

УДК 677.017
DOI 10.47367/0021-3497_2022_5_59

**ИССЛЕДОВАНИЕ ВЛИЯНИЯ ЩЕЛОЧИ
НА МЕХАНИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА
МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ ИЗГОТОВЛЕНИЯ СПЕЦОДЕЖДЫ ***

**INVESTIGATION OF THE EFFECT OF ALKALI
ON THE MECHANICAL PROPERTIES
OF MATERIALS FOR WORKWEAR PRODUCTION**

Э.А. ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

Рассматриваются вопросы, связанные с решением проблем повышения стойкости текстильных материалов, которые применяются в спецодежде, к щелочи. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированных многофункциональных текстильных материалов для спецодежды, которые сохраняют прочность и стойкость после воздействия щелочи. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследо-

* Исследование проведено с использованием оборудования Центра коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» Казанского национального исследовательского технологического университета при финансовой поддержке проекта Минобрнауки России в рамках гранта № 075-15-2021-699.

вание разрывной нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование тканей осуществляли потоком "холодной" плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3", которая используется в Центре коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ. При этом multifunctionальные текстильные материалы (МТМ) достигают максимальных показателей разрывной нагрузки и стойкости к щелочи при оптимальных параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления. После наноструктурирования и нанесения маслосталкивающей, нефтемаслосталкивающей и других пропиток получили МТМ: "Премьер Комфорт-250А", "Премьер FR-350" и "Премьер Cotton 300", из которых изготовили спецодежду. В результате исследований МТМ установлено, что разрывная нагрузка и стойкость к воздействию щелочи выше в наноструктурированных образцах.

The issues related to solving the problems of increasing the resistance of textile materials to alkali, which are used in overalls, are considered. The aim of the work was to develop methods for obtaining nanostructured multifunctional textile materials for workwear that retain strength and durability after the alkali exposure. Textile materials containing cotton fibers and polyester fibers were selected as the objects of the study. The study of the bursting load was carried out on control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine. Nanostructuring of tissues was carried out by a flow of "cold" plasma of reduced pressure on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3", which is used in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNITU. At the same time, multifunctional textile materials (MTM) maximize the indicators of breaking load and alkali resistance at optimal parameters of exposure to the flow of "cold" plasma of reduced pressure. After nanostructuring and applying (oil-repellent, oil-oil-repellent and others) impregnations, MTM received: "Premier Comfort-250A", "Premier FR-350" and "Premier Cotton 300" from which workwear was made. As a result of MTM studies, it was found that the breaking load and resistance to alkali is higher in nanostructured samples.

Ключевые слова: текстильный материал, стойкость, щелочь, multifunctionальный, холодная плазма, разрывная нагрузка, наноструктурирование, специальная одежда, пропитки.

Keywords: textile material, durability, alkali, multifunctional, cold plasma, breaking load, nanostructuring, special clothing, impregnations.

На сегодняшний день на российском рынке представлен широкий ассортимент современных материалов отечественных и зарубежных производителей для профессиональной спецодежды. Однако при разработке текстильных материалов для спецодежды необходимо учитывать, что на практике, при осуществлении различных видов профессиональной деятельности, обычно действуют неблагоприятные агрес-

сивные среды. Продолжает расширяться и совершенствоваться ассортимент новых стойких тканей к агрессивным средам [1], [2].

Химическая стойкость волокон текстильных материалов характеризуется их стойкостью к действию различных химических реагентов – кислот, щелочей, окислителей, восстановителей, органических растворителей. От хемостойкости волокон за-

висит ряд эксплуатационных свойств текстильных материалов, особенности режимов различных операций отделки, а также стирки и химической чистки изделий [3].

Щелочь (NaOH) – твердое вещество белого цвета; гигроскопичное и водорастворимое. Едкие щелочи оказывают наиболее сильное разрушающее действие на белковые волокна. Наиболее устойчивы к действию едкого натрия хлопок, лен, хлорин и поливинилхлоридные волокна в слабом растворе и при обыкновенной температуре не оказывают вредного действия. Но при кипячении происходит ослабление этих волокон, которое сопровождается их частичным растворением. Ослабление волокон значительно усиливается в присутствии кислорода (воздуха). Волокна превращаются в хрупкое рассыпающееся вещество, частично растворимое в щелочах. Требуется очень тщательная промывка ткани после обработки ее щелочами. В присутствии щелочи ткань постепенно желтеет, что указывает на понижение ее прочности [4].

Одним из препятствий для изготовления спецодежды из наноструктурированных материалов является малоизученность стойкости волокон к щелочной среде. Как известно, при эксплуатации спецодежды в агрессивной среде происходит уменьшение срока их эксплуатации. Этим объясняется повышенный интерес работодателей. В связи с изложенным исследование механических свойств текстильных материалов для спецодежды после воздействия агрессивных сред является актуальным и представляет научный и практический интерес [5...7].

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока "холодной" плазмы пониженного давления на механические свойства и стойкость текстильных

материалов для спецодежды к щелочной среде. Одним из способов повышения стойкости к щелочи текстильных материалов для спецодежды является наноструктурирование потоком "холодной" плазмы пониженного давления. Воздействие щелочи на текстильные материалы проводили в экспериментальных условиях носок спецодежды, путем многократного их поверхностного разбрызгивания и последующего высыхания.

Исследования текстильных материалов к действию щелочи проводились на основе определения стойкости к поверхностному смачиванию (метод испытания разбрызгиванием) и изменения разрывной нагрузки (P_н). Определение разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов текстильных материалов проводились при одноосном растяжении материалов на разрывной машине МТ110-5 согласно ГОСТ 3813–72 [8].

Стойкость контрольных и наноструктурированных текстильных материалов для спецодежды к действию агрессивной среды – щелочи проводили капельным методом согласно ГОСТ 12.4.220–2002 [9]. Сущность метода заключалась в измерении времени, в течение которого происходило проникновение агрессивной среды (щелочи) через испытываемые образцы. Ткань считается стойкой к поверхностному смачиванию, если капли щелочи, нанесенные на текстильные материалы для спецодежды, не остаются на поверхности, имеют незначительное случайное прилипание или смачивание.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент текстильных материалов для спецодежды, характеристики которых представлены в табл. 1.

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикулы	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переplete-ние	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	"Премьер Комфорт-250А"	18422 а/Х-М	80	20 (антистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	StopOil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО), масловодоотталкивающая (МВО)
2	"Премьер FR-350"	10202 АМ	100	-	340	Атласное	НМВО
3	"Премьер Cotton 300"	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО

Обработку опытных образцов текстильных материалов осуществляли с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3". В камере при пониженном давлении происходила обработка в потоке "холодной" плазмы, не превышающей температуру 50...60°C и частоту генератора 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [6].

Входные параметры плазменной установки устанавливали в пределах: мощности

разряда (W_p) от 2,0 до 4,5 кВт, расхода плазмообразующего газа (G) от 0,02 до 0,05 г/с, давления в вакуумной камере (P_k) от 26 до 52 Па и времени обработки (τ) от 1 до 3 м/мин.

Исследования текстильных материалов проводили на четырех опытных образцах до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Результаты исследования R_n после воздействия щелочи на образцы текстильных материалов представлены в табл. 2.

Т а б л и ц а 2

Виды МТМ	Виды образцов входного контроля	Направление испытания	Мониторинг образцов текстильных материалов по разрывной нагрузке R_n , Н				
			номера образцов				
			1	2	3	4	средний показатель
"Премьер Комфорт-250А"	контрольный	основа	980,0	936,1	986,8	962,4	966,25
		уток	740,0	775,2	736,4	797,3	762,25
	наноструктурированный	основа	1100	1125,4	1191,1	1144,5	1140,25
		уток	800,0	872,1	826,5	800,3	824,75
"Премьер FR-350"	контрольный	основа	928,0	949,6	915,8	963,2	939,15
		уток	737,0	797,2	762,5	722,7	754,85
	наноструктурированный	основа	1219,0	1236,1	1223,0	1272,1	1237,55
		уток	924,0	992,1	954,7	919,2	947,50
"Премьер Cotton 300"	контрольный	основа	806,0	849,6	815,8	863,2	833,65
		уток	630,0	697,2	662,5	622,7	653,10
	наноструктурированный	основа	1032,0	1036,1	1023,0	1072,1	1040,80
		уток	778,0	792,1	754,7	719,2	761,00

Результаты исследований образцов текстильных материалов, представленные в табл. 2, позволяют провести их мониторинг по разрывной нагрузке. Полученные результаты в табл. 2 показывают, что после воздействия агрессивной среды (щелочи) на наноструктурированные образцы текстильного материала "Премьер Комфорт-250А" разрывная нагрузка выше, по основе на 11,39% и по утку на 8,23% относительно контрольных образцов. Соответственно в образцах "Премьер FR-350" R_n выше по основе на 12,36% и по утку на 9,46%, а в текстильном материале "Премьер Cotton 300" R_n также выше по основе на 10,3%, по утку на 6,61% относительно контрольных образцов.

По полученным результатам в табл. 2

можно сделать вывод, что R_n выше в наноструктурированных образцах.

Проведено исследование стойкости к щелочи ($\Delta C_{щел.}$, %) наноструктурированных и контрольных образцов текстильных материалов для специальной одежды. Показатель стойкости к действию щелочи в контрольном и наноструктурированном в плазме образцах текстильных материалов измерялся в соответствии с ГОСТ 12.4.220–2002 [12]. Результаты исследований представлены на рис. 1...3.

Для оценки стойкости к действию щелочи, получили гистограммы текстильных материалов "Премьер Комфорт-250А" (рис.1), "Премьер FR-350" (рис.2) и "Премьер Cotton 300" (рис.3).

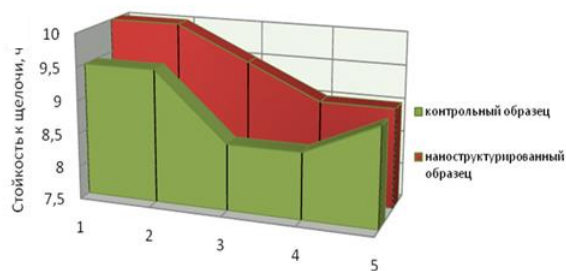


Рис. 1

Как видно из рис. 1, среднее значение стойкости к щелочи текстильного материала "Премьер Комфорт-250А" составляет в контрольных образцах 8,5 ч (рис. 1), а после наноструктурирования потоком "холодной" плазмы пониженного давления в экспериментальных образцах 9 ч. В режиме наноструктурирования при $P_k=22$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с стойкость к щелочи увеличивается до 10 %.

Результаты исследования стойкости к щелочи, представленные на рис. 2, показали, что предварительное наноструктурирование текстильного материала "Премьер FR-350" позволило повысить значение стойкости к щелочи в наноструктурированных образцах до 9,5 ч и в контрольных образцах до 9 ч, что привело к повышению показателя $\Delta C_{\text{щ}}$ на 5,5%.

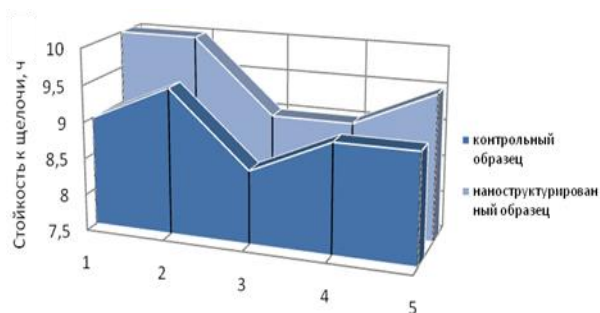


Рис.3

По полученным результатам на рис. 3 можно сделать вывод, что стойкость к щелочи также сохраняется у текстильного материала "Премьер Cotton 300". Как показали исследования экспериментальных образцов (рис. 3), среднее значение стойкости к щелочи в контрольных образцах составляло 9,0 ч, а в наноструктурированных 9,5 ч, что привело к повышению показателя $\Delta C_{\text{щ}}$

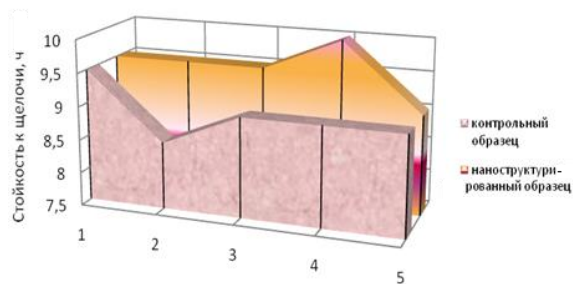
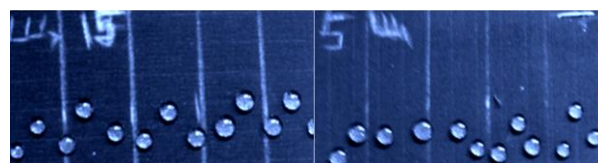


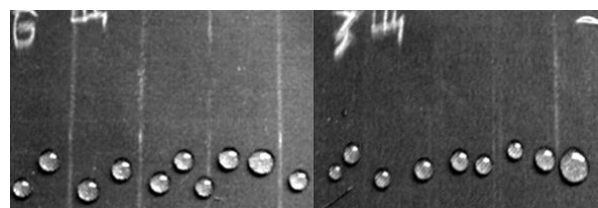
Рис. 2

на 5,5%, в режиме наноструктурирования: $P_k = 20...22$ Па; $W_p = 3,5...4,0$ кВт; $G_{\text{возд}} = 0,04$ г/с.



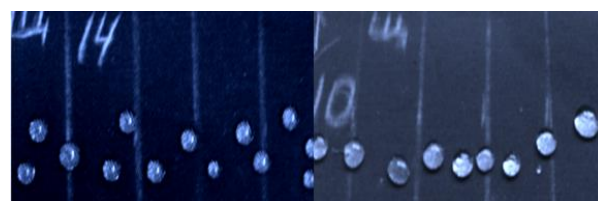
а) б)

Рис. 4



а) б)

Рис. 5



а) б)

Рис. 6

Как видно из фотографий (а – контрольный образец, б – наноструктурированный образец) ("Премьер Комфорт-250А" (рис. 4), "Премьер FR-350" (рис. 5) и "Премьер Cotton 300" (рис. 6), щелочь на поверхности multifunctional текстильных материалов не растеклась, а приняла полусферическую форму за счет имеющих химических веществ фторуглеродных групп, а также эмульсии в пропитках StopOil, HMBO и MBO.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального анализа стойкости к щелочи многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке "холодной" плазмы пониженного давления позволяет получить прочные и стойкие к воздействию щелочи образцы материалов для спецодежды.

Установлено, что разрывная нагрузка выше в наноструктурированных образцах, по основе от 10,39 до 12,36% и по утку от 6,61 до 9,46% относительно контрольных образцов.

Проведено исследование стойкости к щелочи контрольных и наноструктурированных образцов тканей для специальной одежды. Установлено, что стойкость к воздействию щелочи в контрольных образцах составила до 9 ч, а в наноструктурированных образцах до 9,5 ч. При этом капля щелочи на поверхности многофункционального текстильного материала для спецодежды не растеклась и приняла полусферическую форму за счет StopOil, HMBO и MBO отделок, которые противостоят масляным и другим загрязнениям в результате эмульсии на водной основе и добавления полимерного воска, которые обладают низким коэффициентом поверхностного натяжения. Действие пропитки основано на обволакивании волокон материала своеобразной гидрофобной пленкой, которая непроницаема для воды, масла, нефтепродуктов.

Определено, что многофункциональные текстильные материалы для спецодежды максимально достигают механические и стойкость к щелочи при следующих параметрах воздействия потока "холодной" плазмы пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20-22$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p=3,5...4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа –воздух $G_{\text{возд}}=0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Классификация текстильных волокон [Электронный ресурс] URL: <https://vk.com/@klinerforum-klassifikaciya-tekstilnyh-voлокon> (дата обращения: 21.06.22)

2. Мoryганов А.П., Галашина В.Н., Дымникова Н.С. Разработка высокотехнологичных биологически активных изделий технического и медицинского назначения на основе льна и льнонанокомпозиатов // Дизайн. Материалы. Технологии. – 2009, № 4(11) С. 84...90.

3. Хамматова Э.А., Мекешикина-Абдуллина А.И., Разумеев К.Э. Разработка метода получения многофункциональных пленочных материалов с улучшенными эксплуатационными свойствами для изготовления защитных швейных изделий специального назначения //Швейная промышленность. – 2013, №4. С. 38...40.

4. Ткани и химия: щелочь и кислота, аммиак, сода, соль, горение [Электронный ресурс] Швейные машинки URL: <https://sewonline.ru/tkani-i-himiya-shheloch-i-kislota-ammiak-soda-sol-gorenie.htm?ysclid=170m6rc83html?ysclidn817712436> (дата обращения: 21.06.22).

5. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Влияние потока плазмы на повышение физико-механических свойств технических материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 56...62.

6. Хамматова Э.А. Сохранение качества наноструктурированных текстильных материалов после эксплуатационной носки специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, № 5. С. 83...88.

7. Киселев А.М., Румянцев Е.В., Одинцова О.И., Румянцева В.Е. Современные технологии получения текстильных материалов со специальными свойствами и области их применения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2022, № 2. С. 121...133.

8. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82) Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями № 1, 2, 3). – Введено 01.01.1973, переутв. 01.01.1982 г., 01.09.1990 г., 01.06.1992 г. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Изд-во стандартов. – 1973.

9. ГОСТ 12.4.220-2002. Система стандартов безопасности труда. Средства индивидуальной защиты. Метод определения стойкости материалов и швов к действию агрессивных сред. – Введ.12.04.2002. – М.: Госстандарт России: Изд-во стандартов. – 2002.

REFERENCES

1. Classification of textile fibers [Electronic resource] URL: <https://vk.com/@klinerforum-klassifikaciya-tekstilnyh-voлокon> (accessed: 21.06.22).

2. Moryganov A.P., Galashina V.N., Dymnikova N.S. Development of high-tech biologically active products for technical and medical purposes based on flax and flax nanocomposites // Design. Materials. Technology. – 2009, № 4(11). P. 84...90.

3. Khammatova, E.A., Mekeshkina – Abdullina A.I., Razumeev K.E. Development of a method for obtaining multifunctional film materials with improved performance properties for the manufacture of protective garments for special purposes // Sewing industry. – 2013, №4. P. 38...40.

4. Fabrics and chemistry: alkali and acid, ammonia, soda, salt, gorenje [Electronic resource] Sewing machines URL: https://sewonline.ru/tkani-i-himiya-shheloch-i-kislota-ammiak-soda-sol_gorenie.htm?ysclid=170m6rc83html?ysclidn817712436 (accessed: 06/21/12).

5. Khammatova V.V., Gainutdinov R.F Effect of plasma flow on improving the physical and mechanical properties of technical materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №6. P. 56 ... 62.

6. Khammatova E. A Preservation of the quality of nanostructured textile materials after operational wear of special clothing // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №5. P. 83 ... 88.

7. Kiselev A.M., Rumyantsev E.V., Odintsova O.I., Rumyantseva V.E. Modern technologies for obtaining textile materials with special properties and their applications // Izv. vuzov. Technology of the textile industry. – 2022, № 2.P. 121...133.

8 GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments № 1, 2, 3). - Entered on 01.01.1973, reapproved 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992 (IUS 4-82, 12-90, 9-92). – M.: Publishing house of standards. – 1973.

9. GOST 12.4.220-2002. The system of occupational safety standards. Personal protective equipment. Method for determining the resistance of materials and seams to the action of aggressive media [Text]. – Introduction.12.04.2002. – Moscow: Gosstandart of Russia: Publishing House of standards. – 2002.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 29.09.22.