

**СОХРАНЕНИЕ КАЧЕСТВА
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТЕКСТИЛЬНЫХ МАТЕРИАЛОВ
ПОСЛЕ ЭКСПЛУАТАЦИОННОЙ НОСКИ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ**

**PRESERVATION OF THE QUALITY
OF NANOSTRUCTURED TEXTILE MATERIALS
AFTER THE OPERATING WEAR OF SPECIAL CLOTHES**

Э.А. ХАММАТОВА, Л.Н. АБУТАЛИПОВА

E.A. KHAMMATOVA, L.N. ABUTALIPOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: venerabb@mail.ru

В статье представлены результаты научного исследования, ориентированные на решение проблем сохранения качества текстильных материалов для специальной одежды при эксплуатации. Основным показателем, характеризующим качество тканей для специальной одежды, является характеристика разрывной нагрузки. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированных текстильных материалов для специальной одежды, которые сохраняют прочность при эксплуатации. Объектами исследования выбраны ткани для спецодежды из хлопчатобумажной пряжи и с вложением синтетических волокон. Оценка их качественных характеристик осуществлялась после 12 месяцев опытной носки в реальных условиях труда на производственных предприятиях и 24 стирок, в процессе которой определялся уровень соответствия разрывной нагрузки тканей одежды специального назначения нормативным показателям. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5. Наноструктурирование тканей для спецодежды, проведенное электрофизическим методом модификации с применением обработки потоком "холодной" плазмы пониженного давления, позволяет повысить разрывную нагрузку за счет использования уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3".

The article presents the results of a scientific study focused on solving the problems of maintaining the quality of textile materials for special clothing during operation. The main indicators characterizing the quality of fabrics for special clothing is the breaking load characteristic. The purpose of the work was to develop methods for obtaining nanostructured textile materials for special clothing, which retain their strength during operation. The objects of research are fabrics for workwear made of cotton yarn and with the attachment of chemical fibers and threads. The assessment of their qualitative characteristics was carried out after 12 months of experimental wear in real working conditions at industrial enterprises and 24 washings, during which the level of compliance of the breaking load of fabrics of special-purpose clothing with standard indicators was determined. For experimental studies of control and nanostructured samples, an MT110-5 tensile testing machine was used. Nanostructuring of fabrics for workwear, carried out by the electrophysical

modification method using a flow of "cold" low-pressure plasma, makes it possible to increase the breaking load due to the use of a unique semi-industrial plasma unit of periodic action "WATT 1500 R / R PLAZMA 3".

Ключевые слова: текстильный материал, холодная плазма, механические свойства, разрывная нагрузка, наноструктурирование, ткани для специальной одежды, пропитки.

Keywords: textile material, cold plasma, mechanical properties, breaking load, nanostructuring, fabrics for special clothing, impregnation.

Сохранение качества текстильных материалов для одежды специального назначения при ее эксплуатации является сложной задачей, решение которой требует комплексного подхода, который связан с особенностями профессиональной деятельности потребителя и механическими свойствами тканей. Поскольку специальная одежда работников различных отраслей промышленности (например, лесной, угольной, автомобильной промышленности, машиностроении, стройиндустрии, электроэнергетики) подвергается воздействию различных механических факторов, пыли и грязи. Так как работа в них связана с большим количеством неблагоприятных факторов, их рабочая специальная одежда должна защищать от механических воздействий, повышенных температур, попадания на кожу человека влаги, масел, нефтепродуктов и т.д. Качественная специальная одежда должна полностью выполнять эту функцию.

Специальная одежда должна быть надежной и практичной при эксплуатации, поэтому для ее изготовления необходимо использовать материалы с соответствующими повышенными механическими характеристиками. Как показал анализ литературы, механические характеристики любой специальной одежды на 90% зависят от используемых материалов. Текстильные материалы для специальной одежды должны отличаться хорошими показателями прочности и растяжимости, устойчивостью окраски к стирке, поту, трению, воздействию морской и хлорированной воды, формоустойчивостью, легкостью [1].

Ткани из хлопчатобумажной пряжи и с вложением химических волокон не всегда могут обеспечить необходимые эксплуата-

ционные свойства текстильным материалам для специальной одежды, поэтому для производства таких полотен используются различные химические и физические методы модификации [2...4].

Одним из основных направлений в улучшении качества одежды специального назначения является повышение ее долговечности, так как продление сроков службы специальной одежды равносильно увеличению ее выпуска без привлечения дополнительных материальных и трудовых ресурсов. Опыт эксплуатации специальной одежды, а также результаты многочисленных опытных носок, проводимых предприятиями, свидетельствуют о том, что некоторые виды специальной одежды выходят из строя намного раньше нормативного срока службы вследствие снижения прочности материалов, из которых они изготовлены, потерей их первоначальных свойств.

В связи с изложенным исследование разрывной нагрузки хлопчатобумажных тканей для специальной одежды после носки является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе проведены исследования влияния "холодной" плазмы пониженного давления на разрывную нагрузку текстильных материалов для специальной одежды, которая изготавливалась из контрольных и наноструктурированных текстильных материалов из хлопчатобумажной пряжи с вложением синтетических волокон, которые затем прошли эксплуатационную носку в течение 12 месяцев.

В качестве объектов исследования выбран ассортимент текстильных материалов, применяемый для изготовления швейных изделий специального назначения, характеристики которых представлены в табл. 1.

| № образца | Наименование тканей | Артикул | Состав волокон, % | | | Поверхностная плотность, г/м ² | Переплетение | Пропитка |
|-----------|----------------------------------|-------------|-------------------|----|-----------------|---|--------------|------------------|
| | | | хлопок | ПЭ | анти-стат. нить | | | |
| 1 | Премьер Комфорт 250 (образец 1) | 18422X | 80 | 20 | - | 255 | саржевое | МВО, МУ, StopOil |
| 2 | Премьер Cotton 300 (образец 2) | 10408 | 100 | - | - | 300 | саржевое | МВО, МУ |
| 3 | Премьер Комфорт 250А (образец 3) | 18422a/ X-M | 80 | 20 | + | 255 | саржевое | HMBO, StopOil |
| 4 | Премьер FR-350 (образец 4) | 10202 | 100 | - | - | 340 | атласное | HMBO |

Обработка опытных образцов текстильных материалов осуществлялась на уникальной полупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 1500 Р/Р ПЛАЗМА 3", где проводилось наноструктурирование материалов в вакуумной камере между двумя ВЧ электродами. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке "холодной" плазмы, не превышающей температуру 40...45°. Данная установка является однокамерной установкой периодического действия. Ее питание осуществляется от сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5% частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали аргон [2].

Наноструктурирование экспериментальных образцов текстильных материалов проводилось на суровых образцах: Премьер Комфорт 250, артикул 18422X (образец 1), Премьер Cotton 300, артикул 10408 (образец 2), Премьер Комфорт 250А, артикул 18422 а/Х-М (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4).

Осуществлялось варьирование входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (W_p) от 0,2 до 2,0 кВт, расход плазмообразующего газа (G) от 0 до 0,08 г/с, давление в вакуумной камере (P_k) от 13 до 53 Па и время обработки τ от 1 до 3 м/мин, мощность, потребляемая установкой ($P_{потр}$) от 1,0 до 5,0 кВт.

После плазменного наноструктурирования суровых текстильных материалов для специальной одежды проводились последующие отделочные операции технологичес-

кого процесса, в том числе пропитка, для придания тканям определенных гидрофобных свойств (табл. 1). Для этого образцы пропитывали различным химическим составом, в зависимости от их функционального назначения: нефтемасловодоотталкивающей (HMBO), масловодоотталкивающей (MBO), малоусадочной (МУ) пропиткой, а также использовали инновационную отделку для активной защиты ткани от производственных загрязнений с двойным спектром действия (StopOil). Поскольку полученные опытные образцы текстильных материалов для одежды специального назначения прежде всего должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р ЕН 340-210 (EN 340:2003) [5].

Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после 12 месяцев опытной носки в реальных условиях труда на производственных предприятиях и 24 стирок, в процессе которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов одежды специального назначения из разрабатываемых материалов до и после эксплуатационной носки.

Одним из основных показателей, определяющих механические свойства наноструктурированных тканей для специальной одежды являлась разрывная нагрузка. Определение, разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных текстильных материалов проводилось при одноосном растяжении до и после эксплуата-

ции специальной одежды, согласно ГОСТ 3813–72 [6].

Проведено исследование влияния эксплуатационного воздействия на разрывную нагрузку наноструктурированных текстильных материалов для специальной одежды. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

Максимальную нагрузку при растяжении опытных образцов текстильных материалов для одежды специального назначения до и после их эксплуатации определяли на разрывной машине МТ110-5 на контрольных и наноструктурированных образцах. Испытания проводили до разрушения на 5 опытных образцах, затем определяли среднее значение полученных результатов.

На рис. 1 представлена гистограмма изменений величины разрывной нагрузки (по основе) для контрольных и опытных образцов одежды специального назначения из разрабатываемых тканей Премьер Комфорт 250 (образец 1), Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4).

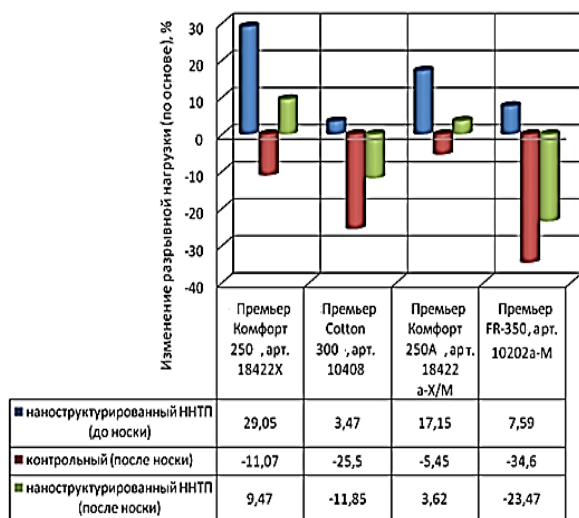


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах тканей спецодежды из наноструктурированных текстильных материалов Премьер Комфорт 250 (образец 1), разрывная нагрузка до эксплуатационной носки увеличилась на 29,05%, а после эксплуатационной носки повысилась на 9,47% относи-

тельно контрольных образцов. После эксплуатационной носки контрольные образцы тканей теряют свою прочность на 11,07% относительно контрольных образцов без эксплуатации.

Исследования текстильных материалов для специальной одежды Премьер Комфорт 250А (образец 3) показали, что разрывная нагрузка наноструктурированных образцов до и после эксплуатационной носки увеличилась соответственно на 17,15 и 3,62% относительно контрольных образцов без эксплуатационной носки, а в контрольных образцах тканей с эксплуатационной ноской разрывная нагрузка уменьшилась на 5,45%.

Если проанализируем образцы текстильных материалов для специальной одежды Премьер Cotton 300 (образец 2) и Премьер FR-350 (образец 4), где содержится 100% хлопка, разрывная нагрузка в наноструктурированных образцах до эксплуатационной носки увеличилась соответственно на 3,47 и 7,59% относительно контрольных образцов без эксплуатационной носки, а в наноструктурированных и контрольных образцах тканей Премьер Cotton 300 с эксплуатационной ноской разрывная нагрузка уменьшилась соответственно на 11,85 и 25,5%. То же самое наблюдается в текстильном материале Премьер FR-350, где разрывная нагрузка после эксплуатационной носки уменьшилась на 23,47% в наноструктурированном образце и на 34,6% в контрольном образце.

Таким образом, в текстильных материалах для специальной одежды Премьер Комфорт 250 и Премьер Комфорт 250А разрывная нагрузка наноструктурированных тканей до и после эксплуатационной носки сохраняется, за счет наличия в составе тканей полиэфирных волокон (20%) и использования дополнительной инновационной отделки с двойным спектром действия (StopOil).

Результаты проведенных испытаний разрывной нагрузки (по утку) текстильных материалов для специальной одежды (образцы 1...4) представлены на рис. 2.

На основе проведенных испытаний установлено (рис. 2), что во всех опытных

образцах одежды из наноструктурированных текстильных материалов до эксплуатационной носки (образцы 1...4), разрывная нагрузка тканей увеличилась от 2,59 до 49,14%.

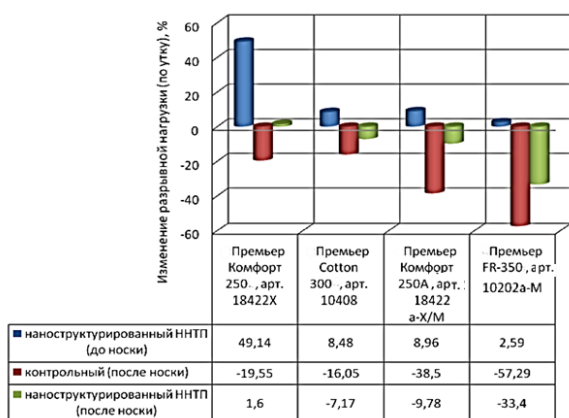


Рис. 2

Максимальное повышение разрывной нагрузки наблюдается в наноструктурированном текстильном материале для специальной одежды Премьер Комфорт 250 (образец 1), где показатель до эксплуатационной носки вырос на 49,14%, а после эксплуатационной носки увеличился на 1,6% относительно контрольных образцов за счет наличия в нем полиэфирных волокон и трех видов пропиток: маслородоотталкивающей, малоусадочной и инновационной отделки с двойным спектром действия (StopOil), что дает устойчивость защитных свойств к многократным стиркам и химчисткам. В других образцах текстильных материалов для специальной одежды: Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4) разрывная нагрузка после эксплуатационной носки уменьшилась в контрольных образцах от 16,05 до 57,29%, в наноструктурированных образцах от 7,05 до 33,4%.

ВЫВОДЫ

1. Наноструктурированные ткани для спецодежды из хлопчатобумажной пряжи и с вложением синтетических волокон при применении потока "холодной" плазмы пониженного давления имеют повышенную разрывную нагрузку от 7,59 до 29,05% (по

основе) и от 2,59 до 49,14% (по утку) относительно контрольных образцов, что соответствует требованиям безопасности средств индивидуальной защиты.

2. Наноструктурированные текстильные материалы Премьер Комфорт 250 (образец 1), Премьер Cotton 300 (образец 2), Премьер Комфорт 250А (образец 3), Премьер FR-350 (образец 4) обладают максимальной разрывной нагрузкой при воздействии потока "холодной" плазмы пониженного давления в режиме: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=22$ Па, времени воздействия $\tau = 2$ м/мин, мощности разряда $W_p = 4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{Ar} = 0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Фомченкова Л. Современная рабочая специальная одежда на отечественном рынке СИЗ [Электронный ресурс] //Клинический институт охраны и условий труда. – 2021. – Режим доступа: <http://kiout.ru/info/publish/25843>.
2. Хамматова Э.А., Гайнутдинов Р.Ф., Хамматова В.В., Матвеев Ю.Н., Васильева А.К. Совершенствование технологии промышленного производства конкурентоспособных материалов нового поколения. – Казань: Изд-во КНИТУ, 2017.
3. Жерносек С.В., Ольшанский В.И. Модификация структуры композиционных текстильных материалов в условиях воздействия СВЧ-излучения // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 6. С. 41...43.
4. Таипулатов С.ЛЛ., Кадиоров Т.Д., Расулова М.К., Абенова И.Р., Талгатбекова А.Ж. Исследование показателей качества хлопчатобумажной ткани, обработанной технологическим раствором для изготовления специальной одежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2019, № 5. С. 139...142.
5. ГОСТ Р ЕН 340-210 (ЕН 340:2003). "Система стандартов безопасности труда. Одежда специальная защитная. Общие технические требования". – М.: Стандартинформ, 2011.
6. 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.

REFERENCES

1. Fomchenkova L. Sovremennaya rabochaya spetsial'naya odezhda na otechestvennom rynke SIZ

[Elektronnyy resurs] //Klinskiy institut okhrany i usloviy truda. – 2021. – Rezhim dostupa: <http://kiout.ru/info/publish/25843>.

2. Khammatova E.A., Gaynutdinov R.F., Khammatova V.V., Matveev Yu.N., Vasil'eva A.K. Sovershenstvovanie tekhnologii promyshlennogo proizvodstva konkurentosposobnykh materialov novogo pokoleniya. – Kazan': Izd-vo KNITU, 2017.

3. Zhernosek S.V., Ol'shanskiy V.I. Modifikatsiya struktury kompozitsionnykh tekstil'nykh materialov v usloviyakh vozdeystviya SVCh-izlucheniya // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, № 6. S. 41...43.

4. Tashpulatov S.Sh., Kadirov T.D., Rasulova M.K., Abenova I.R., Talgatbekova A.Zh. Issledovanie pokazateley kachestva khlopchatobumazhnoy tkani, obrabotannoy tekhnologicheskim rastvorom dlya

izgotovleniya spetsial'noy odezhdy // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2019, № 5. S. 139...142.

5. GOST R EN 340-210 (EN 340:2003). "Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda spetsial'naya zashchitnaya. Obshchie tekhnicheskie trebovaniya". – M.: Standartinform, 2011.

6. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Materialy tekstil'nye. Tkani i shtuchnye izdeliya. Metody opredeleniya razryvnykh kharakteristik pri rastyazhenii (s Izmeneniyami № 1, 2, 3). – Vvedeno 01.01.1973, pereutv. 01.01.1982 g., 01.09.1990 g., 01.06.1992 g. (IUS 4-82, 12-90, 9-92). – M.: Izd-vo standartov. – 1973.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 25.10.21.