

## Структура и свойства водозащитных мембранных текстильных материалов для одежды

Д.К. Панкевич<sup>а</sup>, Т.С. Черкасова

Витебский государственный технологический университет, Республика Беларусь

<sup>а</sup>E-mail: dashapan@mail.ru

**Аннотация.** Статья посвящена анализу структуры и свойств современных мембранных текстильных материалов для водозащитной одежды. Рассмотрены критерии оценки пригодности материалов для промышленного производства одежды, защищающей от непогоды. Установлены рекомендуемые значения показателей водонепроницаемости и паропроницаемости и изложены результаты исследования материалов по этим показателям. Выявлено, что исследуемые материалы характеризуются низким показателем паропроницаемости и могут быть рекомендованы для производства защитной водонепроницаемой одежды кратковременного эпизодического ношения. Показано, что уровень свойств мембранных материалов невозможно предположить по каким-либо характерным визуально определяемым признакам структуры – числу слоев, виду и переплетению текстильных компонентов, способу их соединения с мембраной.

**Ключевые слова:** одежда, мембрана, структура, водонепроницаемость, паропроницаемость.

## Structure and Properties of Waterproof Membrane Textile Materials for Clothing

D. Pankevich, T. Cherkasova

Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus

<sup>а</sup>E-mail: dashapan@mail.ru

**Annotation.** The article is devoted to the analysis of the structure and properties of modern membrane textile materials for waterproof clothing. The criteria for assessing the suitability of materials for the industrial production of weather-protective clothing are determined. The recommended values of the indicators of waterproofness and vapor permeability are established and the results of the research of materials applying these indicators are presented. It was revealed that the materials are characterized by low vapor permeability and can be recommended for the production of protective waterproof clothing for short-term occasional wear. It is shown that the level of properties of membrane materials cannot be assumed by any visually determined features of the structure, e.g., the number of layers, the type and interweaving of textile components, the method of their connection with the membrane.

**Key words:** clothing, membrane, structure, waterproofness, vapor permeability.

Сегодня водозащитные текстильные материалы для одежды представлены широким ассортиментом композиционных материалов, содержащих кроме текстиля полимерную мембрану, не пропускающую для капельножидкой влаги, но пропускающую пары воды. Отечественная швейная промышленность ещё только начинает внедрять мембранные материалы в производство бытовой и специальной одежды, хотя они успешно применяются за рубежом более 40 лет. Сегодня некоторые предприятия получают заказы на изготовление одежды из мембранных материалов, не имея достаточной информации об уровне их качества. Нет данных о свойствах этих материалов, кроме информации, предоставляемой производителями в рекламных целях. Потребности производства пока опережают научные исследования в области систематизации ассортимента, оценки безопасности и качества водозащитных композиционных материалов,

содержащих мембранный слой, и одежды из этих материалов.

Целью данной работы является анализ структуры и свойств водозащитных мембранных текстильных материалов, перерабатываемых швейными предприятиями Беларуси, для оценки соответствия уровня их свойств общепризнанным критериям пригодности для производства водозащитной одежды.

Наиболее полно критерии оценки гигиенических свойств водозащитных материалов с позиции их пригодности для производственных нужд проработаны в зарубежной нормативной базе водозащитной одежды. Требования к материалам изложены в стандарте EN 343 «Защитная одежда. Защита от дождя» [1]. Новая версия этого стандарта EN 343:2019 определяет минимальный уровень защиты от атмосферных осадков с учетом конструкции одежды и регламентирует ее

классификацию для обеспечения адекватного уровня защиты, устанавливает классы водонепроницаемой одежды и критерии ее оценки в том числе и по показателю водонепроницаемости материалов. EN 343 введен в качестве национального стандарта во всех странах ЕС и с момента введения применяется в целях оценки соответствия. Стандарт определяет методы испытаний и требования к материалам верха одежды, предназначенной для защиты от плохой погоды:

дождя, снега, тумана, влажности, ветра и температуры до минус 5 °С [2]. Для водонепроницаемой одежды EN 343 установлены нормируемые значения водонепроницаемости, представленные в таблице 1. Под предварительной обработкой понимается стирка либо химическая чистка одежды в зависимости от предполагаемого способа ухода за конкретным изделием.

**Таблица 1 – Классификация одежды по водонепроницаемости согласно EN 343**

Водонепроницаемость $W_p$ , Па	Класс		
	1	2	3
Материал до предварительной обработки	$W_p \geq 8000$	испытаний не требуется	испытаний не требуется
Материал после предварительной обработки	испытаний не требуется	$W_p \geq 8000$	$W_p \geq 13000$
Швы до предварительной обработки	$W_p \geq 8000$	$W_p \geq 8000$	$W_p \geq 13000$

Как видно из данных таблицы 1, показатель водонепроницаемости для одежды низшего (первого) класса защиты должен находиться хотя бы на уровне 8000 Па. Одежда более высоких классов защиты должна быть изготовлена из материалов с водонепроницаемостью свыше 8000 Па, измеренной после предварительной обработки, соответствующей способу ухода за изделием.

В результате анализа методов и средств определения паропроницаемости мембранных текстильных материалов выявлено, что во многих литературных источниках показана сложность измерения показателя, зависимость его фактических значений от условий опыта и неоднозначность интерпретации результатов [3–5]. По данным производителей мембранных материалов установлено, что при определении показателя паропроницаемости методом вертикально стоящей чаши значения показателей паропроницаемости лучших современных мембранных материалов лежат в диапазоне 5 000...10 000 г/м<sup>2</sup>/24 ч [6].

Для оценки соответствия уровня свойств мембранных текстильных материалов критериям пригодности для производства водозащитной одежды на базе ЗАО ОПТФ «Світанак», г. Орша, были исследованы структура и свойства мембранных

материалов, перерабатываемых предприятием как по заказам инофирм, так и для производства одежды на внутренний рынок. Исследовали ассортимент материалов, предоставленных фирмами «Аппарель» и «Маквел», которые размещают на ЗАО ОПТФ «Світанак» заказы на изготовление верхней демисезонной и зимней мужской одежды. Часть изученных материалов предприятие закупает у поставщиков для изготовления детской водозащитной одежды, реализуемой под торговой маркой «Артус» на внутреннем рынке. Все материалы являются представителями класса недорогих в производстве композиционных слоистых текстильных полиэфирных материалов с мембраной на основе полиуретана.

Характеристика структуры материалов представлена в таблице 2 и составлена на основании микроскопии лицевой, изнаночной стороны и поперечного среза мембранного материала, выполненной в лаборатории кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» с помощью электронного стереоскопического микроскопа МС-1 (для получения изображений с увеличением до 100 крат). Микроскоп оснащен видеоокуляр и программным обеспечением для просмотра и работы с изображением на компьютере.

**Таблица 2 – Характеристика структуры объектов исследования**

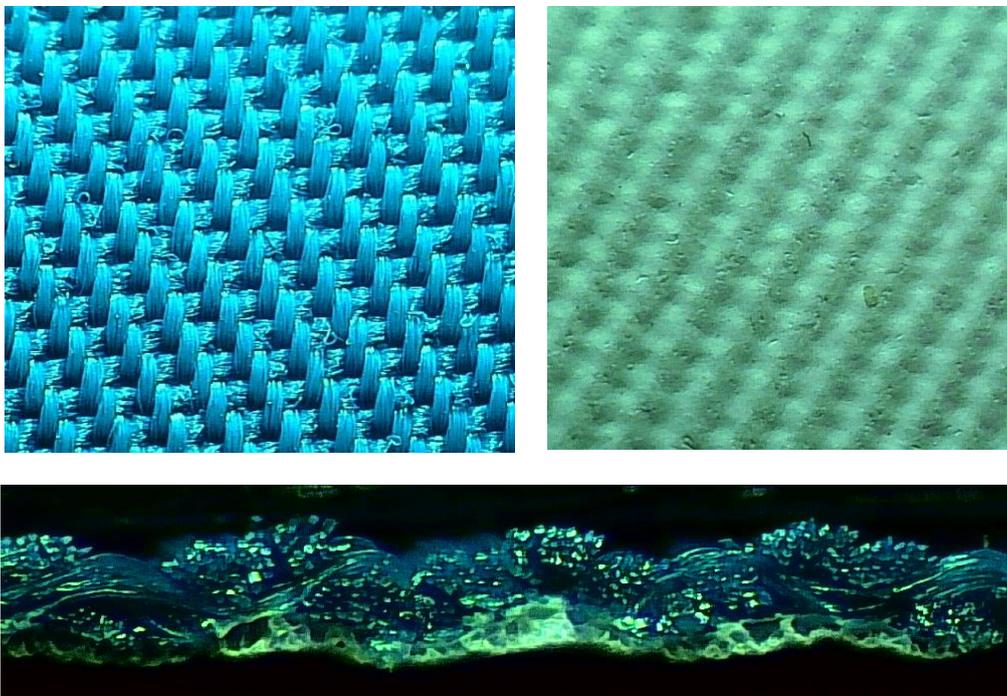
Номер образца / артикул	Характеристика структуры образца (фирма-заказчик или торговая марка)
1	2
1 / 3L-B1cP	Лицевая сторона материала – трикотажное полотно переплетения кулирная гладь. Изнаночная – трикотажное полотно одинарного комбинированного переплетения, полученное сочетанием поперечносоединенного и плюшевого переплетений. Между полотнами мембрана в виде объемной пленки постоянной толщины, сопоставимой с диаметром двух филаментов комплексной нити лицевого полотна. Соединение полотен точечное по опорным поверхностям петель («Артус»)

Окончание таблицы 2

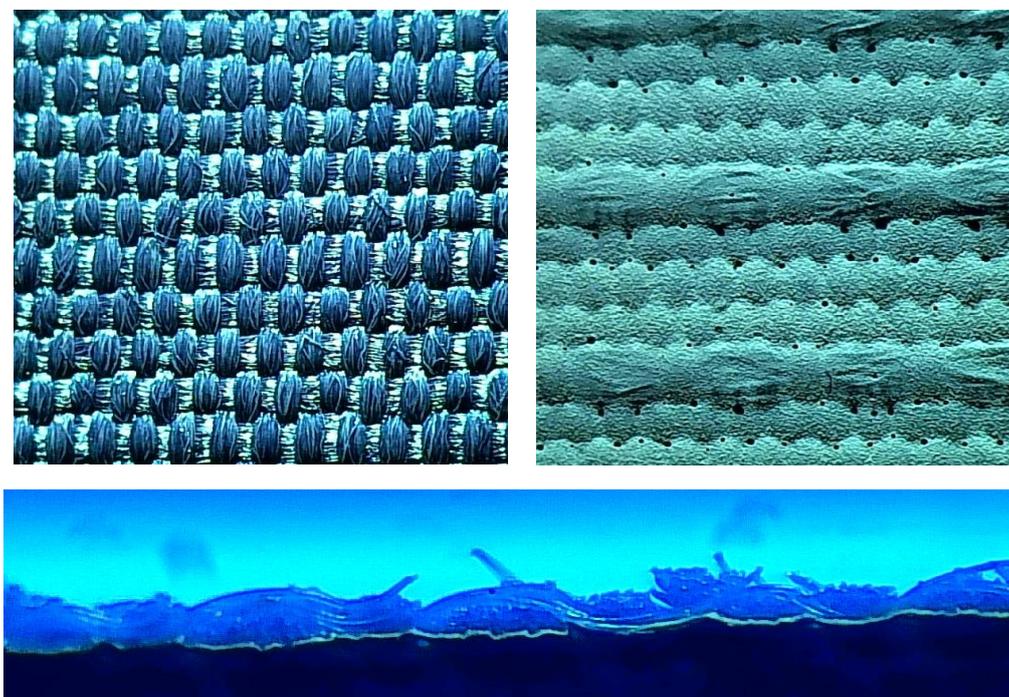
1	2
2 / 3L-BB1c	Лицевая сторона материала – ткань полотняного переплетения. Изнаночная сторона – трикотажное двуластичное полотно с ворсовым эффектом на поверхности. Между слоями листовая мембрана малой толщины. Скрепление текстильных полотен с мембраной точечное по опорным поверхностям («Артус»)
3 / 3L-GB1c	Лицевая сторона материала – переплетение кулирная гладь. Цветной эффект достигнут меланжевой заправкой. Изнаночная сторона – трикотажное полотно с развитым ворсовым эффектом. Между слоями тонкая пленочная пористая мембрана, соединение полотен с пленкой точечное по опорным поверхностям нитей («Артус»)
4 / 2L-F	Лицевая сторона материала – ткань мелкоузорчатого переплетения. Изнаночная сторона – микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной тканой основы. Соединение мембраны и текстиля по всей поверхности («Артус»)
5, 6 / LX10-PP0010-LLH	Лицевая сторона материала – ткань полотняного переплетения. Изнаночная сторона – монолитная гидрофильная прозрачная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одной нити основы, точно соединенная с текстилем по опорной поверхности («Артус»)
7 / LX01-MT-BTC-5K/3K	Лицевая сторона материала – ткань комбинированного переплетения. Изнаночная сторона – тонкая микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одной нити основы. Соединение мембраны и текстиля по всей поверхности («Артус»)
8 / 2L-TUR	Лицевая сторона материала – ткань саржевого переплетения. Изнаночная сторона – микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной тканой основы. Соединение мембраны и текстиля по всей поверхности («Аппарель»)
9 / 2L-BW	
10 / TF-122-G	Лицевая сторона материала – ткань полотняного переплетения с периодически встречающимися утолщенными нитями в утке. Изнаночная сторона – очень тонкая микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одного филамента нити основы. Соединение по всей поверхности («Артус»)
11 / TF-122-B	
12 / LX05-CYL-310T-FD	Лицевая сторона материала – ткань полотняного переплетения с периодически встречающимися утолщенными нитями основы и утка. Изнаночная сторона – очень тонкая микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одного филамента нити основы. Соединение по всей поверхности («Артус»)
13 / CAU-1745- G1	Лицевая сторона материала – ткань саржевого переплетения с подворсовкой. Изнаночная сторона – тонкая микропористая гидрофобная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одной нити основы («Маквел»)
14 / KBMX-1204055	Лицевая сторона материала – ткань мелкоузорчатого переплетения. Изнаночная сторона – монолитная гидрофильная прозрачная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной одной нити основы. Соединение мембраны и текстиля по всей поверхности («Аппарель»)
15 / 2L-B	
16 / CAU-1935-Gr	Лицевая сторона материала – ткань комбинированного переплетения. Изнаночная сторона – тонкая монолитная гидрофильная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной тканой основы. Соединение мембраны и текстиля точечное («Маквел»)
17 / 3L-Pstr	Лицевая сторона материала – одинарное поперечносоединенное переплетение. Изнаночное полотно – двуластичное переплетение. Между полотнами тонкая листовая мембрана, поры не просматриваются. Соединение полотен с пленкой точечное, по опорным поверхностям («Артус»)
18 / NYTr	Лицевая сторона материала – семигольное трико, рисунчатый эффект получен цветной сновкой. Изнаночное полотно – гладкое платированное основовязанное переплетение. Между полотнами объемная мембрана в виде толстой пленки нерегулярной толщины, сопоставимой с толщиной текстильных слоев («Артус»)
19 / B7724	Лицевая сторона материала – ткань комбинированного переплетения. Изнаночная сторона – тонкая монолитная гидрофильная мембрана, по толщине сопоставимая с толщиной тканой основы. Соединение мембраны и текстиля точечное («Маквел»)
20 / N-0927	
21 / LXW180	

На рисунках 1–4 представлено изображение структуры некоторых характерных образцов: двухслойных с микропористой гидрофобной мембраной (рис. 1, 2), двухслойных с монолитной гидрофильной мембраной (рис. 3), трехслойных

(рис. 4). Для удобства на всех рисунках в верхней части представлено изображение лицевой и изнаночной стороны, а в нижней части – поперечного среза образца.



**Рисунок 1 – Изображение образца № 8 (арт. 2L-TUR) с пористой мембраной**



**Рисунок 2 – Изображение образца № 10 (арт. TF-122-G) с пористой мембраной**

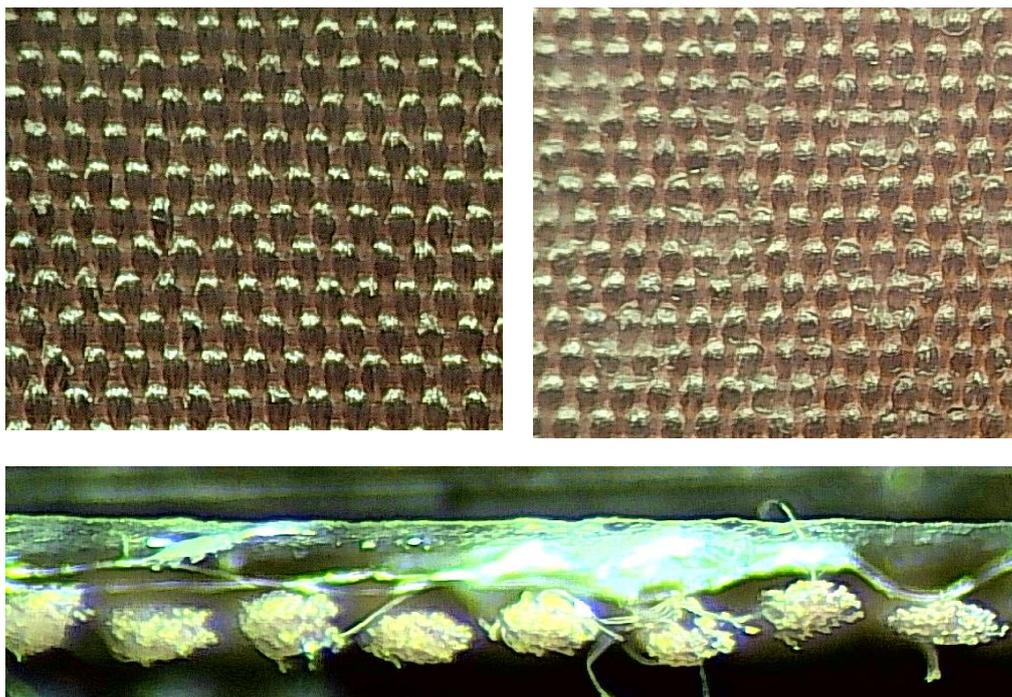


Рисунок 3 – Изображение образца № 5 (арт. LX10-PP0010-LLH) с монолитной мембраной

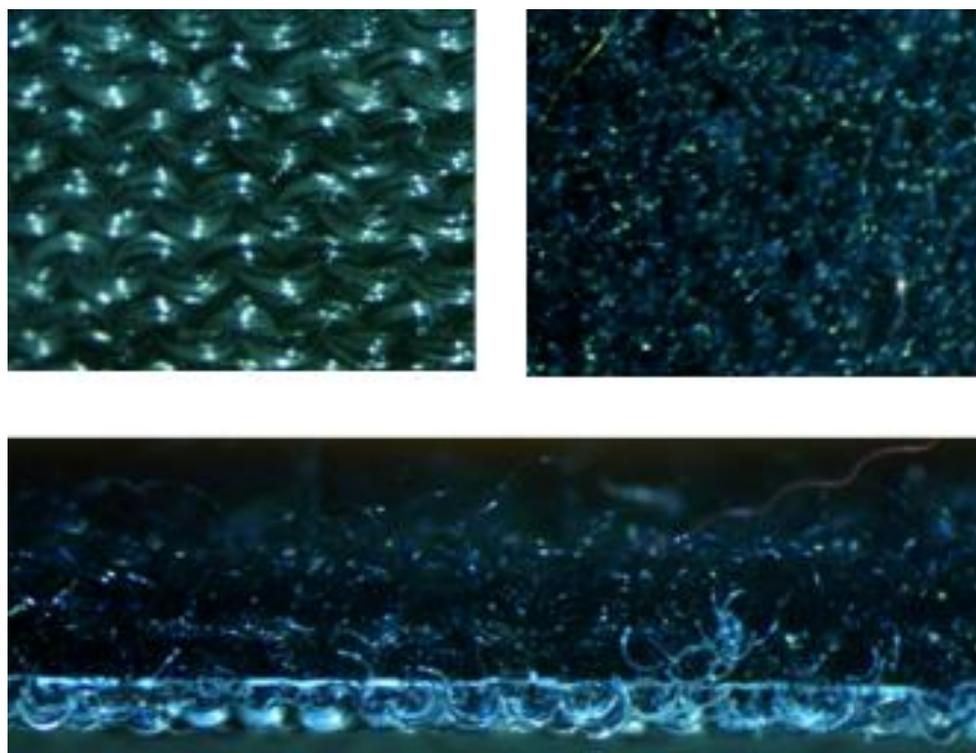


Рисунок 4 – Изображение образца № 3 (арт. 3L-GBIc)

Свойства материалов были исследованы в лаборатории кафедры «Техническое регулирование и товароведение» УО «ВГТУ» по методикам, изложенным в стандартах, перечень которых представлен в таблице 3. Кондиционирование

материалов перед испытаниями проводилось по СТБ ISO 139-2008 Материалы текстильные. Стандартные атмосферные условия для кондиционирования и испытаний.

Таблица 3 – Перечень стандартов на методы испытаний

Показатель	Документ, содержащий стандартную методику определения показателя
Поверхностная плотность	ГОСТ 3811-72 «Материалы текстильные. Ткани, нетканые полотна и штучные изделия. Методы определения линейных размеров, линейной и поверхностной плотностей»
Паропроницаемость	ГОСТ Р 57514-2017 «Ткани с резиновым или полимерным покрытием для водонепроницаемой одежды. Технические условия»
Водонепроницаемость	ГОСТ 413-91(ИСО 1420-87) «Ткани с резиновым или пластмассовым покрытием. Определение водонепроницаемости»

В качестве основных средств для проведения исследований поверхностной плотности и паропроницаемости использовали лабораторные электронные весы РА 214 С («ОНАУС Corporation», США). Установленные стандартом климатические условия при определении паропроницаемости моделировали в климатической камере УТН-408-40-1Р («Tuantao», Китай). Для исследования водонепроницаемости применяли универсальный прибор «АВЕНО АG17-3» (Китай) со сменными

испытательными головками различного диаметра. В соответствии с рекомендациями производителя прибора для исследования образцов, выдерживающих предположительно уровень гидростатического давления до 200 кПа, использовали испытательную головку с эффективным диаметром 100 см<sup>2</sup>, свыше 200 кПа – 10 см<sup>2</sup>. Испытания проводили при скорости повышения гидростатического давления 10 кПа/мин.

Результаты исследования свойств материалов представлены в таблице 4.

Таблица 4 – Результаты испытаний

Номер образца / артикул	Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Водонепроницаемость, Па	Абсолютная паропроницаемость, г/м <sup>2</sup> /24 ч
1 / 3L-BlcP	328	177 000	2344
2 / 3L-BBlc	279	180 000	606
3 / 3L-GBlc	244	116 000	2082
4 / 2L-F	160	140 000	835
5 / LX10-PP0010-LLH	116	31 600	426
6 / LX10-PP0010-LLH	107	42 000	321
7 / LX01-MT-BTC-5K/3K	114	205 000	1315
8 / 2L-TUR	148	160 000	1736
9 / 2L-BW	134	65 000	2009
10 / TF-122-G	156	9 000	1229
11 / TF-122-B	144	8 000	828
12 / LX05-CYL-310T-FD	64	2 800	322
13 / CAU-1745- G1	190	8 100	480
14 / KBMX-1204055	84	12 000	720
15 / 2L-B	136	35 000	250
16 / CAU-1935- Gr	84	135 000	1201
17 / 3L-Pstr	305	169 000	2726
18 / NYTr	224	270 000	1866
19 / B7724	192	4 000	2996
20 / N-0927A	160	138 000	1571
21 / LXW180101	111	50 000	463

Анализ результатов исследования паропроницаемости и водонепроницаемости материалов показал, что по уровню водонепроницаемости многие образцы значительно

превосходят рекомендуемые стандартом EN 343 значения и могут быть использованы для изготовления водозащитной одежды различных классов защиты. Исключение составляют образцы под номерами

11, 12 и 19, используемые предприятием для изготовления одежды как на заказ, так и на внутренний рынок. Показатель паропроницаемости всех исследуемых материалов критически низок и для большинства исследуемых образцов не достигает даже половины рекомендуемого значения, которое для использованного в работе метода вертикально стоящей чаши составляет 5 000 г/м<sup>2</sup>/24 ч. Наивысшими из исследуемых образцов значениями коэффициента паропроницаемости обладают трехслойные образцы под номерами 1, 3 и 17, а самый высокий показатель паропроницаемости принадлежит образцу № 19, имеющему один из самых низких результатов по водонепроницаемости.

В процессе анализа особенностей структуры и значений показателей свойств изученных материалов не выявлено какой-либо закономерности. Заметно, что более толстая пористая гидрофобная мембрана обеспечивает более высокий уровень показателя водонепроницаемости. Так, материалы, имеющие мембрану, сопоставимую по толщине с одной нитью или одним филаментом нитей текстильного слоя, показали уровень водонепроницаемости в диапазоне 2 800...50000 Па. Материалы с мембраной, сопоставимой по толщине с толщиной текстильного слоя – 65 000...270 000 Па. Такое наблюдение не характерно для материалов с гидрофильной монолитной (непористой) мембраной. В основном, материалы, имеющие схожую структуру, проявляют различный уровень свойств. Замечено, что материалы, имеющие достаточно высокий уровень водонепроницаемости, не являются аутсайдерами по паропроницаемости, как можно было бы предположить. В массиве обработанных экспериментальных данных встречается сочетание низкого уровня двух критериев сразу. Такая картина

наблюдается у образцов под номерами 11, 12, 13, 14. Вероятно, изучение структурных характеристик должно быть проведено на более глубоком уровне, поскольку анализ состава материалов по числу слоев, переплетению текстильных компонентов и способу соединения их между собой не позволяет выявить те факторы, которые играют решающую роль в формировании способности избирательного транспортирования влаги через структуру мембранного материала.

Таким образом, анализ структуры и свойств мембранных текстильных материалов, перерабатываемых ЗАО ОПТФ «Світанак» как по заказам инофирм, так и для производства одежды на внутренний рынок, по критериям водонепроницаемости и паропроницаемости показал, что не все виды материалов могут быть использованы для производства качественной водозащитной одежды. Препятствием к широкому применению исследуемых материалов в повседневной одежде, особенно детского ассортимента, служит низкий показатель паропроницаемости, позволяющий рекомендовать изделия из них только для эпизодического недлительного ношения в условиях непогоды. По результатам поверхностного исследования структуры мембранных текстильных материалов невозможно предположить уровень их гигиенических свойств и пригодность к промышленному производству водонепроницаемой одежды, а это означает, что вопросы конфекционирования таких материалов в пакет швейного изделия не получится решить без помощи испытательной лаборатории, используя только органолептические методы и полагаясь на опыт производителей.

### СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Protective clothing – Protection against rain: DIN EN 340:2019. – Введ. 01.06.2019. – German version, 2019. – 24 с.
2. Шараева, А. М. Анализ технических требований Европейского Союза к защитной одежде из водонепроницаемых материалов / А. М. Шараева, Е. И. Ивашко, Д. К. Панкевич, А. Н. Махонь // Материалы докладов 53-й Международной научно-технич. конф. преподавателей и студентов, 22 апреля 2020 года. Т.2. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – С. 230–232.
3. Tehrani-Bagha, A. R. Waterproof breathable layers – A review / Ali Reza Tehrani-Bagha. – *Advances in Colloid and Interface Science* 268, 2019. – p. 114–135.
4. Williams, J. T. *Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing*. – Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. – 590 p.
5. Светлов, Ю. В. Термовлажностные процессы в материалах и изделиях легкой промышленности: учеб. пособие для ВУЗов / Ю. В. Светлов. – Москва: Академия, 2003. – 384 с.
6. Буркин, А. Н. Гигиенические свойства мембранных текстильных материалов : монография / А. Н. Буркин, Д. К. Панкевич / под общ. ред. А. Н. Буркина. – Витебск: УО «ВГТУ», 2020. – 190 с.

### REFERENCES

1. Protective clothing – Protection against rain: DIN EN 340:2019 – Introduced on 01.06.2019. – German version, 2019. – 24 с.
2. Sharaeva, A. M. Analysis of the technical requirements of the European Union for protective clothing made of waterproof materials / A. M. Sharaeva, E. I. Ivashko, D. K. Pankevich, A. N. Makhon // *Proceedings of the 53rd*

International scientific and technical. conf. teachers and students, April 22, 2020. T.2. – Vitebsk: UO "VSTU", 2020. – P. 230-232.

3. Tehrani-Bagha, A. R. Waterproof breathable layers – A review / Ali Reza Tehrani-Bagha. – Advances in Colloid and Interface Science 268, 2019. – P. 114–135.

4. Williams, J. T. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. – Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. – 590 p.

5. Svetlov, Yu. V. Thermal and moisture processes in materials and products of light industry: textbook. manual for universities / Yu. V. Svetlov. – Moscow: Academy, 2003. – 384 p.

6. Burkin, A. N. Hygienic properties of membrane textile materials : monograph / A.N. Burkin, D.K. Pankevich / edited by A. N. Burkin. – Vitebsk : UE "VGTU", 2020. – 190 c.

### SPISOK LITERATURY

1. Protective clothing – Protection against rain: DIN EN 340:2019 – Introduced on 01.06.2019. – German version, 2019. – 24 c.

2. SHaraeva, A. M. Analiz tekhnicheskikh trebovanij Evropejskogo Soyuza k zashchitnoj odezhde iz vodonepronaemaemyh materialov / A. M. SHaraeva, E. I. Ivashko, D. K. Pankevich, A. N. Mahon' // Materialy dokladov 53-j Mezhdunarodnoj nauchno-tekhnich. konf. predovavatelej i studentov, 22 aprelya 2020 goda. T.2. – Vitebsk: UO «VGTU», 2020. – S. 230–232.

3. Tehrani-Bagha, A. R. Waterproof breathable layers – A review / Ali Reza Tehrani-Bagha. – Advances in Colloid and Interface Science 268, 2019. – P. 114–135.

4. Williams, J. T. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing. – Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. – 590 p.

5. Svetlov, YU. V. Termovlazhnostnye processy v materialah i izdeliyah legkoj promyshlennosti: ucheb. posobie dlya VUZov / YU. V. Svetlov. – Moskva: Akademiya, 2003. – 384 s.

6. Burkin, A. N. Gigienicheskie svojstva membrannyh tekstil'nyh materialov : monografiya / A.N. Burkin, D.K. Pankevich / pod obshch. red. A. N. Burkina. – Vitebsk : UO «VGTU», 2020. – 190 s.