

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2023_4_116

**ИССЛЕДОВАНИЕ ОБРАЗЦОВ НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ
ТКАНЕЙ ПРИ ОПЫТНОЙ НОСКЕ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ
ПО ПОКАЗАТЕЛЮ РАЗРЫВНОЙ НАГРУЗКИ***

**THE STUDY OF SAMPLES OF NANOSTRUCTURED FABRICS
WITH EXPERIMENTAL WEAR OF SPECIAL CLOTHING
BY BREAKING LOAD INDICATOR***

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 качества специальной одежды из текстильных материалов плазменной обработки. Цель работы заключалась в сравнении результатов экспериментальных исследований показателей качества спецодежды из многофункциональных текстильных материалов (МТМ) после опытных носок и стирок, а также в выявлении закономерностей, позволяющих оценить полученные механические показатели качества контрольных и наноструктурированных образцов для проверки их соответствия требованиям технического регламента. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование разрывной нагрузки проводили на контрольных и наноструктурированных образцах с использованием разрывной машины МТ110-5. Наноструктурирование

*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.

тканей специальной одежды осуществляли потоком «холодной» плазмы пониженного давления на полупромышленной плазменной установке периодического действия «WATT 4000 ПТ ПЛАЗМА 3», которая используется в Центре коллективного пользования «Наноматериалы и нанотехнологии» КНИТУ. При этом МТМ максимально достигли показателей разрывной нагрузки при оптимальных параметрах воздействия потока «холодной» плазмы пониженного давления. Установлено, что в спецодежде из наноструктурированных МТМ «Премьер Cotton 300» с содержанием 100% хлопка после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4%, в спецодежде из МТМ «Премьер Комфорт-250» (состав хл. 80% и п/э 20%) разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в МТМ «Cotton Rich 180» (состав хл. 60% и п/э 40%) разрывная нагрузка снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4% относительно образцов спецодежды до эксплуатации.

The issues related to solving the problems of improving the quality of special clothing made of textile materials of plasma treatment. The purpose of the work was to compare the results of experimental studies of workwear quality indicators made of multifunctional textile materials (MTM) after experimental wearings and washings, as well as patterns that allow us to evaluate the obtained mechanical quality indicators of control and nanostructured samples to verify their compliance with the requirements of technical regulation. The objects of study were textile materials containing cotton fibers and polyester fibers. The study of the bursting load out of control and nanostructured samples using the MT110-5 bursting machine was carried. Nanostructuring of special clothing fabrics 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" KNIU. At the same time, the MTM reached the maximum breaking load indicators with optimal parameters of the effect of low pressure "cold" plasma flow. It was found that in workwear made of nanostructured MTM "Premier Cotton 300" with 100% cotton content, after 24 months of experimental wearings and 96 washings, the relative breaking load decreased by 21.0% on the basis and by 33.4% on the weft, in workwear made of MTM "Premier Comfort-250" (composition xl. 80% and p/e 20%), the breaking load decreased on the basis by 30.5% and on the weft by 37.5%, and in the MTM "Cotton Rich 180" (composition of 60% and p/e 40%), the breaking load decreased on the basis by 28% and on the weft by 36.4% relative to samples of workwear before operation.

Ключевые слова: текстильный материал, качество, механические показатели, прочность, разрывная нагрузка, многофункциональный материал, холодная плазма, наноструктурирование, специальная одежда.

Keywords: textile material, quality, mechanical properties, strength, breaking load, multifunctional material, cold plasma, nanostructuring, special clothing.

Качество спецодежды зависит от нескольких факторов, таких, как выбранный материал, технология изготовления, дизайн и соответствие требованиям безопасности и

защиты здоровья. Материалы для спецодежды должны быть прочными, устойчивыми к износу, термостойкими, водонепроницаемыми или гидрофобными (защита от

дождя), огнестойкими, антистатическими и дышащими. Важно, чтобы спецодежда соответствовала необходимым стандартам и нормам, таким, как ГОСТ, DIN, EN и т. д., и была сертифицирована соответствующими организациями. Качественная спецодежда защищает работника от возможных опасностей и рисков, увеличивает его безопасность, повышает производительность труда и улучшает общее состояние рабочей среды [1].

Разрывная нагрузка спецодежды – это максимальная сила, которую может выдержать ткань, используемая при эксплуатации в производственных условиях, определяется в соответствии с ГОСТ 3813-72 [2].

Параметр разрывной нагрузки является важным при выборе и использовании спецодежды в производственных условиях, так как от него зависит ее прочность и устойчивость к повреждениям при работе в условиях повышенной нагрузки и риска травм. Чем выше значение разрывной нагрузки, тем более прочной и надежной является спецодежда.

Показатель разрывной нагрузки очень важен при прогнозировании работоспособности тканей для спецодежды. Чем выше этот показатель, тем более прочный материал. Данный показатель указывает, насколько высокой может быть нагрузка на материал до того момента, когда он начнет разрываться. При производстве специальной одежды, такой, как рабочие костюмы или защитная одежда, материалы должны быть достаточно прочными, чтобы выдержать нагрузку, вызванную физическими работами и воздействием окружающей среды.

Показатель разрывной нагрузки не является единственным фактором, который нужно учитывать при выборе материала для спецодежды. Другие свойства, такие, как износостойкость, водонепроницаемость, воздухопроницаемость и т. д., также могут иметь значение в конкретных условиях эксплуатации. Малейшее нарушение целостности пропитанного материала, находящегося в напряженном состоянии, за счет прокола, разреза или иного поврежде-

ния может привести к разрушению прочности тканей для спецодежды [3...6].

В данной работе приведены результаты оценки качества спецодежды из многофункциональных текстильных материалов (МТМ), полученных после наноструктурирования потоком «холодной» плазмы пониженного давления с использованием уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3» при мощности разряда $W_p=4,0$ кВт, расходе плазмообразующего газа $G=0,04$ г/с, давлении в вакуумной камере $P_k=20$ Па и времени обработки $\tau=2$ м/мин.

Метод основан на подготовке опытной партии спецодежды, изготовленной с применением новых наноструктурированных материалов, передаче их в опытную носку, периодических осмотрах после определенного периода эксплуатации (через 1, 6, 12, 18 и 24 месяца), во время которых отдельные образцы изымались с целью оценки их показателей качества с регистрацией появляющихся дефектов, отзывов носчика об их свойствах.

Приводились сравнительные результаты анализа экспериментальных исследований показателей качества МТМ после опытных носок и стирок, а также закономерности, позволяющие оценить полученные потребительские показатели качества МТМ для проверки их соответствия требованиям технического регламента Таможенного союза ТР ТС 017/2011 «О безопасности продукции легкой промышленности» № 876 от 09.12.2011 г.

Общее количество экспериментальных образцов, участвующих в опытной носке, – 200 единиц спецодежды для работников различных отраслей промышленности (строительного, химического, нефтехимического и оборонно-промышленного комплекса).

Опытная носка проводилась в производственных условиях, так как она дает достоверные результаты, является длительной и дорогостоящей, обеспечивает получение сопоставимых и достаточно надежных ре-

зультатов исследования влияния потока «холодной» плазмы пониженного давления на прочность текстильных материалов для спецодежды.

Определение разрывной нагрузки контрольных и наноструктурированных опытных образцов текстильных материалов проводилось на разрывной машине МТ110-5, где элементарные пробы ткани по длине и ширине закрепляли в верхнем и нижнем зажимах машины и испытывали согласно ГОСТ 3813-72 [2, 7].

Ткань для спецодежды считается стойкой к разрывной нагрузке, если изменяется ее структура и увеличивается плотность материалов. Испытания различных тканей на прочность свидетельствуют о том, что структура материалов оказывает существенное влияние на показатели разрывной нагрузки.

В качестве объектов исследования выбрана спецодежда из текстильных материалов, характеристики которых представлены в табл. 1.

Таблица 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Отделка
			хлопок	полиэстер			
1	«Премьер Cotton 300»	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО
2	«Премьер Комфорт-250»	18422X	80	20 (ангистатическая нить)	255	Саржевое 3/1	Stop Oil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО)
3	«Cotton Rich 180»	18444	60	40	180	Саржевое 2/1	Bio Repellent (водоотталкивающая антимоскитная)

Исследования разрывной нагрузки текстильных материалов проводили на пяти опытных образцах спецодежды до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов. Результаты исследований разрывной нагрузки (ΔP_n , %)

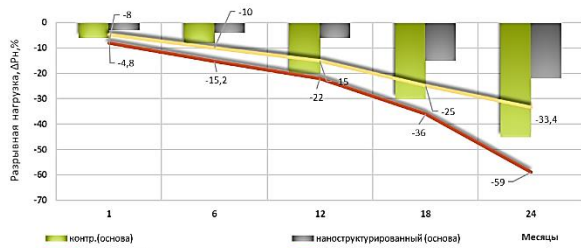


Рис. 1

текстильных материалов «Премьер Cotton 300», «Премьер Комфорт-250» и «Cotton Rich 180» после опытных носок и стирок относительно контрольных образцов представлены на рис. 1-3.

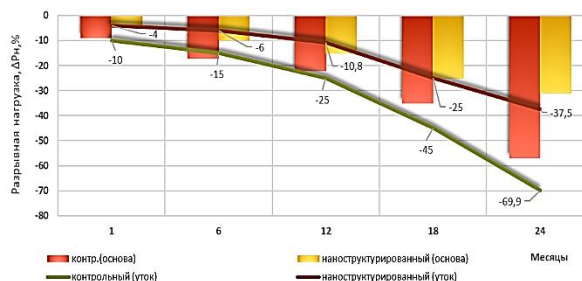


Рис. 2

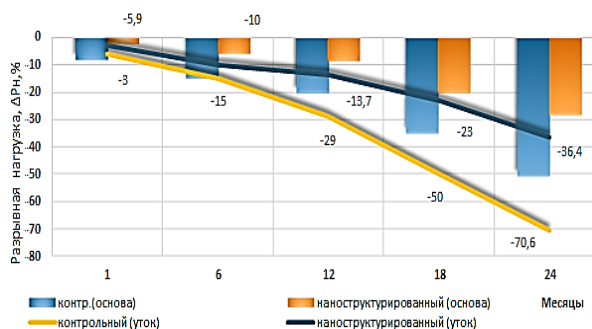


Рис. 3

Результаты исследований экспериментальных образцов спецодежды показали, что относительная разрывная нагрузка зависит от природы волокон, вида образцов входного контроля и продолжительности опытных носок и стирок МТМ. Отмечено, что разрывная нагрузка после опытных носок (24 месяца) и 96 стирок уменьшилась в среднем по основе от 21% до 30,5%, а по утку от 33,4% до 37,5% относительно образцов спецодежды до эксплуатации.

Как видно из рис. 1-3, наноструктурированные образцы спецодежды после плазменной обработки обладают большей прочностью в отличие от контрольных образцов спецодежды, по-видимому, за счет волокнистого состава, уплотнения и упорядочения структуры волокон.

В спецодежде из наноструктурированных МТМ «Премьер Cotton 300» с содержанием 100% хлопка после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4%, в спецодежде из МТМ «Премьер Комфорт-250» (состав хл. 80% и п/э 20%) ΔP_n уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в МТМ «Cotton Rich 180» (состав хл. 60% и п/э 40%) ΔP_n снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4%.

Испытания различных изделий спецодежды из МТМ на прочность свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на показатели разрывной нагрузки. Показатели разрывной нагрузки во многом зависят от коэффициента уплотненности ткани. Чем меньше коэффициент, тем выше разрывная нагрузка. Уменьшение разрывной нагрузки наноструктурированных МТМ как по основе, так и по утку может быть обусловлено увеличением степени кристалличности и снижением подвижности цепей макромолекул за счет уплотнения структуры разрываемой системы нитей, а также применением гладких нитей полиэстер в направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В процессе опытных носок и стирок спецодежда подвергалась многократно повторяющимся растяжениям и изгибам, которые несмотря на их незначительную величину приводили к расшатыванию структуры ткани, то есть к явлению усталости (нарушению структуры волокон, появлению микротрещин, нарушению связей между фибриллами) при многократных деформациях. Однако изнашивается спецодежда преимущественно от истирания поверхности тканей, особенно на локтях, коленях, по шаговым швам, внизу брюк, по краям карманов и низу рукавов. В результате неравномерного износа поверхности

тканей, большая часть которой находится в хорошем состоянии, изделия приходят в негодность.

ВЫВОДЫ

Таким образом, по результатам экспериментального исследования разрывной нагрузки спецодежды из многофункциональных текстильных материалов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет получить уплотненные образцы.

Установлено, что в наноструктурированных образцах спецодежды после плазменной обработки разрывная нагрузка больше в отличие от контрольных образцов МТМ по основе на 30,5% и по утку на 37,5%.

Определено, что после 24 месяцев опытных носок и 96 стирок относительная разрывная нагрузка уменьшилась по основе на 21,0% и по утку на 33,4% в «Премьер Cotton 300», в МТМ «Премьер Комфорт-250» уменьшилась по основе на 30,5% и по утку на 37,5%, а в «Cotton Rich 180» снизилась по основе на 28% и по утку на 36,4%.

Выбрана спецодежда из МТМ, наноструктурированных в потоке «холодной» плазмы пониженного давления при рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20$ Па, времени воздействия $\tau=2$ м/мин, мощности разряда $W_p=4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{возд}=0,04$ г/с.

ЛИТЕРАТУРА

1. Механические свойства тканей [Электронный ресурс] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheckie-svoystva-tkaney-ponyatiya-predela-prochnosti-tkaney-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (дата обращения: 17.02.23).

2. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями N 1, 2, 3). Введ. 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. 6 с.

3. Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф. Наноструктурирование полульняной парусиновой ткани для повышения качества спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 5(401). С. 71...77.

4. *Хамматова В.В., Гайнутдинов Р.Ф.* Повышение качества суконной ткани для спецодежды после наноструктурирования плазмой // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 4(400). С. 69...76.

5. *Шустов Ю.С., Костомаров С.А., Валуев В.С.* Исследование разрывных характеристик тканей специального назначения после воздействия кислоты и щелочи // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности «Инновации – 2015»: сб-к матер. Ч. 2. М., 2015. С. 137...144.

6. *Додонкин Ю.В., Кирюхин С.М.* Ассортимент, свойства и оценка качества тканей. М.: Легкая индустрия, 1979. 192 с.

7. *Зиновьев В.П., Рубцов В.И., Шустов Ю.С., Тимошенко А.Н., Оленина И.В.* Влияние зажимной длины образца на результаты прочностных показателей хлопчатобумажных тканей // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 86...91.

REFERENCES

1. Mechanical properties of fabrics [Electronic resource] <https://infourok.ru/teoriya-mehanicheskie-svoystva-tkanej-ponyatiya-predela-prochnosti-tkanej-pri-razdiranii-i-prodavlivanii-factory-vliyayushie-na-4329705.html> (accessed: 17.02.23)

2. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82) Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics (with amendments N 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). М.: Publishing house of standards, 1973. 6 p.

3. *Khammatova V.V., Gainutdinov R.F.* Nanostructuring of semi-linen canvas fabric to improve the quality of workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 5(401). P. 71...77.

4. *Khammatova V.V., Gainutdinov R.F.* Nanostructuring of semi-linen canvas fabric to improve the quality of workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 4(400). P. 69...76.

5. *Shustov, Yu.S.* Investigation of discontinuous characteristics of special purpose tissues after exposure to acid and alkali /Yu.S. Shustov, S.A. Kostomarov, V.S. Valuev // Collection of materials "Design, technologies and innovations in textile and light industry "Innovations – 2015", part 2. Moscow, 2015. Pp. 137...144.

6. *Dodonkin Yu.V., Kiryukhin S.M.* Assortment, properties and quality assessment of fabrics. М.: Light Industry, 1979. 192 p.

7. *Zinoyev V.P., Rubtsov V.I., Shustov YU.S., Timoshenko A.N., Olenina I.V.* Effect of clamping length of sample on the results of cotton fabrics strength indices // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2022. 3(399). P. 86...91.

Рекомендована кафедрой дизайна ФГБОУ ВО «КНИТУ». Поступила 09.06.23.