

УДК 677.017

DOI 10.47367/0021-3497_2022_4_69

ПОВЫШЕНИЕ КАЧЕСТВА СУКОННОЙ ТКАНИ ДЛЯ СПЕЦОДЕЖДЫ ПОСЛЕ НАНОСТРУКТУРИРОВАНИЯ ПЛАЗМОЙ*

IMPROVING THE QUALITY OF CLOTH FABRIC FOR WORKWEAR AFTER PLASMA NANOSTRUCTURING

Р.Ф. ГАЙНУТДИНОВ, В.В. ХАММАТОВА

R.F. GAINUTDINOV, V.V. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: gainutdin_ruslan@mail.ru ; venerabb@mail.ru

В статье представлены результаты научного исследования, ориентированного на решение проблем повышения качества суконных материалов для специальной одежды. Основными показателями, характеризующими качество тканей для специальной одежды, являются характеристики механических свойств. Цель работы заключалась в разработке способов получения наноструктурированных суконных материалов для специальной одежды, которые позволяют повысить прочность, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию опытных образцов.

Объектами исследования выбраны ткани для спецодежды из шерстяных волокон и с вложением синтетических полиэфирных волокон. Для экспериментальных исследований контрольных и наноструктурированных образцов использовали разрывную машину МТ110-5, а также прибор типа МТ191. Наноструктурирование тканей для спецодежды, проведенное электрофизическим методом модификации с применением обработки потоком неравновесной низкотемпературной плазмы пониженного давления, позволяет по-

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

высить разрывную нагрузку, относительное разрывное удлинение, стойкость к истиранию опытных образцов за счет использования уникальной полупромышленной плазменной установки периодического действия "WATT 4000 ПТ ПЛАЗМА 3", установленной в Центре коллективного пользования "Наноматериалы и нанотехнологии" КНИТУ.

Полученные наноструктурированные суконные ткани для специальной одежды способны повышать разрывную нагрузку от 129 до 160% (по основе) и от 66,6 до 106,6% (по утку); относительное разрывное удлинение от 2,7% до 3,2% и стойкость к истиранию от 6,9 до 46,6% относительно контрольных образцов. При этом суконные материалы Сукно шинельное 2С-400 (образец 1) максимально достигают механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20-24$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p = 4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{возд} = 0,04$ г/с, а в ткани Сукно шинельное 2С-40П (образец 2) при рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=25-27$ Па, мощности разряда $W_p = 3,5$ кВт, расход плазмообразующего газа, воздух, и время воздействия остаются такими же, как и в образце 1.

The article presents the results of a scientific study focused on solving the problems of improving the quality of cloth materials for special clothing. The main indicators characterizing the quality of fabrics for special clothing are the characteristics of mechanical properties. The aim of the work was to develop methods for obtaining nanostructured cloth materials for special clothing, which can increase the strength, relative tensile elongation and abrasion resistance of prototypes.

The objects of the study were selected fabrics for workwear made of wool fibers and polyester with the attachment of synthetic fibers. For experimental studies of control and nanostructured samples, an MT110-5 bursting machine and an MT191-type device were used. Nanostructuring of fabrics for workwear, carried out by the electrophysical modification method using a low-pressure nonequilibrium low-temperature plasma flow treatment, allows to increase the breaking load, relative tensile elongation, abrasion resistance of prototypes due to the use of a unique semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3", installed in the Center for Collective Use "Nanomaterials and Nanotechnology" KNIU.

The resulting nanostructured cloth fabrics for special clothing are capable of increasing the breaking load from 129% to 160% (on the basis) and from 66,6% to 106,6% (on the weft); the relative tensile elongation from 2,7% to 3,2% and abrasion resistance from 6,9% to 46,6% relative to control samples. At the same time, the cloth materials "Cloth overcoat 2С-400" (sample 1), achieve the maximum mechanical performance with the following parameters of the impact of the low-pressure flow of NNTP: operating pressure in the vacuum chamber $P_k = 20-24$ Pa, exposure time $\tau = 1$ m/min, discharge power $W_p = 4,0$ kW and plasma gas flow rate $G_{возд} = 0,04$ g/s, and in the fabric "Cloth overcoat 2С-40П" (sample 2) at an operating pressure in the vacuum chamber $P_k = 25-27$ Pa, discharge power $W_p = 3,5$ kW, the flow rate of the plasma-forming gas air and the exposure time remain the same as in sample 1.

Ключевые слова: сукно, неравновесная низкотемпературная плазма, механические свойства, разрывная нагрузка, наноструктурирование, ткани для специальной одежды, пропитки.

Keywords: cloth, nonequilibrium low-temperature plasma, mechanical properties, breaking load, nanostructuring, fabrics for special clothing, impregnation.

Повышение качества суконных материалов для одежды специального назначения является сложной задачей, решение которой требует применения нанотехнологий, которые связаны с воздействием потока неравновесной низкотемпературной плазмы (ННТП) пониженного давления для улучшения их механических свойств, поскольку грубая толстая шерстяная ткань серого цвета используется для пошива плотной спецодежды (костюмы для сварщиков, сталеваров, металлургов, специалистов химической промышленности), которая подвергается в процессе ее эксплуатации воздействию кислотной и щелочной среды, а также каплям раскаленного металла. Поэтому качественная специальная одежда должна полностью выдерживать нагрузки деформации, материал не должен гореть под воздействием высоких температур, обладать повышенной износостойкостью и защитой от внешних воздействий.

На основе анализа литературы установлено, что механические характеристики любой специальной одежды в основном зависят от используемых материалов. Шерстяные материалы для специальной одежды полотняного переплетения должны отличаться хорошими показателями прочности и растяжимости, теплоемкости, то есть быть практичными при эксплуатации. Для производства суконного материала используется овечья шерсть. Ее волокна настолько сбиты между собой, что совершенно отсутствуют любые просветы между ними. Внешне ткань напоминает войлок, который применяется при изготовлении зимней специальной одежды, где необхо-

димо использовать ткани с соответствующими повышенными механическими характеристиками [1].

Сильно уваленная ткань шерсти, имеющая войлокообразный застил, не всегда может обеспечить необходимые эксплуатационные свойства специальной одежды, поэтому для производства таких шерстяных полотен используются различные механические, химические и физические методы модификации [2...5].

Одним из основных направлений повышения качества одежды специального назначения является повышение ее прочности, относительного разрывного удлинения и износостойкости, так как увеличение срока службы специальной одежды равносильно увеличению ее выпуска без привлечения дополнительных материальных и трудовых ресурсов. В связи с изложенным исследование механических свойств суконных тканей для специальной одежды является актуальным и представляет научный и практический интерес.

В данной работе приведены результаты исследования влияния потока ННТП пониженного давления на механические свойства текстильных материалов для специальной одежды, которые изготавливались из контрольных и наноструктурированных образцов с содержанием шерстяных волокон.

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

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Вес, г/м ²	Переплетение	Пропитка
			шерсть	полиэфир			
1	Сукно шинельное 2С-400 (образец 1)	6425	87	13	760	Полотняное	Огнестойкая
2	Сукно шинельное 2С-40П (образец 2)	6425	87	13	760	Полотняное	Масловодоотталкивающая (МВО)

Обработка опытных образцов суконных тканей осуществлялась на уникальной по-

лупромышленной плазменной установке периодического действия "ВАТТ 4000 ПТ

ПЛАЗМА 3", где проводилось наноструктурирование материалов с использованием вакуумной камеры, между двумя ВЧ электродами. В камере создавалось пониженное давление и происходила обработка в потоке ННТП, не превышающая температуру 60...80 градусов в сети переменного тока напряжением 380/220 В ± 5%, частотой 50 Гц. В качестве плазмообразующего газа использовали воздух [5].

Варьирование входных параметров плазменной установки, к которым относятся: мощность разряда (W_p) осуществлялось 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.

Наноструктурирование опытных образцов суконных материалов проводилось на образцах артикул 6425: Сукно шинельное 2С-400 (образец 1) и Сукно шинельное 2С-40П (образец 2).

После плазменного наноструктурирования суконных материалов для специальной одежды проводились последующие отделочные операции технологического процесса, в том числе крашение, пропитка, для придания тканям определенных МВО и огнестойких свойств (табл.1). Для этого образцы пропитывали различным химическим составом, в зависимости от их функционального назначения: маслородоотталкивающей (МВО) и огнестойкой пропиткой, поскольку полученные опытные образцы текстильных материалов для одежды специального назначения, прежде всего, должны соответствовать требованиям безопасности труда ГОСТ Р ЕН 340-210 (ЕН 340:2003).

Сведения о безопасности опытных образцов спецодежды из разрабатываемых материалов подлежали проверке. Для этого осуществлялась оценка их качественных характеристик после наноструктурирования в потоке ННТП пониженного давления, в процессе которой определялся уровень сохранения механических свойств опытных образцов одежды специального назначения из разрабатываемых материалов.

Одним из основных показателей, определяющих механические свойства наноструктурированных суконных тканей для специальной одежды с содержанием шерстяных волокон, являлись разрывная нагрузка, относительное разрывное удлинение и стойкость к истиранию. Определение разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения контрольных и наноструктурированных опытных образцов суконных тканей проводилось при одноосном растяжении материалов, согласно ГОСТ 3813-72 [6].

Проведено исследование разрывной нагрузки и относительного разрывного удлинения наноструктурированных суконных тканей для специальной одежды после воздействия потока ННТП пониженного давления. Результаты исследований представлены на рис. 1 и 2.

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

На рис. 1 (изменение разрывной нагрузки в опытных образцах текстильных материалов из сукна шинельного с огнезащитной пропиткой 2С-400 (образец 1) для специальной одежды (1 – по основе; 2 – по утку)) и рис. 2 (изменение разрывной нагрузки в опытных образцах текстильных материалов из сукна шинельного с нефтемаслородоотталкивающей пропиткой 2С-40П (образец 2) для специальной одежды (1 – по основе; 2 – по утку)) представлены диаграммы изменения разрывной нагрузки (по основе и утку), изготовленных контрольных и наноструктурированных образцов суконных тканей для спецодежды из разрабатываемых материалов Сукно шинельное 2С-400 (образец 1) и Сукно шинельное 2С-40П (образец 2). Параметры наноструктурирования: $P_k=20...29$ Па; $W_p = + 3,5...4,0$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с.

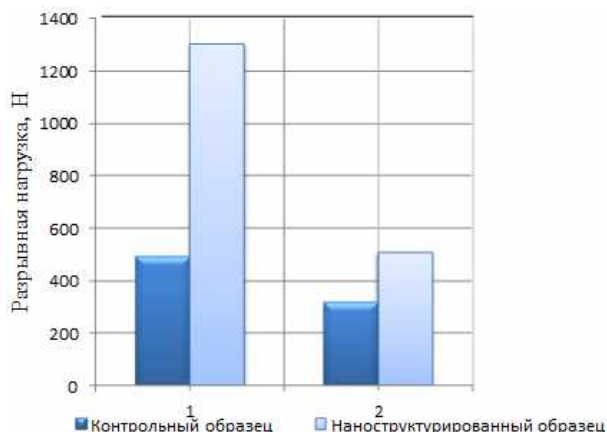


Рис. 1

Как видно из рис. 1, в опытных образцах суконной ткани для спецодежды из наноструктурированных материалов Сукно шинельное с огнезащитной пропиткой 2С-400 (образец 1), разрывная нагрузка по основе увеличилась на 160 %, а по утку повысилась на 66,6% относительно контрольных образцов.

Исследования текстильных материалов для специальной одежды "Сукно шинельное" с МВО пропиткой 2С-40П" (образец 2) показали, что разрывная нагрузка наноструктурированных образцов увеличилась соответственно на 129 и 106,6% относительно контрольных образцов (рис. 2).

Если проанализируем результаты исследований образцов суконных тканей для специальной одежды по относительному разрывному удлинению образцов 1 и 2 (рис. 3 – изменение относительного разрывного удлинения в опытных образцах текстильных материалов (1 – контрольный

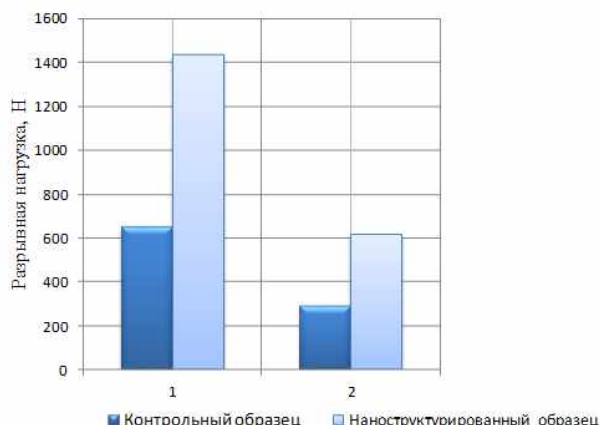
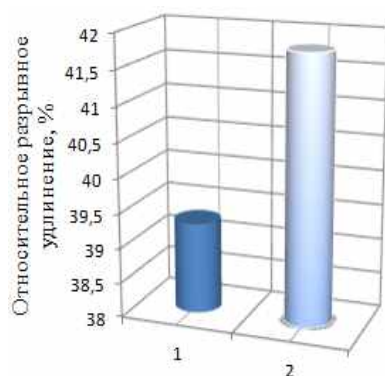


Рис. 2

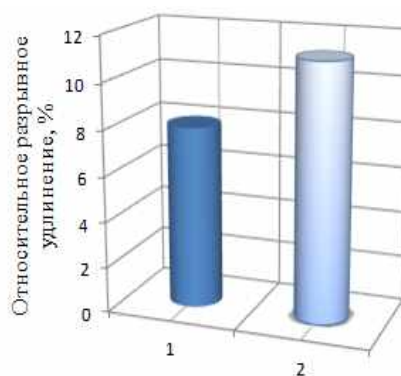
образец; 2 – наноструктурированный образец)), в результате этого получим их увеличение в наноструктурированных образцах, соответственно на 2,7 и 3,2% относительно контрольных образцов без плазменной обработки.

Стойкость тканей к истиранию зависит от вида волокон и силы закрепления их в структуре материала. Наибольшей стойкостью к истиранию обладают ткани, которые состоят из волокон, имеющих высокую стойкость к многократным деформациям растяжения, изгиба, кручения и смятия, например, натуральные волокна шерсти и как правило, смешанные ткани с содержанием синтетических нитей (полиэфир).

Величина стойкости к истиранию на изгибах и поверхности измерялась в соответствии с помощью прибора типа МТ191 на контрольном образце и образце наноструктурированном в потоке ННТП пониженного давления [7].



Сукно шинельное с огнезащитной пропиткой 2С-400 (образец 1)



Сукно шинельное с НМВО пропиткой 2С-40П (образец 2)

Рис. 3

На основе проведенных исследований установлено, что после наноструктурирования ННТП стойкость к истиранию опытных образцов 1 и 2 увеличивается. Резуль-

таты исследований образцов суконных материалов от параметров наноструктурирования ННТП представлены соответственно в табл. 2 и 3.

Т а б л и ц а 1

Мощность разряда W_p , кВт	Стойкость к истиранию, циклы при давлении в вакуумной камере P_k , Па			
	$P_k = 16$	$P_k = 20$	$P_k = 24$	$P_k = 28$
2,0	17 200	24 400	25 900	18 200
2,5	18 400	26 200	26 800	19 400
3,0	18 800	27 800	27 200	20 800
3,5	19 600	28 400	28 200	22 600
4,0	18 900	29 000	29 000	26 900
4,5	18 200	27 900	27 800	24 200
Контрольный образец	25 000			

Т а б л и ц а 2

Мощность разряда W_p , кВт	Стойкость к истиранию, циклы при давлении в вакуумной камере P_k , Па			
	$P_k = 23$	$P_k = 25$	$P_k = 27$	$P_k = 29$
2,0	27 200	24 800	25 400	26 400
2,5	28 400	26 400	26 700	27 300
3,0	28 800	27 900	27 600	28 300
3,5	29 300	31 000	31 000	29 400
4,0	28 900	29 400	29 200	28 200
4,5	28 200	28 500	28 600	25 500
Контрольный образец	27 000			

На основе полученных результатов исследований опытных образцов и анализа табл. 2 и 3 установлено, что стойкость к истиранию образцов текстильного материала Сукно шинельное крашенное серое 2С-400 с огнезащитной отделкой максимально увеличивается в определенном режиме наноструктурирования ткани: $P_k=20...24$ Па, $W_p=4,0$ кВт, $\tau=1$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с, а Сукно шинельное крашенное серое 2С-40П с МВО отделкой при: $P_k=25...27$ Па; $W_p=3,5$ кВт; $\tau=1$ м/мин; $G_{возд}=0,04$ г/с. Стойкость к истиранию опытных образцов тканей с отделкой 2С-400 составляет 29 000 циклов, а с отделкой 2С-40П равно 31 000 циклов, при этом в контрольных образцах соответственно 25000 циклов и 27000 циклов, что превышает требования ГОСТ не менее 600 циклов. Стойкость к истиранию после воздействия потока ННТП пониженного давления увеличивается относительно контрольных образцов в суконной ткани 2С-400 на 16%, а в ткани 2С-40П на 14,8 %.

Таким образом, в суконных материалах для специальной одежды 2С-400 и 2С-40П механические свойства в наноструктурированных опытных образцах увеличиваются за счет наличия в составе тканей полиэфирного волокна (13%), а также уплотнения элементарных волокон и использования гидрофобной МВО и огнестойкой пропиток.

В Ы В О Д Ы

Таким образом, полученные опытные образцы суконных материалов для спец-одежды, прежде всего, соответствуют требованиям безопасности средств индивидуальной защиты, обладают повышенной износостойкостью и защитой от внешних воздействий. Полученные суконные ткани для специальной одежды на основе применения метода наноструктурирования потоком ННТП пониженного давления способны повышать разрывную нагрузку в зависимости от вида применяемых материалов от

129 до 160% (по основе) и от 66,6 до 106,6% (по утку); относительное разрывное удлинение от 2,7 до 3,2% и стойкость к истиранию от 6,9 до 46,6% относительно контрольных образцов.

При этом материал Сукно шинельное 2С-400 (образец 1) максимально достигает механических показателей при следующих параметрах воздействия потока ННТП пониженного давления: рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=20...24$ Па, времени воздействия $\tau=1$ м/мин, мощности разряда $W_p = 4,0$ кВт и расходе плазмообразующего газа $G_{\text{возд}} = 0,04$ г/с, а в ткани Сукно шинельное 2С-40П (образец 2) при рабочем давлении в вакуумной камере $P_k=25...27$ Па, мощности разряда $W_p = 3,5$ кВт, а расход плазмообразующего газа и время воздействия остаются такими же, как и в образце 1.

ЛИТЕРАТУРА

1. Хамматова Е.А. Повышение эксплуатационных свойств готовых изделий одежды специального назначения на основе применения модифицированных текстильных материалов // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2020, № 5. С.74...79.

2. 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.

3. Спиридонова В.Г., Циркина О.Г. Анализ методов оценки огнезащитных свойств текстильных // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. – 2021, №4. С. 75...81.

4. Особенности сукна, его свойства и основные правила ухода за тканью [Электронный ресурс] // Энциклопедия ткани. 2022. Режим доступа: <https://otkani.pro/tkani/sukno/>

5. Пат. 2490377 Российская Федерация, МПК⁷ L) 01 С 3/00, D 06 М 13/144. Способ обработки шерстяного волокна. К.Э.Разумеев, А.Д.Петровский, Т.Н. Кудрявцева; заявитель и патентообладатель Минпромторг РФ. № 2011112643/12; заявл. 04.04.2011; опубл. 20.08.2013. - Бюл. № 28.

6. Ясинская Н.Н., Соколов Л.Е. Биотехнологический способ отделки суконных тканей // Вестник Витебского государственного технологического университета. – 2013, №24. С. 122.

7. Соколов Л.Е., Ясинская Н.Н. Умягчающая отделка суконных тканей // Современные технологии и оборудование текстильной промышленности: сб. тезисов Международной научно-технической конференции (Текстиль-2012). – М., 2012.

8. Слепнева Е.В., Хамматова В. В. Исследование повышение прочности шерстяного волокна в результате обработки потоком плазмы ВЧЕ-разряда пониженного давления // Текстильная промышленность. – 2010, №4. С.54...57.

9. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и шпунтовые изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении (с Изменениями N 1, 2, 3). - Введено 01.01.1973, переутв. 01.01.1982, 01.09.1990, 01.06.1992. (ИУС 4-82, 12-90, 9-92). – М.: Изд-во стандартов, 1973.

10. ГОСТ 9913-90 (СТ СЭВ 5784-86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. – М.: Изд-во стандартов, 1990.

REFERENCES

1. Khammatova E.A. Improving the performance properties of finished products of special purpose clothing based on the use of modified textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2020, №5. P. 74 ... 79.

2. 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.

3. Spiridonova V.G., Tsirkina O.G. Evaluating method analysis of fire-resistant properties of textile materials // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. – 2021, №4. P. 75 ... 81.

4. Features of cloth, its properties and basic rules of fabric care [Electronic resource] // Encyclopedia of fabric. – 2022. Access mode: <https://otkani.pro/tkani/sukno/>

5. Pat. 2490377 Russian Federation, IPC7 D 01 With 3/00, D 06 M 13/144. The method of processing wool fiber / K.E. Razumaev, A.D.Petrovsky, T.N.Kudryavtseva; applicant and patent holder of the Ministry of Industry and Trade of the Russian Federation. – №2011112643/12; application 04.04.2011; publ. 20.08.2013. Byul. 28.

6. Yasinskaya N.N., Sokolov L.E. Biotechnological method of finishing cloth fabrics // Bulletin of the Vitebsk State Technological University. – 2013, 24. P.122.

7. Sokolov L.E., Yasinskaya N.N. Softening finishing of cloth fabrics // Modern technologies and equipment of the textile industry: collection of abstracts of the International Scientific and Technical Conference (Textile-2012). – М., 2012.

8. Slepneva E.V., Khammatova V.V. Investigation of increasing the strength of wool fiber as a result of processing by a plasma stream of a liquefied pressure discharge // Textile industry. – 2010, №4. P.54...57.

9. 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). -M.: Publishing house of standards. - 1973.

10. GOST 9913-90 (ST SEV 5784-86) "Textile materials. Methods for determining abrasion resistance". - M.: Publishing House of Standards. - 1990.

Рекомендована кафедрой дизайна. Поступила 12.08.22.
