

УДК: 677.047.625/074.544

Получение и свойства водонепроницаемых композиционных слоистых материалов с мембранными свойствами для медицинских простыней

**Абдусаматова Д. О.¹,
к.х.н., доц.,
Аташикова Н. А.², докторант,
Ширинова М. Х.¹, PhD,
Нигматова Ф. У.¹, д.т.н., проф.**

¹Ташкентский институт
текстильной и легкой
промышленности,
г. Ташкент, Республика Узбекистан
²Некоммерческое акционерное
общество «Южно-Казахстанский
университет им. М. Ауэзова»,
г. Чимкент, Республика Казахстан
Российская Федерация

Реферат. В данной работе получены водонепроницаемые «дышащие» мембранные материалы на основе акриловой эмульсии и махрового полотна. Физико-механические и гигиенические свойства материалов были сравнены между собой и с известным аналогом. Использованы два метода: предварительное формирование полимерной пленки с последующим прикреплением к текстильной основе и многократное напыление эмульсии на изнаночную сторону ткани. Сравнительный анализ показал, что новые материалы превосходят известный аналог по водонепроницаемости, водопоглощению, воздухопроницаемости и паропроницаемости. СЭМ-исследования подтвердили капиллярно-пористую структуру полимерного слоя, обеспечивающую мембранные свойства. При напылении акриловой эмульсии не образуется сплошная полимерная пленка, полимерный слой располагается на поверхности отдельных волокон текстильного полотна. Водонепроницаемость и «дышащие» свойства полученных мембранных материалов сохраняются после многократных стирок.

Ключевые слова: мембрана, акриловая эмульсия, махровая ткань, водонепроницаемость, водоупорность, капиллярно-пористая структура.

Полимерные и текстильные материалы используются во всех медицинских учреждениях, от перевязочных материалов для ран и повязок до имплантируемых протезов и каркасов для тканевой инженерии. Каждому материалу предъявляются очень специфические требования. Благодаря инновациям использование текстиля постоянно расширяется в секторе здравоохранения и гигиены как в домашних условиях, так и в больницах [1]. Функциональный медицинский текстиль играет центральную роль в улучшении здравоохранения, повышая и продлевая качество жизни. Разработки новых материалов, которые функционируют на границе раздела биологических материалов, касаются их биосовместимости и биоактивных функций. Более глубокое понимание физиологической, биохимической и биофизической среды биоматериалов достигается в таких критических областях, как

заживление ран, биосовместимость имплантатов, диализ и профилактика пролежней [2, 3]. Устойчивость медицинского текстиля во многом зависит от инноваций, в которых предпочтение отдается полотнам из натуральных волокон [4]. Водонепроницаемые дышащие ткани были разработаны для различных целей, в том числе медицины. Основные принципы, механизмы и характеристики пропускания водяного пара зависят исключительно от типа дышащей ткани [5].

Таким образом, в настоящее время имеется большой ассортимент разнообразных мембранных полимерных материалов. Несмотря на это, вопросы технологии получения таких материалов, усовершенствование водонепроницаемости, пропускание воздуха и паров воды, улучшения функциональных характеристик материалов все еще остаются проблемными. Целью данного исследования является разработка простого и удобного способа получения воздухопроницаемого и паропроницаемого полимерно-текстильного материала для медицинско-профилактического постельного белья, который поглощает, но не пропускает большое количество воды.

Основной водопоглощающий слой разработанной медицинской простыни – махровая ткань из 100 % хлопка.

В качестве пленкообразующего слоя использована акриловая эмульсия и полихлоропреновый клей. Акриловая эмульсия – 40%-ная водная эмульсия полиметилакрилата белого или светло молочного цвета, производства АО «Навоiazот» (Республика Узбекистан).

Полихлоропреновый (ПХП) клей – 20%-ный раствор полихлоропрена в толуоле светло-желтого или молочного цвета, был предоставлен ООО «Ташкент-Резина» (Республика Узбекистан). Для вулканизации полихлоропрена применили оксид свинца (II), порошкообразное вещество белого цвета или этилендиамин, желтоватая жидкость с острым запахом, плотностью 1,5 г/см³, температурой кипения 200 °С.

В качестве аналога исследована гигиеническая двухслойная махровая простыня для лежачих больных типа «Proneem anti-aceriens 100 % D'actifs naturels» фирмы «Tex home» (Германия). Махровая ткань состоит на 75 % из хлопка и 25 % из полиэфира, полимерная пленка изготовлена из полиуретана.

На изнаночной поверхности махрового полотна формировали полимерную пленку двумя способами.

Способ 1. Получение полимерной пленки из ПХП или акриловой эмульсии, затем прикрепление этой пленки на поверхность полотна. Для получения полимерной пленки раствор или эмульсию полимера наносили на ровную стеклянную поверхность, сушили и снимали с поверхности в виде пленки. Затем на изнаночную плоскую поверхность махрового полотна напылили 1 слой акриловой эмульсии, сушили 10 минут и поместили приготовленную полимерную пленку. Полотно с пленкой выдержали 10 минут при температуре 75 °С, после чего получился двухслойный полимерно-текстильный материал.

ПХП имеет хорошую адгезию к различным поверхностям, в том числе к хлопковому материалу. В качестве вулканизирующего реагента добавили оксид свинца-(II) (PbO)

или этилендиамин в количестве 5 % от массы каучука. Во время перемешивания смеси появляются пузырьки, которые исчезают через 4–5 минут. После высушивания слоя ПХП с вулканизирующим агентом произвели термоотверждение при температуре 110 °С в течение 5–10 минут. Получилась целостная пленка, но она оказалась слишком липкой, и поэтому пришлось отказаться от этой пленки.

Из акриловой эмульсии получена целостная пленка полиметилакрилата. Акриловую эмульсию разбавили водой в два раза (получилась 20%-ная эмульсия), расположили ровным слоем на стеклянную поверхность, высушили при комнатной температуре в течение 120 часов. Полученную пленку снимали с поверхности стекла небольшим количеством воды.

Получение полимерной пленки из акриловой эмульсии и композиционного материала.

Способ 2. Нанесение полимерного слоя на изнаночную поверхность махрового полотна методом напыления. Махровое полотно подвесили вертикально, на изнаночную поверхность с расстояния 20–25 см напылили 20%-ный раствор ПХП клея в одном случае, и 20%-ную акриловую эмульсию в другом случае. Полимерный слой высушивали в течение 10 минут, продувая потоком теплого воздуха, затем напылили второй слой полимера. Получены образцы с большим количеством полимерного слоя.

Для исследования физико-механических и гигиенических свойств приготовили четыре образца полимерно-текстильного материала для медицинской простыни (табл. 1).

Таблица 1 – Образцы полимерно-текстильных материалов для испытаний

Номер образца	Способ получения	Масса, г	
		Махровое полотно	Слоистый материал
Образец № 1	Способ 1, пленка акриловой эмульсии	4,2354	7,7331
Образец № 2	Способ 2, напыление двух слоев акриловой эмульсии	4,2156	4,9731
Образец № 3	Способ 2, напыление пяти слоев акриловой эмульсии	4,2424	5,2710
Образец № 4	Способ 2, напыление восьми слоев акриловой эмульсии	4,2659	5,4583

Как видно из данных таблицы 1, в образце с полимерной пленкой из акриловой эмульсии (образец № 1) масса слоистого материала увеличивается на 83 % по сравнению с махровым полотном. В составе слоистого материала содержится 55 % махрового полотна и 45 % полимерного слоя. Эти показатели с двукратным напылением акриловой эмульсии составляют 18 %, 85 % и 15 % соответственно, с пятикратным напылением – 24 %, 80 % и 20 %, с восьмикратным напылением – 28 %, 78 % и 22 %.

Физико-механические свойства полученных образцов водонепроницаемых полимерно-текстильных материалов в сравнении с аналогом приведены в таблице 2.

Таблица 2 – Физико-механические свойства водонепроницаемых полимерно-текстильных материалов для медицинской простыни

Номер образца	Поверхностная плотность, г/м ²	Толщина, мм	Устойчивость к истиранию, циклы	Разрывная нагрузка, Н		Усадка, %	
				по основе	по утку	по основе	по утку
Аналог	169,2	0,71	5600	299	385	0	0
Образец № 1	435,8	0,83	14500	388	431	1,0	1,0
Образец № 2	230,5	0,79	10000	350	355	1,5	1,6
Образец № 3	280,6	0,80	10800	383	391	1,2	1,2
Образец № 4	299,8	0,81	11200	393	399	1,1	1,2

Поверхностная плотность (масса единицы площади) и толщина полученных материалов оказалось больше, чем у аналога. Показатель разрывной нагрузки как по основе, так и по утку, а также показатель устойчивости к истиранию полученных материалов лучше, чем такие же показатели аналогичного материала. Причем, полимерный слой способствует повышению механической прочности материала, с увеличением количества слоев полимера обнаружено соответственное увеличение показателей.

К материалам для простыни лежачих больных предъявляются особые гигиенические требования: высокий показатель поглощения и низкий показатель пропускания воды, наличие воздухопроницаемости и паропроницаемости. Эти гигиенические свойства четырех полученных образцов полимерно-текстильных материалов исследованы в сравнении со свойствами аналогичного материала. Полученные результаты представлены в таблице 3.

Таблица 3 – Гигиенические свойства водонепроницаемых полимерно-текстильных материалов

Номер образца	Водопоглощение, %	Водоупорность, Н ₂ O, мм	Водопропускание, мл	Воздухопроницаемость, см ³ /(см ² ·с)	Паропроницаемость, мг/(см ² ·ч)
Аналог	248,4	405	15	0	3,1
Образец № 1	278,8	500	0	0	0
Образец № 2	361,6	400	0	35,4	15,7
Образец № 3	357,5	430	0	24,3	11,0
Образец № 4	354,3	465	0	15,8	8,5

Как видно из данных таблицы 3, все материалы имеют достаточно высокую водоупорность. Экспериментальный образец № 1 не пропускает молекул воздуха и паров воды, аналог не пропускает воздух, но пропускает минимальное количество паров воды.

Видимо, в этих материалах полимерный слой не имеет пор, образует сплошную пленку.

Полимерный слой экспериментального образца № 1 изготовлен из гидрофобного полимера, поэтому совершенно не впитывает и не пропускает воды и ее паров. В полимерном слое других экспериментальных образцов имеются микропоры, через которые не проходит вода, но проходят молекулы воздуха и пары воды. Причем, с увеличением числа нанесенных слоев акриловой эмульсии, водоупорность возрастает, воздухопроницаемость и паропроницаемость уменьшается. Значит, второй, третий и четвертый образцы можно отнести к категории мембранных материалов. Полученные полимерно-текстильные материалы сохраняют хорошие мембранные свойства после многократных стирок. В отличие от исследованного аналогичного материала полученные образцы на основе махрового текстильного полотна и акриловой эмульсии сохраняют высокую водоупорность, водопоглощение, воздухопроницаемость и паропроницаемость после многократных стирок.

Махровое текстильное полотно из 100 % хлопка и акриловая эмульсия (водная эмульсия полиметилакрилата) является подходящим сырьем для производства мембранных полимерно-текстильных материалов для простыни лежачих больных. Материалы, полученные двух- пяти- и восьмикратным напылением акриловой эмульсией имеют следующие физико-механические свойства соответственно:

- поверхностная плотность – 230,5; 280,5; 299,8 г/м²;
- устойчивость к истиранию – 10000, 10800, 11200 циклов;
- разрывная сила – 350-355, 383-391, 393-399 Н.

Гигиенические свойства этих материалов следующие:

- водопоглощение – 361,6; 357,5; 354,3 %;
- водоупорность 400, 430, 465 мм H₂O;
- водопропускание – 0, 0, 0 мл;
- воздухопроницаемость – 35,4; 24,3; 15,8 см³/(см²·с);
- паропроницаемость – 15,7, 11,0, 8,5 мг/(см²·ч).

Физико-механические и гигиенические показатели полученных полимерно-текстильных материалов в полной мере соответствуют требованиям материалов для медицинской простыни лежачих больных и превышают показатели аналогичного материала. Капиллярно-пористое строение, выявленное с помощью СЭМ-исследований, убедительно доказывают «мембранный эффект» в полученных материалах. А самое главное, высокие показатели физико-механических и гигиенических свойств сохраняются после многократных стирок: после десятикратной стирки прочность материала уменьшается всего до 3 %, водоупорность уменьшается всего до 6,3 %, воздухопроницаемость и паропроницаемость несколько увеличивается. С учетом комплекса свойств и перспективы технологии изготовления, для промышленной реализации рекомендуется медицинская простыня из хлопкового махрового полотна с двух- и пятикратным нанесением акриловой эмульсии.

Список используемых источников

1. A.Davies. Healthcare textiles. Waterproof and Water Repellent Textiles and Clothing: The Textile Institute Book series, 2018. – p. 447–471.
2. J. V. Edwards, S. C. Goheen. New developments in functional medical textiles and their mechanism of action. Functional Textiles for Improved Performance, Protection and Health. Woodhead Publishing Series in Textiles, 2011. – p. 293–319.
3. S. El-Ghazali, M. Khatri, Sh. Kobayashi, I.S. Kim. An overview of medical textile materials. Medical Textiles from Natural Resources, 2022. – p. 3–42.
4. Ch.Ch. Ezenya-Bakpa, A. Inobeme, M.A. Adekoya. Hospital laundries and their effect on medical textiles. Medical Textiles from Natural Resources. The Textile Institute Book Series, 2022. – p. 767–792.
5. S. Maity, V. Chauhan, P. Pandit. Waterproof breathable fabrics and suits. Protective Textiles from Natural Resources. The Textile Institute Book Series, 2022. – p. 347–375.

UDC: 677.027.423.46-037.37

Investigation of the Possibilities of Dyeing Fibrous Textile Materials with Natural Biopolymers

**Nabiyeva I. A., Dr., Prof.,
Azamjonova S. Sh.,
doctoral student**

Tashkent Institute of Textile and
Light Industry, Tashkent,
Republic Uzbekistan

Annotation. In this article, the possibility of eco-friendly dyeing of natural silk fabric was investigated. As an alternative to synthetic dyes, biopolymers and aromatic compounds derived from various industrial waste sources were utilized. The research compared three different samples, demonstrating that an increase in the number of functional groups in the composite composition led to changes in color intensity. As a result, the color intensity of Sample 3 increased by 69.52 % compared to Sample 1 and by 13.47 % compared to Sample 2. The L^* value (lightness) decreased by 23.7 units, and the h^* value (hue) dropped by 27.8 units after the addition of IPEK and biopolymers. In contrast, the C^* value (color saturation) of Sample 3 increased by 14.77 % compared to Sample 1 and by 7.5 % compared to Sample 2. According to the CIELAB color space diagram, the a^* and b^* coordinates of the samples shifted respectively from green to red and from yellow to blue. The samples also exhibited excellent to good color fastness to soap treatment, indicating high durability of the dyed fabrics.