

УДК 677.494.674

**ПОВЫШЕНИЕ КОМПЛЕКСА ГИГИЕНИЧЕСКИХ СВОЙСТВ  
ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ С МЕМБРАНЫМ ПОКРЫТИЕМ**

**INCREASE OF THE COMPLEX OF HYGIENIC PROPERTIES  
OF TEXTILE MATERIALS WITH MEMBRANE COATING**

*Т.А. ФЕДОРОВА, Р.Г. ИБРАГИМОВ, О.В. ВИШНЕВСКАЯ*  
*T.A. FEDOROVA, R.G. IBRAGIMOV, O.V. VISHNEVSKAYA*

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)  
(Kazan National Research Technological University)  
E-mail: t.fedorova50@mail.ru, modif@inbox.ru

*В работе изучена возможность использования плазменной модификации для повышения комплекса гигиенических свойств текстильных материалов с мембранным покрытием. Исследование показало, что обработка в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления приводит к очистке и сглаживанию рельефа поверхности, снижению средней арифметической шероховатости поверхности мембранных покрытий на 17,25...48,8%, к повышению значений паропрооницаемости на 55,0...153,5%, воздухопроницаемости на 31,0...82,6% и сохранению водозащитных свойств исследуемых материалов.*

*The possibility of using a plasma modification for improving the hygienic properties of textile materials with a membrane coating has been studied. The study showed that processing in the plasma of an RF discharge of a reduced pressure leads to cleaning and smoothing of the surface relief, a decrease in the average arithmetic roughness of the membrane coating surface by 17.25...48.8%, to an increase in the vapor permeability values by 55.0...153.5%, air permeability by 31.0...82.6% and preservation of waterproof properties of the materials under study.*

**Ключевые слова:** ВЧЕ-плазма пониженного давления, модификация, текстильный материал, мембранное покрытие, морфология, рельеф поверхности, шероховатость, паропроницаемость, воздухопроницаемость, водоупорность.

**Keywords:** VChE low pressure plasma, modification, textile material, membrane coating, morphology, surface relief, roughness, vapor permeability, air permeability, waterproofness.

Ассортимент изделий из текстильных материалов с мембранным покрытием, используемых для пошива специальной одежды курток верха, не решает всех проблем, связанных с эксплуатационными способностями данного материала. Уникальные возможности изделий из данных материалов защищать от атмосферных осадков снаружи и при этом транспортировать выделенную телом влагу во внешнюю среду принципиально расширяют границы комфорта по сравнению с традиционной влагозащитной одеждой, выполненной из обычных тканей с водоотталкивающей пропиткой. Несмотря на современное многообразие полимерных мембран, вариант комбинирования мембранных материалов с тканями и множество торговых марок, созданных как производителями тканей, так и производителями готовых изделий, основными показателями качества мембранного материала являются высокие параметры водоупорности, паропроницаемости и воздухопроницаемости.

На отечественном рынке для пошива верхней спецодежды используются текстильные материалы с беспористым мембранным покрытием. Это прежде всего связано с малозатратным производством подобных материалов, их высокой прочностью и стойкостью к различным химическим веществам, по сравнению с текстильными материалами с пористым мембран-

ным покрытием, производство которых связано с дорогостоящим многоступенчатым процессом. Однако текстильные материалы с беспористым мембранным покрытием имеют достаточно серьезный недостаток – низкую паропроницаемость. Актуальным способом исключения данного недостатка является модификация мембранных материалов. Анализ современных технологий, используемых в текстильной промышленности, показал, что модификация тканей ВЧЕ-плазмой пониженного давления широко используется не только для научных исследований, но и для решения конкретных производственных и технологических задач [1...3]. Плазменная модификация является универсальным способом регулирования свойств материалов, при этом она не ухудшает их защитных характеристик. Целью данного исследования являлась модификация текстильных материалов с мембранным покрытием в ВЧЕ-плазме пониженного давления для повышения комплекса их гигиенических свойств.

В качестве объектов исследования были выбраны: полиэфирная ткань артикул 80304 с полиуретановым (ПУ) беспористым мембранным покрытием "Климат 3" производства ОАО "Чайковский текстиль" и полиэфирная ткань Алова с беспористым ПУ покрытием производства компании "Балтийский текстиль". Характеристики этих материалов представлены в табл. 1.

Таблица 1

№	Наименование показателя	Ткань арт. 80304	Ткань Алова
1	Переплетение	саржевое	трикотаж
2	Состав	100% ПЭ	100% ПЭ
3	Разрывная нагрузка, Н (основа/уток)	1240/740	514/276*
4	Паропроницаемость, г/м <sup>2</sup> × день	1490,5	2895,4
5	Водоупорность, кПа	78,4	28,3
6	Отделка	МВО, ПУ покрытие Климат	ПУ покрытие

Примечание. \* – вдоль и поперек петельных столбиков.

Эксперименты выполняли на промышленной плазменной ВЧЕ-установке, общий вид которой представлен на рис. 1 (общий вид промышленной рулонной ВЧЕ плазменной установки). Промышленная установка ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА состоит из следующих основных частей: вакуумная камера с внутренней оснасткой (1), размещенная на едином рамном основании (2), откатная дверь с тележкой (3) на которой базируется машина для перемотки тканей (4), системы вакуумной откачки (5), системы охлаждения на базе ВМТ-20, высокочастотный генератор (ВЧ генератор), пульт управления; (6) – материал с мембранным покрытием. Камера прямоугольной формы (2) изготовлена из углеродистой стали и является сварной. Стенки камеры имеют ребра жесткости (1). Корпус камеры скрыт декоративными панелями (2). Более подробное описание данной установки представлено в работе [4].

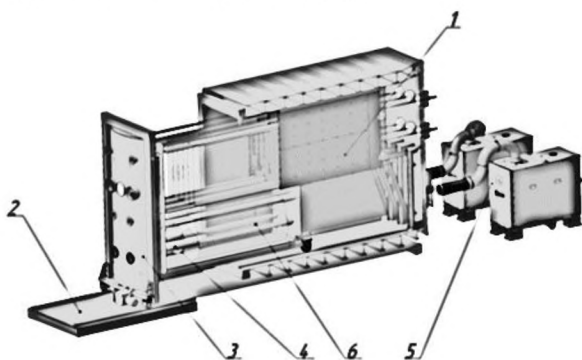


Рис. 1

Поскольку текстильные материалы с мембранным покрытием имеют диамет-

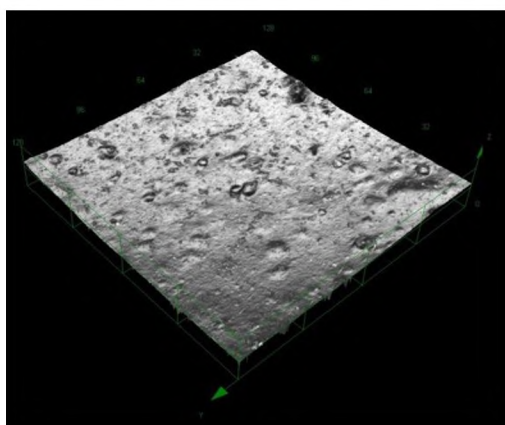
рально противоположные свойства с двух сторон, плазменная обработка проводилась только со стороны мембранного покрытия, сторона текстильной основы защищалась хлочатобумажной бязью такого же размера. Параметры плазменной обработки: мощность ( $W_p$ ) 1000...1500 Вт, рабочее давление газа ( $P$ ) 21,6...20,5 Па, продолжительность обработки ( $t$ ) 10...40 мин, расход газа ( $G$ ) 0,02...0,1 г/с, в качестве плазмообразующего газа использовался воздух [5...8].

Для оценки изменения комплекса гигиенических свойств текстильных материалов с мембранным покрытием после модификации в ВЧЕ-плазме пониженного давления были проведены следующие исследования: определение паропроницаемости, воздухопроницаемости и водоупорности.

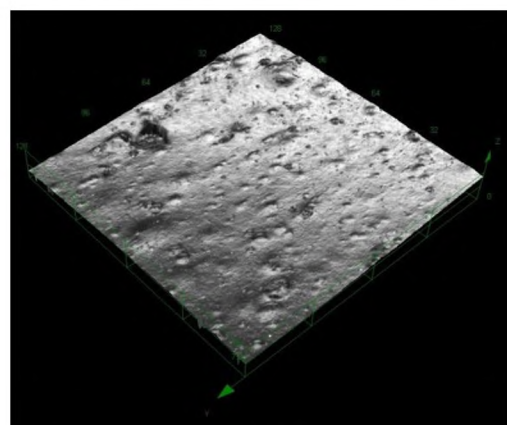
Исследование изменения морфологии и параметров рельефа поверхности ( $R_z$ ,  $R_a$ ,  $R_q$ ) поверхности мембранных покрытий исследуемых материалов после плазменной обработки проводили с помощью конфокального лазерного сканирующего 3D-микроскопа Olympus LEXT OLS 4000 [9].

Определение изменения паропроницаемости после воздействия ВЧЕ-плазмы пониженного давления на текстильные материалы с мембранным покрытием осуществляли с помощью прибора PERMATRAN-W Model 101K [10].

Воздухопроницаемость текстильных материалов с мембранным покрытием определяли по стандарту ASTM D737 с помощью оборудования A0002D Digital производителя IDM Instruments (Австралия).



а)



б)

Рис. 2

ПУ мембранное покрытие материала Алова до плазменной модификации имело достаточно шероховатую и развитую поверхность с большим количеством микровключений и артефактов, что видно из рис. 2-а. (рис. 2 – трехмерные изображения мембранного покрытия материала Алова контрольного (а) и модифицированного в ВЧЕ-плазме пониженного давления (б) образцов). Это может быть связано с особенностями производства данных материалов и природой самого ПУ мембранного покрытия [9].

После обработки в плазме ВЧЕ-разряда пониженного давления (рис. 2-б) мембран-

ное покрытие материала Алова характеризуется более чистой, менее шероховатой поверхностью. На поверхности покрытия остались только крупные дефекты, размером приблизительно 18 мкм, которые, скорее всего, образованы в процессе производства многофункционального материала. Мембранное покрытие материала Климат 3 после плазменной модификации имеет аналогичный эффект снижения шероховатости (табл. 2 – влияние ВЧЕ-плазмы пониженного давления на параметры рельефа поверхности мембранных покрытий исследуемых материалов).

Таблица 2

Вид мембранного покрытия	Образец	Параметры шероховатости		
		Rz, мкм	Ra, мкм	Rq, мкм
Покрытие Климат 3	контрольный	0,444	0,087	0,100
	модифицированный	0,384	0,072	0,090
Покрытие материала Алова	контрольный	0,861	0,125	0,169
	модифицированный	0,397	0,061	0,080

П р и м е ч а н и е. Rz – шероховатость поверхности по выбранным десяти максимальным высотам и впадинам (среднее абсолютное значение пяти наивысочайших пиков и пяти самых глубоких впадин, ISO 4287/1); Ra – средняя арифметическая шероховатость (ISO 4287/1); Rq – средняя квадратичная шероховатость (ISO 4287/1).

Материал арт. 80304 с покрытием Климат 3 состоит из полиэфирного полотна, поверхность которого характеризуется низкой шероховатостью за счет технологии нанесения ПУ покрытия на материалы. Благодаря точечному нанесению клея на ПУ основе по всей поверхности материала и дублированию мембранного покрытия с тканью, материал имеет высокопрочную адгезию соединения мембрана – ткань и характеризуется низкой шероховатостью. Как видно из значений параметров рельефа поверхности (табл. 2), морфология и рельеф поверхности мембранного покрытия во многом зависят от вида текстильной основы, на которое оно нанесено, и способа нанесения. Так, мембранное покрытие материала Алова нанесено на флис, который имеет достаточно развитую поверхность и соответственно вы-

сокие параметры рельефа поверхности. После обработки в ВЧЕ-плазме пониженного давления средняя арифметическая шероховатость Ra поверхности мембранного покрытия Климат 3 уменьшилась на 17,25%, мембранного покрытия Алова – на 48,8%.

Результаты экспериментальных исследований комплекса гигиенических свойств текстильных материалов с мембранным покрытием после воздействия ВЧЕ-плазмы пониженного давления представлены в табл. 3.

По результатам экспериментальных исследований влияния ВЧЕ-плазмы пониженного давления на значения паро- и воздухопроницаемости текстильных материалов с мембранным покрытием можно сделать вывод о том, что проницаемость текстильных материалов с мембранным покрытием увеличилась (табл. 3).

Таблица 3

Материал	Образец	Паропроницаемость, г/м <sup>2</sup> × день	Воздухопроницаемость, мм/с	Водоупорность, кПа
Арт. 80304	контрольный	1490,5	2,6	94,5
	модифицированный	2310,9	3,1	94,5
Алова	контрольный	2895,4	5,2	28,3
	модифицированный	7342,8	9,5	28,3

После плазменной обработки происходит увеличение паропроницаемости материала арт. 80304 на 55,0 %, материала Алова на 153,5%. Из табл. 3 видно, что плазменная обработка приводит к повышению воздухопроницаемости материала арт. 80304 на 31%, материала Алова – на 82,6%, по сравнению с контрольными образцами. Следовательно, плазменная обработка текстильных материалов с мембранным покрытием улучшает транспорт паров влаги из пододежного пространства к внешней поверхности материалов, что обеспечивает поддержание нормальных функций терморегуляции человеческого тела.

Значения водоупорности текстильных материалов с мембранным покрытием не изменяются после модификации в ВЧЕ-плазме пониженного давления, что свидетельствует о сохранении водозащитных свойств данных материалов.

## ВЫВОДЫ

1. Экспериментально получены текстильные мембранные материалы с повышенным комплексом гигиенических свойств. Модификация текстильных материалов с мембранным покрытием в ВЧЕ-плазме пониженного давления приводит к:

- снижению средней арифметической шероховатости поверхности мембранного покрытия Климат 3 на 17,25%, мембранного покрытия Алова – на 48,8%;

- увеличению паропроницаемости материала арт. 80304 на 55,0 %, материала Алова – на 153,5%;

- повышению воздухопроницаемости материала арт. 80304 на 31,0%, материала Алова – на 82,6%.

Также в ходе исследования было выявлено, что плазменная обработка не ухудшает водозащитные свойства текстильных материалов с мембранным покрытием.

2. Благодаря данному исследованию можно сделать вывод о том, что плазменная обработка является достаточно щадящим методом модификации для текстильных материалов с мембранным покрытием и по-

лученные многофункциональные материалы можно рекомендовать для пошива специальной одежды, в том числе утепленной.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Вишневская О.В., Вишневский В.В., Осипов Н.В., Горельщикова В.Е. Исследование изменения свойств поверхности двухслойных мембранных материалов после плазменной обработки // Вестник Казанского нац. исследов. технолог. ун-та. – 2016, №8. Т.19. С. 75...78.

2. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В., Вишневский В.В., Осипов Н.В. Ткани с мембранным покрытием / Дизайн. Материалы. Технология. – 2014, №5 (35). С. 25...29.

3. Ибрагимов Р.Г., Вознесенский Э.Ф., Нефедьев Е.С., Вишневская О.В., Хайруллин А.К. Исследование структуры модифицированных в плазме беспористых мембранных покрытий текстильных материалов // Вестник Казанского нац. исследов. технолог. ун-та. – 2017, №20. С. 57...60.

4. Тимошина Ю.А. Разработка трикотажных и нетканых волокнистых материалов с антибактериальными свойствами: Дис.... канд. техн. наук. – Казань: Казанский нац. исследов. технолог. ун-т, 2014.

5. Абдуллин И.Ш., Ибрагимов Р.Г., Зайцева О.В., Осипов Н.В. Модификация поверхности ткани с мембранным покрытием неравновесной низкотемпературной плазмой // Междунар. науч. школа молодых ученых и специалистов: Плазменные технологии в исследовании и получении новых материалов (Сборник материалов школы). – Казань, Изд-во КНИТУ, 2014. С. 54...58.

6. Вишневская О.В., Ибрагимов Р.Г., Вознесенский Э.Ф. Восстановление водозащитных свойств текстильных материалов с мембранным покрытием после многократных стирок // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2017, №3. С. 55...59.

7. Ибрагимов Р.Г., Вознесенский Э.Ф., Гревцев В.А., Вишневская О.В., Вишневский В.В., Осипов Н.В. Влияние плазменной обработки на морозостойкость мембранных материалов // Вестник Казанского нац. исследов. технолог. ун-та. – 2017, №3. С. 88...90.

8. Ибрагимов Р.Г., Вознесенский Э.Ф., Нефедьев Е.С., Вишневская О.В. Исследование плазмомодифицированных текстильных материалов с мембранным покрытием методом ИК-спектроскопии // Вестник Казанского нац. исследов. технолог. ун-та. – 2017, №9. С. 63...66.

9. Вишневская О.В. Плазменная модификация текстильных материалов с мембранным покрытием // Изв. вузов. Технология легкой промышленности. – 2017, №4. С. 46...50.

10. Описание оборудования PERMATRAN-W Model 101K [Электронный ресурс]. – Режим доступа: [www.mocon.com/assets/documents/permatran-101k.pdf](http://www.mocon.com/assets/documents/permatran-101k.pdf).

## REFERENCES

1. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Vishnevskaya O.V., Vishnevskij V.V., Osipov N.V., Gorelysheva V.E. Issledovanie izmeneniya svoystv poverhnosti dvuhslojnyh membrannyh materialov posle plazmennoj obrabotki // Vestnik Kazanskogo nac. issledov. tehnolog. un-ta. – 2016, №8. T.19. S. 75...78.
2. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Zajceva O.V., Vishnevskij V.V., Osipov N.V. Tkani s membrannym pokrytiem / Dizajn. Materialy. Tehnologiya. – 2014, №5 (35). S. 25...29.
3. Ibragimov R.G., Voznesenskij E.F., Nefedev E.S., Vishnevskaya O.V., Hajrullin A.K. Issledovanie struktury modifitsirovannyh v plazme besporistyh membrannyh pokrytij tekstilnyh materialov // Vestnik Kazanskogo nac. issledov. tehnolog. un-ta. – 2017, №20. S. 57...60.
4. Timoshina Yu.A. Razrabotka trikotazhnyh i netkanyh voloknistykh materialov s antibakterialnymi svoystvami: Dis.... kand. tehn. nauk. – Kazan: Kazanskij nac. issledov. tehnolog. un-t, 2014.
5. Abdullin I.Sh., Ibragimov R.G., Zajceva O.V., Osipov N.V. Modifikaciya poverhnosti tkani s membrannym pokrytiem neravnovesnoj nizkotemperaturnoj plazmoj // Mezhdunar. nauch. shkola molodyh uchenykh i specialistov: Plazmennye tehnologii v issledovanii i poluchenii novykh materialov (Sbornik materialov shkoly). – Kazan, Izd-vo KNITU, 2014. S. 54...58.
6. Vishnevskaya O.V., Ibragimov R.G., Voznesenskij E.F. Vosstanovlenie vodozashitnykh svoystv tekstilnykh materialov s membrannym pokrytiem posle mnogokratnykh stirok // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2017, №3. S. 55...59.
7. Ibragimov R.G., Voznesenskij E.F., Grevev V.A., Vishnevskaya O.V., Vishnevskij V.V., Osipov N.V. Vliyanie plazmennoj obrabotki na morozostojkost membrannyh materialov // Vestnik Kazanskogo nac. issledov. tehnolog. un-ta. – 2017, №3. S. 88...90.
8. Ibragimov R.G., Voznesenskij E.F., Nefedev E.S., Vishnevskaya O.V. Issledovanie plazmomodifitsirovannykh tekstilnykh materialov s membrannym pokrytiem metodom IK-spektroskopii // Vestnik Kazanskogo nac. issledov. tehnolog. un-ta. – 2017, №9. S.63...66.
9. Vishnevskaya O.V. Plazmennaya modifikaciya tekstilnykh materialov s membrannym pokrytiem // Izv. vuzov. Tehnologiya legkoj promyshlennosti. – 2017, №4. S. 46...50.
10. Opisaniye oborudovaniya PERMATRAN-W Model 101K [Elektronnyj resurs]. – Rezhim dostupa: [www.mocon.com/assets/documents/permatran-101k.pdf](http://www.mocon.com/assets/documents/permatran-101k.pdf).

Рекомендована кафедрой технологического оборудования медицинской и легкой промышленности. Поступила 20.04.18.

---