

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ СВОЙСТВ МЕМБРАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ  
ДЛЯ ОДЕЖДЫ  
PREDICTION OF PROPERTIES OF MEMBRANE TEXTILE MATERIALS  
FOR CLOTHING**

**Панкевич Дарья Константиновна, Буркин Александр Николаевич  
Darya K. Pankevich, Aleksandr N. Burkin**

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

*Аннотация:* Рассмотрены вопросы прогнозирования свойств композиционных слоистых текстильных материалов, содержащих мембранный слой, в условиях эксплуатации, приведено описание установки, позволяющей моделировать механические эксплуатационные нагрузки материалов для одежды в различных температурно-влажностных условиях, приведены результаты исследования структуры и прогнозирования водонепроницаемости материалов различных структур при пониженной температуре воздуха.

*Abstract:* The issues of predicting the properties of composite layered textile materials containing a membrane layer under operating conditions are considered, a description of the device is given, which makes it possible to simulate the mechanical operational loads of materials for clothing in various temperature and humidity conditions, the results of studying the structure and predicting the waterproofness of materials of various structures at a low air temperature are given.

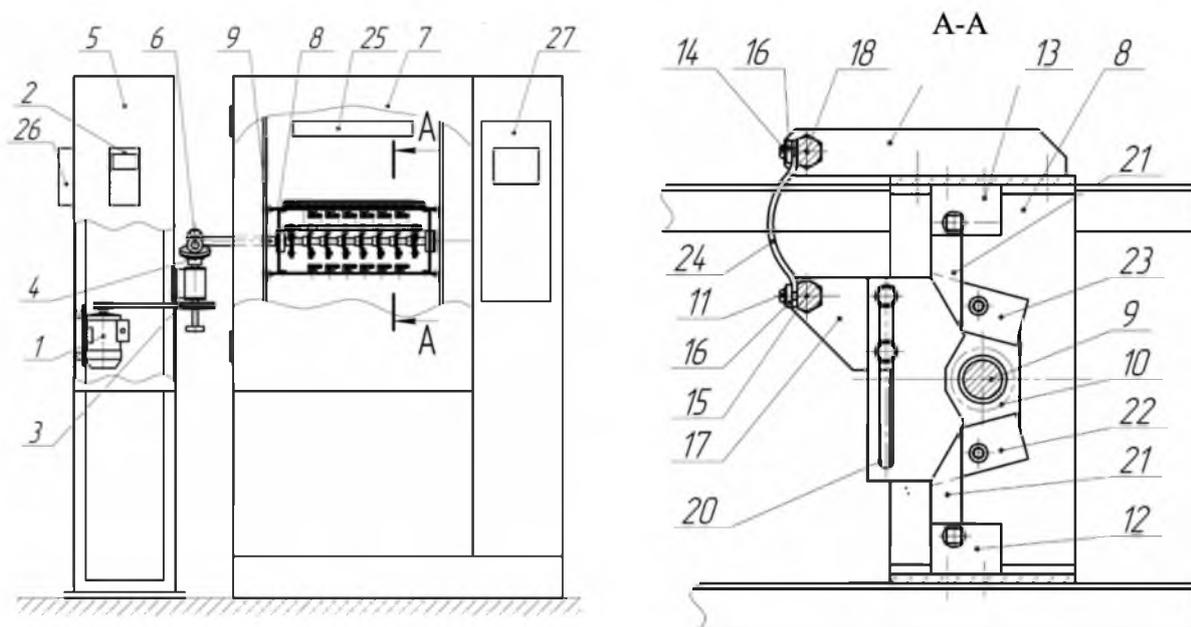
*Ключевые слова:* мембранные материалы, водонепроницаемость, структура, прогнозирование, комплекс средств.

*Keywords:* membrane materials, water resistance, structure, prediction, complex of means.

Композиционные слоистые текстильные материалы, содержащие мембранный слой, находят все более широкое применение в легкой промышленности. Они представляют собой объемное сочетание текстильных и полимерных слоев с четкой границей раздела между ними. Областью применения таких материалов является производство водозащитной бытовой, спортивной, специальной одежды и обуви. Мембраны, входящие в состав композита, обеспечивают удивительную комбинацию гигиенических свойств: являются барьером для атмосферных осадков, но проницаемы для парообразной влаги. Показатель водонепроницаемости считается определяющим при оценке их качества, поскольку по назначению мембранные текстильные материалы – водозащитные.

Известно, что существенные изменения претерпевают материалы при одновременном воздействии пониженных температур и трения, многократного изгиба, растяжения: слоистые материалы расслаиваются, образуются микротрещины и просечки слоев, их растяжимость снижается [1]. При этом нет ни стандартного метода исследования свойств мембранных материалов в подобных условиях, ни комплекса средств для его реализации. Неизвестно также, влияют ли инсоляция, температура и влажность эксплуатации на свойства мембранных материалов и каково это влияние для материалов различных структур. Особенно остро вопрос сохранения начального уровня водозащитных свойств материалов в процессе эксплуатации стоит перед производителями одежды, для которых надежность в эксплуатации является одной из составляющих доверия потребителя к бренду. Поэтому экспериментальные данные о свойствах мембранных материалов различных структур в процессе эксплуатации приобретают решающее значение в момент выбора материалов в пакет изделия. Исследование текстильных материалов в лабораторных условиях, имитирующих процесс износа в реальных условиях, является одним из перспективных и малозатратных методов прогнозирования поведения материала в процессе эксплуатации [2].

Для прогнозирования эксплуатационных свойств материалов по результатам кратковременных испытаний коллективом авторов УО «ВГТУ» разработан комплекс средств: установка и методика испытания материалов в различных эксплуатационных условиях [3], портативный прибор для определения водонепроницаемости текстильных материалов [4]. Установка представляет собой модифицированный флексометр Балли, размещенный в климатической камере УТН-408-40-1Р. Схема установки представлена на рисунке 1.



а) общий вид

б) сечение механизма поворота

1 – электродвигатель, 2 – электросхема, 3 – передаточный механизм, 4 – косая шайба, 5 – стойка, 6 – ролики, 7 – климатическая камера, 8 – корпус, 9 – механизм поворота, 10 – 14 – зажимы, 15, 18 – штанга, 16, 22, 23 – прижимная планка, 17 – кронштейн, 19 – держатель, 20 – пластина, 21, 24 – образцы материалов, 25 – лампа, 26 – блок управления, 27 – дисплей климатической камеры.

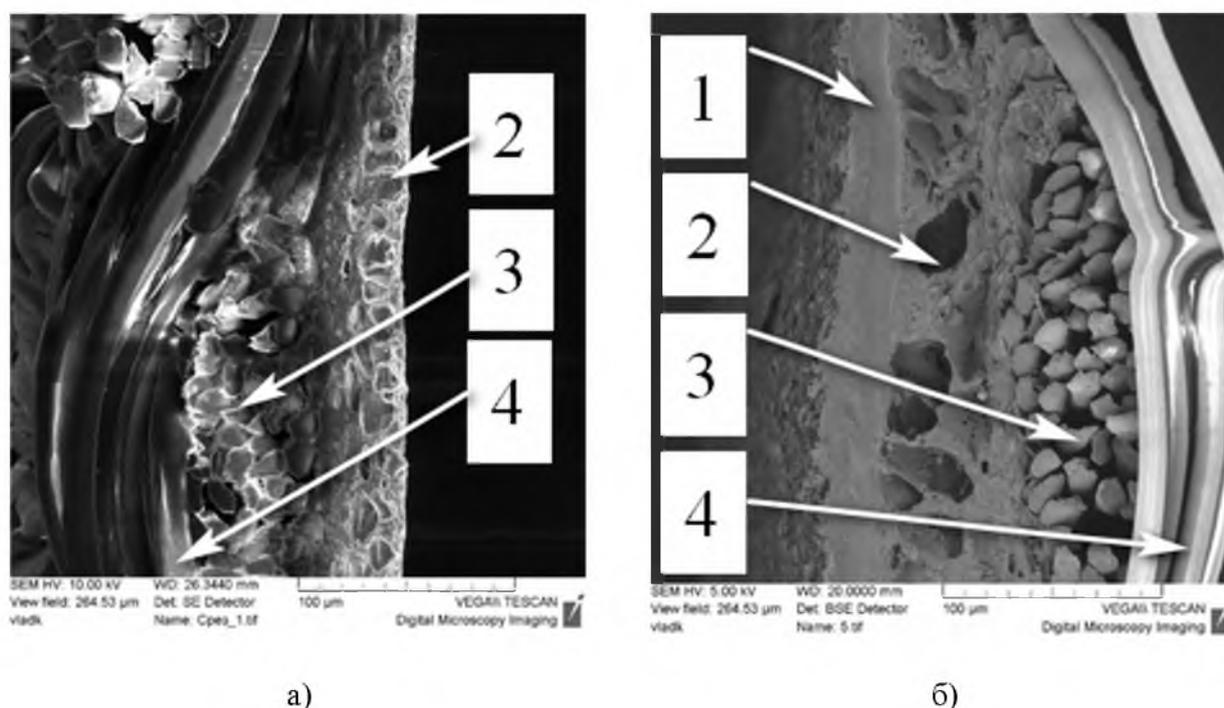
**Рисунок 1** – Схема установки для исследования эксплуатационных свойств материалов.

Сущность работы установки сводится к тому, что в климатической камере устанавливаются температура, влажность и режим инсоляции согласно назначению материалов, а с помощью флексометра и дополнительных механизмов к нему задают условия механических нагрузок образцов: многоциклового изгиба для образцов 21 или многоциклового растяжения для образцов 24. Методика предполагает моделирование эксплуатационных механических нагрузок в климатической камере при воздействии на материалы любого заданного количества циклов изгиба или растяжения в диапазоне температур от минус 40 °С до плюс 150 °С при различной влажности в соответствии с назначением материала. Конструкция установки позволяет исследовать изменение показателей свойств материалов по стандартным методикам после моделирования эксплуатации. В число доступных для исследования после нагрузок показателей входят: изменение разрывной нагрузки и удлинения при разрыве, определенных по ГОСТ 3813-72; изменение водонепроницаемости, определенной по ГОСТ 413-91 методом Б (высокого давления-малого образца). Разработанная методика позволяет в относительно короткие сроки выполнить прогнозирование свойств материалов при моделировании условий эксплуатации, что позволяет обосновать выбор материалов для одежды конкретного назначения, обладающей стабильным уровнем свойств.

С целью прогнозирования водонепроницаемости мембранных текстильных материалов для одежды в условиях эксплуатации исследованиям подвергали материалы верха зимних

детских курток. В соответствии с условиями эксплуатации материалов был выбран режим 30 000 циклов изгиба при температуре минус 15 °С, условно соответствующий 3 месяцам носки бытовой одежды [5] при наиболее низких температурах, характерных для зимнего периода времени на территории Республики Беларусь, когда возможны достаточно длительные прогулки детей на свежем воздухе.

Микроструктуру мембранных текстильных материалов исследовали методом сканирующей электронной микроскопии (СЭМ) на растровом электронном микроскопе VEGA II LSH («TESCAN», Чехия), состав мембран исследовали методом ИК-спектроскопии с использованием ИК-спектрофотометра с Фурье-преобразованием Nexus 5700 с программным обеспечением OMNIC 7.1 в Белорусском республиканском центре зондовой микроскопии Института механики металлополимерных систем имени В.А. Белого НАН Беларуси, г. Гомель. Технические характеристики микроскопа: разрешение 3 нм, увеличение  $\times 4\text{--}1000000$ , максимальный размер кадра  $4096 \times 4096$  пикселей. На рисунке 2 представлено изображение поперечного среза материалов различных структур: двухслойного мембранного материала, содержащего тканый текстильный слой и пористую мембрану (рисунок 2(а)), и трехслойного мембранного материала, содержащего тканый текстильный слой и комбинированную монолитно-пористую мембрану (рисунок 2(б)).



1 – монолитный полимерный слой, 2 – пористый полимерный слой, 3 – пучок филаментов нити основы текстильного слоя, 4 – пучок филаментов нити утка текстильного слоя.

**Рисунок 2** – СЭМ-изображение поперечного среза двухслойного (а) и трехслойного (б) мембранного материала ( $\times 900$ )

В исследовании принимали участие материалы указанных структур, выработанные на полиэфирной тканой текстильной основе различных переплетений, имеющие различия в размерах пор, толщине, строении и химической природе полимера мембраны. Исследовали поперечные срезы образцов мембранных текстильных материалов производства ОАО «Моготекс» (Республика Беларусь); «Taslan» (Китайская Народная Республика); «Нірога», «Ultrex» (Республика Корея). Образцы материалов были предоставлены швейным предприятием ЗАО ОПТФ «Світанак», г. Орша (Республика Беларусь), специализирующемся на изготовлении верхней детской одежды.

До и после моделирования эксплуатационных нагрузок определяли уровень водонепроницаемости образцов мембранных материалов. При определении

водонепроницаемости использовали портативный прибор, разработанный на кафедре «Товароведение и техническое регулирование» УО «ВГТУ» [4], который позволяет создавать и поддерживать в измерительной ячейке гидростатическое давление в диапазоне измерений (0-1,0) МПа, с ценой деления манометра 0,002 МПа, класс точности 1. Результаты исследования представлены в таблице 2.

**Таблица 1** – Характеристика образцов мембранных текстильных материалов

Номер образца	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Структура					
		текстильной основы				полимерных мембранных слоев	
		толщина, мкм	переплетение нитей текстильного слоя	количество нитей текстильного слоя на 10 см		толщина слоев, мкм	
				по основе	по утку	пористого	монолитного
1	139	128	комбиниров.	620	540	47	1,2
2	136	121	сложное	580	400/120	38	8
3	137	117	сложное	520	410/128	42	15
4	132	125	сложное	560	400/122	40	13
5	185	199	полотняное	310	310	72	22
6	266	295	полотняное	250	210	63	26
7	211	169	основной репс	450	450	70	24
8	142	269	полотняное	340	220	74	нет
9	115	200	усиленная саржа	488	410	52	нет
10	122	180	полотняное	540	274	65	нет
11	118	170	усиленная саржа	490	320	63	нет

**Таблица 2** – Результаты исследования водонепроницаемости материалов.

Номер образца / количество слоев	Описание мембранного слоя по результатам СЭМ и ИК-спектроскопии	Водонепроницаемость, МПа	
		до испытания	после испытания
1 / 3	ПА, структура пористого слоя анизотропна в направлении, перпендикулярном поверхности образца. У границы с текстильным слоем поры диаметром около 25 мкм, у границы с монолитным полимерным слоем – 1-7 мкм. Монолитный слой толщиной около 10 мкм	0,098	0,078
2 / 3		0,078	0,058
3 / 3		0,082	0,064
4 / 3		0,094	0,076
5 / 3	ПУ, структура пористого слоя с крупными несквозными сообщающимися порами неправильной формы размером до 60 мкм, монолитный слой толщиной около 25 мкм	0,048	0
6 / 3		0,058	0
7 / 3		0,048	0
8 / 2	ПУ, структура пористого слоя анизотропная с мелкими порами диаметром около 0,5-1 мкм у поверхности и около 20 мкм на границе с текстильным слоем	0,140	0,052
9 / 2		0,120	0,048
10 / 2		0,100	0,046
11 / 2		0,120	0,044

### Выводы

Анализ результатов испытаний позволяет сделать вывод, что мембранные текстильные материалы, содержащие в составе полиамидную комбинированную монолитно-пористую мембрану, выдерживают многоцикловый изгиб при пониженной температуре лучше, чем материалы с полиуретановой мембраной. Поэтому именно такие материалы необходимо применять для изготовления надежной в эксплуатации одежды. В среднем за 30 000 циклов изгиба при температуре минус 15 °С они теряют от 20% до 30% начальной водонепроницаемости, тогда как материалы с полиуретановой мембраной при тех же условиях сохраняют менее 50% начальной водонепроницаемости, а некоторые образцы перестают выполнять водозащитную функцию. Это наблюдение согласуется с известным фактом о морозостойкости полиамидов и неустойчивости полиуретанов к пониженным температурам [6]. Сопоставление результатов исследования структуры и прогнозирования водонепроницаемости мембранных материалов позволяет предположить, что наиболее стабильна в моделируемых условиях водонепроницаемость материалов с анизотропной в направлении, перпендикулярном поверхности образца, структурой пористого мембранного слоя, с мелкими порами диаметром не более 30 мкм. Образцы, выработанные на текстильной основе меньшей толщины с более высокими значениями плотности по основе и утку, показали более стабильный уровень водонепроницаемости. Материалы с полиуретановой комбинированной мембраной с крупными порами менее устойчивы к моделируемым условиям эксплуатации зимних курток, чем материалы с однородной полиуретановой микропористой мембраной.

Таким образом, по результатам прогнозирования водонепроницаемости мембранных текстильных материалов установлено, что структура и химическая природа полимера мембраны оказывают существенное влияние на стабильность водонепроницаемости в моделируемых условиях эксплуатации.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Гольдаде В. А., Струк В.А., Воронцов А.С., Авдейчик С.В.* Материаловедение и технология полимеров и композитов: учеб. пособие. Гродно: ГрГУ, 2018. 351 с.
2. *Шустов Ю. С.* Основы научных исследований свойств текстильных материалов. М.: ФГБОУ ВПО «МГТУ им. А.Н. Косыгина», 2012. 120 с.
3. *Панкевич Д. К., Буркин А. Н., Ивашко Е. И.* Методика исследования водонепроницаемости мембранных материалов при моделировании условий эксплуатации // сборник статей 7-й Междунар. науч.-технич. конф. «Современные методы и приборы контроля качества и диагностики состояния объектов». Могилев: Белорусско-Российский университет, 2020. С. 139.
4. *Буркин А. Н., Панкевич Д. К.* Водонепроницаемость текстильных материалов. Разработка методики и прибора для исследования // Стандартизация. 2016. Вып. 4. С. 52.
5. *Жихарев А. П.* Теоретические основы и экспериментальные методы исследования для оценки качества материалов при силовых, температурных и влажностных воздействиях. М.: ИИЦ МГУДТ, 2003. 327 с.
6. *Кестинг Р.Е.* Синтетические полимерные мембраны: пер. с англ. М.: Изд-во Химия, 1991. 336с.