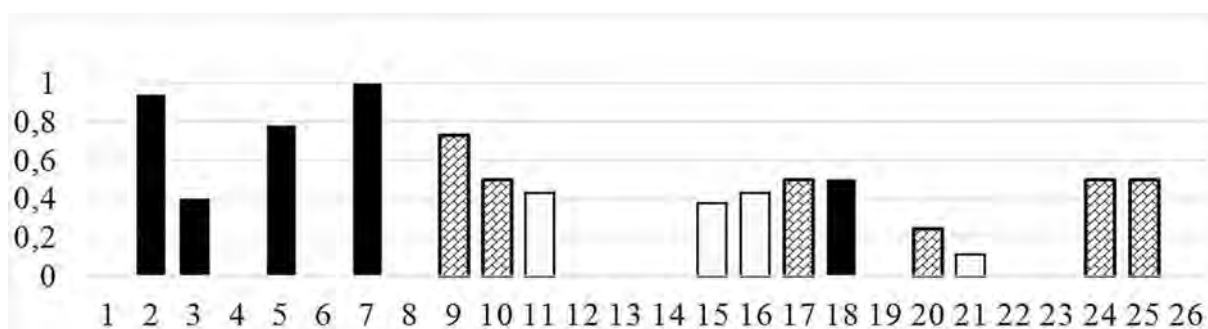


Рис. 2. Относительная водопроницаемость образцов материалов

Образцы 2,5-слойной структуры (узорчатые столбики на рис. 2) сохранили от 50 до 73 % начального уровня водопроницаемости и показали только 1 нулевой результат. При этом образцы, поверхность мембраны которых модифицирована микрочастицами, проявили самый низкий уровень относительной водопроницаемости в исследуемой группе. Очевидно, модифицирование поверхности мембраны микрочастицами не является однозначным признаком улучшения эксплуатационных свойств мембранных текстильных материалов, а в некоторых случаях играет роль привлекательного для потребителя дополнения.

Образцы материалов 3-слойной структуры (серые столбики на рис. 2) показали наиболее значительное снижение уровня водопроницаемости: из восьми образцов четыре утратили водонепроницаемость, у оставшихся образцов уровень водопроницаемости снизился на 60 % и более.

Анализ результатов исследования позволил установить, что для изготовления зимних курток не стоит выбирать мембранные текстильные материалы с поровым гидрофильным мембранным полиэфируретановым слоем и материалы 3-слойной структуры, поскольку их уровень водопроницаемости нестабилен в условиях эксплуатации, что равносильно утрате потребительской ценности одежды. Воздействие низких температур совместно с циклическим изгибом у мембранных материалов вызывает

значительное снижение уровня водопроницаемости, это следует учитывать при конфекционировании материалов, выбирая материалы с «запасом» водопроницаемости. Наиболее стабильной структурой по результатам исследований следует считать 2,5-слойную структуру мембранных композиционных материалов, характеризующуюся наличием тканой текстильной основы и комбинированной гидрофобно-гидрофильной мембраны, а также 2-слойную структуру с поровой гидрофобной мембраной.

Разработанная методика позволяет в относительно короткие сроки выполнить прогнозирование свойств мембранных текстильных материалов при моделировании условий эксплуатации на образцах малого размера, что позволяет обосновать выбор материалов для одежды конкретного назначения, обладающей стабильным уровнем водопроницаемости.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. **Буркин, А. Н.** Эксплуатационные свойства текстильных материалов: монография / А. Н. Буркин, А. Н. Махонь, Д. К. Панкевич. – Витебск: ВГТУ, 2018. – 218 с.

2. **Панкевич, Д. К.** Водонепроницаемость текстильных материалов. Разработка методики и прибора для исследования / Д. К. Панкевич, А. Н. Буркин // Стандартизация. – 2016. – Вып. 4. – С. 52–59.

3. Проектирование накладки для флексометра методом скоростного прототипирования / В. П. Довыденкова [и др.] // Материалы докладов 53-й Междунар. науч.-техн. конф. преподавателей и студентов, Витебск, 22 апр. 2020 г. – Витебск: ВГТУ, 2020. – Т. 2. – С. 135–137.

E-mail: [www.dashapan@mail.ru](mailto:www.dashapan@mail.ru).