

Рисунок 3 - Коллекции лаборатории Studio XO

Исследователи легкой промышленности пророчат серьезные изменения в индустрии моды благодаря новым технологиям. В перспективе - появится возможность печатать digital- джинсы у себя дома и менять цвет одежды, едва к ней прикоснувшись.

Список использованной литературы

1. *Норман Д.* Дизайн вещей будущего. М: Strelka Press, 2013, с.230
2. *Descience.* Как наука творит моду будущего [Текст] - <https://futurist.ru/articles/1459-descience-kak-nauka-tvorit-modu-budushchego> [Электронный ресурс] – 2019.

© Мочалина Д.Р., Синева О.В., 2023

УДК 677.017

**ВЛИЯНИЕ ПОРОВОЙ СТРУКТУРЫ МЕМБРАН
НА ВОДОЗАЩИТНЫЕ СВОЙСТВА МЕМБРАННЫХ
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
INFLUENCE OF MEMBRANE PORE STRUCTURE ON THE
WATERPROOFING PROPERTIES OF MEMBRANE TEXTILE
MATERIALS**

**Панкевич Д.К.
Pankevich D.K.**

*Витебский государственный технологический университет,
Республика Беларусь, Витебск
Vitebsk State Technological University, Republic of Belarus, Vitebsk*

(e-mail: dashapan@mail.ru)

Аннотация. Приведены результаты экспериментальных исследований водозащитных мембранных текстильных материалов по показателям пористости, длительности стадий промокания и величины давления промокания. Показана связь структуры мембраны и водозащитных свойств мембранного материала, ее содержащего.

Abstract. The results of experimental studies of waterproof membrane textile materials in terms of porosity, duration of soaking stages and value of soaking pressure are presented. The connection between the membrane structure and waterproofing properties of the membrane material containing it is shown.

Ключевые слова: водонепроницаемость, мембрана, пористость, структура, промокание.

Keywords: waterproofness, membrane, porosity, structure, drenching.

Главная функция водозащитной одежды – предотвратить проникновение жидкости, исключить потерю тепла и создать для человека комфортный микроклимат. Сочетание защиты от влаги и необходимой паропроницаемости одежды может быть достигнуто путем применения мембранных материалов.

Мембранные текстильные материалы находят все более широкое применение в легкой промышленности. Они представляют собой объемное сочетание текстильных и полимерных слоев с четкой границей раздела между ними. Мембраны, входящие в состав таких материалов, являются барьером для атмосферных осадков, но проницаемы для парообразной влаги. Сегодня из мембранных материалов изготавливают спортивные куртки, брюки, комбинезоны; плащи; одежду для альпинизма, зимних и гребных видов спорта, непромокаемые шапки и перчатки, спортивную обувь и многое другое.

Мембранные материалы разработаны для одежды, в которой человек сможет находиться длительный период времени и не чувствовать дискомфорт. По данным производителей мембранных материалов, их водонепроницаемость варьирует от 0,02 МПа до 0,3 МПа. Это очень высокие для текстильных материалов значения. Так как одежда из мембранных материалов предназначена для длительного ношения, потребителям и производителям такой одежды важно понимать, как будет чувствовать себя одетый в нее человек в процессе носки. При насыщении материала влагой потребитель будет ощущать холод, хотя материал еще не промок насквозь. Влага будет впитываться в нижние слои одежды, усиливая дискомфорт носчика.

Современные стандартизованные методы исследования водозащитных свойств мембранных материалов не позволяют оценивать их способность сопротивляться прониканию воды в течение длительного времени, предлагая для измерения лишь характеристику максимального выдерживаемого гидростатического давления. Но, так ли важно, при каком давлении происходит проникание воды через материал? Иногда большую информативность несет показатель, позволяющий оценить, через какое время произойдет проникание воды (и произойдет ли вообще) при обусловленном назначением одежды гидростатическом давлении.

В связи с этим необходима новая методика и новые критерии оценки водозащитных свойств, учитывающие свойства мембранных материалов и условия их эксплуатации, и позволяющие измерять и оценивать не только максимальное выдерживаемое гидростатическое давление, но и различные этапы намокания, характеризующие уровень водозащитных свойств.

Целью данной работы является проверка гипотезы о влиянии структуры пористого полимерного слоя мембранных текстильных материалов на водозащитные свойства, измеренные по новой методике.

В основе разработанной методики лежит метод электродинамической аналогии, который широко применяется при геологоразведочных исследованиях [1]. Сущность метода электродинамической аналогии состоит в том, что между процессами фильтрации жидкости в пористом теле и протеканием тока в электрических схемах существует прямая аналогия.

Подробно разработанная методика изложена в работе [2]. В процессе испытания через систему «измерительная ячейка с водой под давлением – материал – датчик воды» подается электрический ток. Схема испытания представлена на рисунке 1.

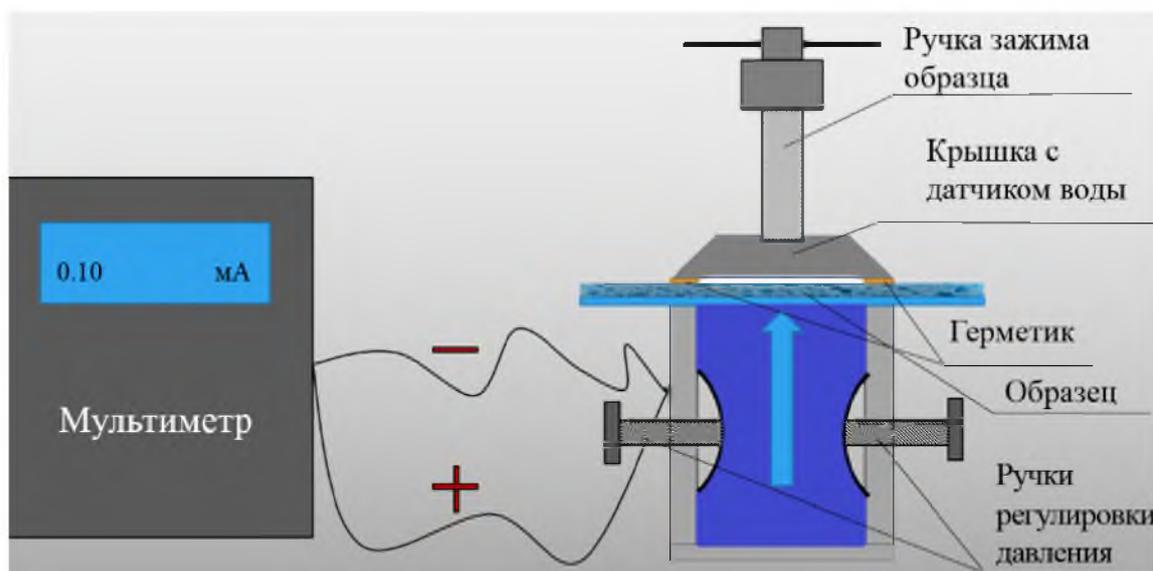


Рисунок 1 – Схема испытания

Критериями водозащитных свойств предложено считать давление промокания, при котором наблюдаются первые признаки насыщения материала влагой, а именно возникновение в системе тока силой более 0,1 мА, и время наступления стадий промокания. Экспериментальным путем были установлены следующие стадии:

- начало насыщения материала влагой – соответствует возникновению в системе «измерительная ячейка-материал-датчик воды» тока силой 0,1 мА;
- полное насыщение материала влагой – соответствует возникновению в системе тока силой 0,15 мА;
- начало сквозного промокания – соответствует возникновению в системе тока силой 0,2 мА;
- сквозное промокание – соответствует возникновению в системе тока силой 0,25 мА.

Для определения критериев водозащитных свойств мембранных материалов используют подготовленные для испытания образцы. Перед началом испытания к прибору, описание принципа действия которого представлено в

источнике [3], подключают мультиметр. В рабочую область измерительной ячейки заливают воду. Материал располагают лицевой стороной к воде и зажимают крышкой с помощью ручек регулировки давления. Повышают гидростатическое давление в рабочей области измерительной ячейки, отслеживая по манометру скорость нарастания давления. Гидростатическое давление повышают пошагово на 0,02 МПа, после каждого шага материал выдерживают под давлением 1 минуту. Повышение давления прекращается если регистрируется сила тока в 0,1 мА или же до давления в 0,2 МПа, что соответствует расчетной величине водонепроницаемости материала, требуемой для защиты от шторма, согласно исследованию Джона Вильямса, опубликованному в источнике [4, с.56].

Максимальное время испытания – один час, что учитывает длительность носки одежды из мембранных материалов.

Наступление каждой стадии промокания контролируют по мультиметру. Эксперимент заканчивают, когда регистрируют силу тока 0,25 мА. Если за час этого не произошло, эксперимент заканчивают, и считается, что образец не промок. За результат принимают среднее арифметическое времени наступления каждой стадии намокания по пяти точечным пробам одного образца и округляют до целого числа.

Для исследования влияния пористости мембранного слоя на водозащитные свойства мембранных материалов выбрали 5 образцов материалов, содержащих полиэфирную тканую основу и соединенный с ней методом ламинирования пористый мембранный полиуретановый слой. Характеристика образцов представлена в таблице 1.

Таблица 1 – Характеристика образцов мембранных материалов

Номер образца / артикул	Поверхностная плотность, г/м ²	Структура				
		текстильного тканого слоя				мембраны
		толщина, мм	переплетение	кол-во нитей на 10 см		
по основе	по утку					
1 / TSiN	133	0,16	полотняное	660	260	0,10
2 / Polin	180	0,12	основной полурепс	600	520	0,01
3 / PinkS	109	0,11	полотняное	440	350	0,07
4 / Mand	100	0,15	полотняное	690	520	0,05
5 / BlueS	128	0,16	полотняное	540	300	0,10

Образцы имеют разную структуру полимерного мембранного слоя. Изучение поровой структуры образцов материалов выполнено с использованием газожидкостного порометра POROLUX™100 в лаборатории порометрии ФГБОУ ВО «Казанский национальный исследовательский технологический университет», г. Казань, РФ. Характеристики пористости мембран, входящих в состав исследуемых образцов, представлены в таблице 2.

В ходе испытаний были получены графики, отражающие длительность стадий намокания мембранных материалов, представленные на рисунке 2. В

таблице 3 представлены результаты исследования водозащитных свойств образцов материалов.

Таблица 2 – Результаты исследования поровой структуры мембранных материалов

Номер / артикул образца	Диаметр подавляющего большинства пор, мкм	Диапазон распределения пор по размерам, мкм	Диапазон диаметров пор, вносящих наибольший вклад в массоперенос, мкм
1 / TSiN	0,06...0,34	0,06...14,90	0,25...0,40
2 / Polin	0,08...1,12	0,07...16,20	1,00...1,12
3 / PinkS	0,09...2,30	0,06...4,30	1,60...1,80
4 / Man	0,08...1,15	0,07...2,00	0,06...1,75
5 / BlueS	0,08...2,50	0,06...3,20	1,60...2,00

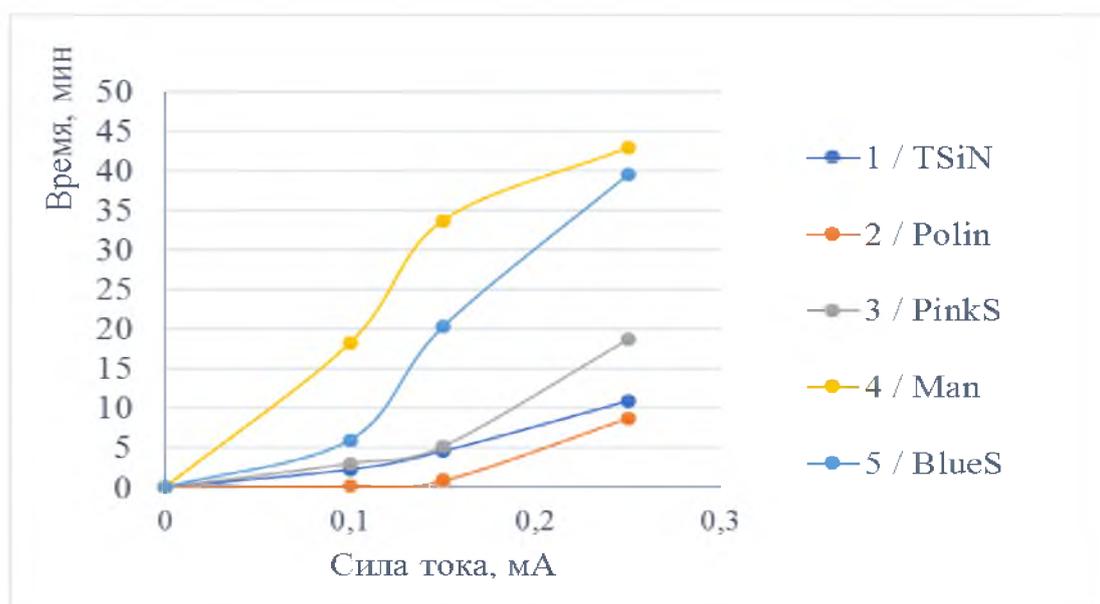


Рисунок 2 – Визуализация процесса промокания образцов

Таблица 3 – Продолжительность стадий промокания

Номер / артикул образца	Давление промокания, МПа	Продолжительность каждой стадии, мин		
		Начало насыщения	Полное насыщение	Процесс сквозного промокания
1 / TSiN	0,04	2,24	2,32	6,33
2 / Polin	0,04	0,18	0,31	8,31
3 / PinkS	0,2	3,01	2,19	13,57
4 / Man	0,2	18,30	15,44	9,22
5 / BlueS	0,14	6,00	14,28	19,27

На графиках видно, что стадии промокания некоторых мембранных материалов достаточно продолжительны (участки кривой между точками уходят круто вверх). Можно заметить, что самой длинной стадией в большинстве случаев является процесс сквозного промокания после полного

насыщения материала влагой – это наиболее «крутой» участок графиков всех образцов. При данном процессе носчик уже ощущает дискомфорт из-за понижения температуры пододежного пространства, но материал одежды еще не промок насквозь. Лидером по длительности промокания и величине давления промокания стал образец №4.

При сопоставлении результатов с данными порометрии можно заметить явное влияние характеристик пористости мембраны на процесс промокания материала, ее содержащего.

Так, данные о диапазоне распределения пор по размерам коррелируют с временем и давлением промокания – образцы с наиболее широким диапазоном распределения пор по размерам промокают раньше и при меньшем давлении. Интересно, что чем больше диапазон диаметров пор, вносящих наибольший вклад в массоперенос, тем дольше длятся стадии промокания. То есть образцы, поровая структура которых изотропна, промокают быстрее.

Таким образом, результаты исследования показывают, что водозащитные свойства мембранных текстильных материалов зависят от параметров структуры пористого мембранного слоя и определяют не только давление промокания, но и длительность стадий намокания материалов, а разработанная методика определения водозащитных свойств мембранных материалов дает развернутую информацию о характере промокания материалов.

Список использованной литературы

1. *Шайхлисламов К.М.* Применение метода электродинамической аналогии в системе энергоэффективного управления эксплуатацией нефтяных месторождений / К.М. Шайхлисламов. – Санкт-Петербург: Вестник ЮУрГУ. Серия «Энергетика». – 2017, Т. 17, № 4. – С. 107-113.

2. *Панкевич Д.К.* Оценка водозащитных свойств мембранных материалов для изделий легкой промышленности / Д.К. Панкевич, А.Н. Буркин, В.В. Леонов // Костюмология. – 2022, № 2. – С. 58-61.

3. Прибор для определения водозащитных свойств материалов методом гидростатического давления: полезная модель ВУ 12855: МПК G 01N 15/08 (2006.01); заявители и патентообладатели: Буркин Александр Николаевич; Панкевич Дарья Константиновна; Ивашко Екатерина Игоревна, Терентьев Анатолий Алексеевич (ВУ)– № и 20210283; заявл. 15.10.2021; опубл. 30.04.2021; Бюл. №2.

4. *William C. Smith* Smart Textile Coatings and Laminates, second edition. Elsevier : Wood head Publishing Ltd, 2018. – 290 p.

© Панкевич Д.К., 2023