

**ОПРЕДЕЛЕНИЕ УРОВНЯ КАЧЕСТВА ОБРАЗЦОВ  
НАНОСТРУКТУРИРОВАННЫХ ТКАНЕЙ ДЛЯ СПЕЦИАЛЬНОЙ ОДЕЖДЫ  
ПО ПОКАЗАТЕЛЯМ НАДЕЖНОСТИ  
ПОСЛЕ ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНЫХ НОСОК И СТИРОК**

**DETERMINATION OF SAMPLE QUALITY LEVEL NANOSTRUCTURED FABRICS  
FOR SPECIAL CLOTHING BY RELIABILITY INDICATORS  
AFTER EXPERIMENTAL WEARING AND WASHING**

Э.А. ХАММАТОВА

E.A. KHAMMATOVA

(Казанский национальный исследовательский технологический университет)

(Kazan National Research Technological University)

E-mail: elm.kzn@mail.ru

*Цель работы заключалась в определении уровня качества образцов тканей для специальной одежды по механическим показателям надежности после экспериментальных носок и стирок, а также в сравнительной оценке надежности контрольных и наноструктурированных образцов тканей для спецодежды. Объектами исследования выбраны текстильные материалы с содержанием хлопковых волокон и волокон полиэстера. Исследование механических показателей качества (разрывной нагрузки, удлинения при разрыве, раздирающей нагрузки, стойкости к истиранию и жесткости при изгибе) проводили на контрольных и наноструктурированных образцах спецодежды с использованием соответствующих ГОСТов. Наноструктурирование тканей специальной одежды (НТС) осуществляли потоком «холодной» плазмы пониженного давления при оптимальных параметрах воздействия на полупромышленной плазменной установке периодического действия «ВАТТ 4000 ПТ ПЛАЗМА 3». Установлено, что после 12 месяцев опытных носок спецодежды и 48 стирок НТС относительные значения показателей качества тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» превышают или равны единице и по основе, и по утку, что свидетельствует о том, что оцениваемые наноструктурированные ткани спецодежды превосходят по качеству контрольные образцы, особенно по таким показателям, как стойкость к истиранию и разрывная нагрузка. Выявлено, что наноструктурирование в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет повысить качество спецодежды до 30% относительно контрольных образцов. При этом после эксплуатационной носки качество спецодежды сохраняется до 18 месяцев, затем с увеличением продолжительности опытных носок спецодежды до 24 месяцев снижается от 11 до 22% в зависимости от вида применяемых тканей.*

*The issues related to determining the quality level of samples of nanostructured fabrics for special clothing according to reliability indicators after experimental wearing and washings are considered. The aim of the work was to determine the quality level of fabric samples for special clothing based on mechanical reliability*

*indicators after experimental wearing and washings, as well as a comparative assessment of the reliability of control and nanostructured fabrics for special clothing. The objects of the study are textile materials containing cotton fibers and polyester fibers. The study of mechanical quality indicators (breaking load, elongation at break, tearing load, abrasion resistance and stiffness during wear) was carried out on control and nanostructured samples of workwear using appropriate GOST standards. Nanostructuring of special clothing fabrics (NTS) was carried out by a flow of "cold" low-pressure plasma on a semi-industrial plasma installation of periodic action "WATT 4000 PT PLASMA 3" with optimal parameters of the effect of a low-pressure plasma flow. It was found that after 12 months of experimental wearings of special clothing and 48 washings of NTS, the relative values of the quality indicators of fabrics "Premier Cotton 300", "Premier FR-350" and "Premier Com-fort-250A" exceed or equal to one, both in base and in weft, which are superior in quality control samples. A particularly large excess for properties such as abrasion resistance and breaking load is observed. It was revealed that nanostructuring in a low-pressure "cold" plasma stream allows to increase the quality of workwear up to 30% relative to control samples. At the same time, after operational wear, the quality of workwear remains up to 18 months, then with an increase in the duration of experimental workwear socks for 24 months, it decreases from 11 to 22%, depending on the type of fabrics used.*

**Ключевые слова:** качество, тканые образцы, наноструктурирование холодной плазмой, испытание, механические характеристики, специальная одежда, опытная носка и стирка.

**Keywords:** quality, woven samples, cold plasma nanostructuring, testing, mechanical characteristics, special clothing, experimental wearing and washing.

Уровень качества спецодежды зависит от многих факторов, в т. ч. от выбранных материалов, технологии ее производства, дизайна и соответствия требованиям охраны труда и техники безопасности. Материалы, используемые для изготовления спецодежды, должны иметь соответствующие показатели прочности, устойчивости к истиранию, водонепроницаемости (защита от дождя), воздухопроницаемости и антистатические свойства [1].

Под надежностью понимают способность материалов спецодежды выполнять определенную функцию при сохранении их параметров в заданных пределах в течение требуемого времени эксплуатации. Данный показатель может быть выражен в различных единицах, в том числе в единицах измеряемых показателей [2].

Считается, что надежность – это качество, которое проявляется с течением времени [3]. Она учитывает результаты исследования тканей после опытных носок и

стирок. В качестве альтернативы надежность можно оценивать по величине изменения одного или нескольких показателей при различных режимах испытания. Если при опытных носках и стирках материал доводится до разрушения, то для каждого заданного режима можно оценить вероятность такого события. Следовательно, при лабораторных испытаниях остаточных механических свойств тканей оценка надежности будет сводиться к определению реальных характеристик износа (числа циклов, значений нагрузки и т.п.), приведших к достижению тканью определенных состояний. Последнее позволяет оценивать качество исследуемых тканей после их эксплуатации, когда нагрузки и другие воздействия на материал существенно отличаются от тех, при которых ткань доводится до разрушения в лабораторных условиях.

Важно, чтобы уровень качества спецодежды соответствовал необходимым тех-

ническим условиям, так как качественная спецодежда защищает работников от возможных опасностей и рисков, повышает безопасность и производительность труда, а также улучшает общее состояние рабочей среды [1].

Целью данной работы является определение уровня качества образцов тканей для специальной одежды по показателям надежности после экспериментальных носок и стирок, а также сравнительная оценка надежности контрольных и наноструктурированных образцов тканей для спецодежды (НТС) после их эксплуатации в производственных условиях.

Уровень качества материалов спецодежды является относительной сравнительной характеристикой новых материалов и основывается на сопоставлении фактических показателей, характеризующих техническое совершенство, с базовыми (контрольными) показателями, отражающими передовые научно-технические достижения в данной области [4].

Уровни качества НТС могут быть установлены с помощью дифференциального метода. При этом методе рассчитываются относительные значения единичных показателей качества продукции. Для этого используется формула:

$$Y_i = \frac{(P_n)_i}{(P_k)_i}, \quad (1)$$

где  $Y_i$  – уровень единичных показателей качества продукции при  $i=1, 2, 3 \dots n$  ( $n$  – количество соответствующих показателей, принятых для оценки качества);  $(P_n)_i$  –

значение  $i$ -го единичного показателя наноструктурированных образцов (после опытных носок и стирок);  $(P_k)_i$  – значение  $i$ -го единичного показателя входного контрольного образца (без опытных носок и стирок).

Количественно величину итогового показателя качества, то есть уровень качества ( $Y_k$ ), можно рассчитать как определение среднего арифметического значения всех уровней учитываемых свойств ( $Y_i$ ) сопоставляемых (наноструктурированных и контрольных) образцов по формуле:

$$Y_k = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n Y_i, \quad (2)$$

где  $n$  – количество соответствующих показателей.

В данной работе приведены результаты оценки уровня качества спецодежды из материалов, полученных после наноструктурирования потоком «холодной» плазмы пониженного давления с применением 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 скорости обработки  $\tau = 2$  м/мин), а также контрольных (исходных) образцов.

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

Т а б л и ц а 1

№ образца	Наименование тканей	Артикул	Состав волокон, %		Поверхностная плотность, г/м <sup>2</sup>	Переплетение	Пропитка
			хлопок	полиэстер			
1	«Премьер Cotton 300»	10408	100	-	300	Саржевое 3/1	МВО
2	«Премьер FR-350»	10202 АМ	100	-	350	Атласное	НМВО
3	«Премьер Комфорт-250 А»	18422 а/Х-М	80	20 (антистатическая нить)	250	Саржевое 3/1	StopOil + нефтемасловодоотталкивающая (НМВО)

Используя формулу (2), находим значения итоговых показателей качества оце-

ниваемых НТС относительно контрольных образцов без обработки плазмой (табл. 2).

Т а б л и ц а 2

Наименование тканей	Направление испытания	Уровни качества образцов по механическим показателям ( $Y_i$ )					Итоговый показатель качества образцов ( $Y_k$ )	
		разрывная нагрузка ( $Y_{i1}$ )	удлинение при разрыве ( $Y_{i2}$ )	раздирающая нагрузка ( $Y_{i3}$ )	стойкость к истиранию ( $Y_{i4}$ )	жесткость при изгибе ( $Y_{i5}$ )	контрольный ( $Y_{k1}$ )	наноструктурированный ( $Y_{k2}$ )
1	2	3	4	5	6	7	8	9
Входной контроль (без опытных носок и стирок)								
«Премьер Cotton 300»	основа	<u>1,0*</u> 1,25**	<u>1,0</u> 1,20	<u>1,0</u> 1,25	<u>1,0</u> 1,83	<u>1,0</u> 0,92	1,0	1,29
	уток	<u>1,0</u> 1,23	<u>1,0</u> 1,18	<u>1,0</u> 1,23		<u>1,0</u> 0,90		
«Премьер FR-350»	основа	<u>1,0</u> 1,31	<u>1,0</u> 1,18	<u>1,0</u> 1,31	<u>1,0</u> 1,62	<u>1,0</u> 0,93	1,0	1,27
	уток	<u>1,0</u> 1,25	<u>1,0</u> 1,17	<u>1,0</u> 1,25		<u>1,0</u> 0,83		
«Премьер Комфорт-250А»	основа	<u>1,0</u> 1,31	<u>1,0</u> 1,18	<u>1,0</u> 1,31	<u>1,0</u> 1,90	<u>1,0</u> 0,80	1,0	1,30
	уток	<u>1,0</u> 1,24	<u>1,0</u> 1,17	<u>1,0</u> 1,24		<u>1,0</u> 0,77		
1 месяц опытных носок / 4 стирки								
«Премьер Cotton 300»	основа	<u>0,98</u> 1,23	<u>0,85</u> 1,13	<u>0,98</u> 1,23	<u>0,84</u> 1,74	<u>0,69</u> 0,84	0,87	1,23
	уток	<u>0,97</u> 1,20	<u>0,92</u> 1,12	<u>0,96</u> 1,20		<u>0,63</u> 0,81		
«Премьер FR-350»	основа	<u>1,02</u> 1,29	<u>0,92</u> 1,13	<u>0,97</u> 1,28	<u>0,87</u> 1,51	<u>0,86</u> 0,86	0,93	1,21
	уток	<u>0,97</u> 1,23	<u>0,95</u> 1,11	<u>0,91</u> 1,24		<u>0,83</u> 0,75		
«Премьер Комфорт-250А»	основа	<u>0,97</u> 1,27	<u>0,96</u> 1,15	<u>0,92</u> 1,25	<u>0,86</u> 1,86	<u>0,80</u> 0,60	0,90	1,22
	уток	<u>0,95</u> 1,23	<u>0,95</u> 1,12	<u>0,67</u> 1,16		<u>0,44</u> 0,55		
12 месяцев опытных носок / 48 стирок								
«Премьер Cotton 300»	основа	<u>0,91</u> 1,18	<u>0,67</u> 0,91	<u>0,79</u> 1,18	<u>0,65</u> 1,47	<u>0,15</u> 0,53	0,63	1,05
	уток	<u>0,90</u> 1,11	<u>0,67</u> 0,85	<u>0,80</u> 1,05		<u>0,11</u> 0,54		
«Премьер FR-350»	основа	<u>0,87</u> 1,24	<u>0,69</u> 1,00	<u>0,87</u> 1,24	<u>0,72</u> 1,34	<u>0,28</u> 0,57	0,68	1,08
	уток	<u>0,86</u> 1,19	<u>0,78</u> 0,98	<u>0,80</u> 1,21		<u>0,25</u> 0,42		
«Премьер Комфорт-250А»	основа	<u>0,88</u> 1,20	<u>0,75</u> 0,95	<u>0,65</u> 1,03	<u>0,70</u> 1,65	<u>0,10</u> 0,50	0,62	1,04
	уток	<u>0,82</u> 1,20	<u>0,60</u> 0,82	<u>0,77</u> 0,96		<u>0,12</u> 0,48		
24 месяца опытных носок / 96 стирок								
«Премьер Cotton 300»	основа	<u>0,68</u> 0,94	<u>0,45</u> 0,62	<u>0,69</u> 1,07	<u>0,20</u> 1,25	<u>0,13</u> 0,23	0,43	0,82
	уток	<u>0,62</u> 0,92	<u>0,42</u> 0,60	<u>0,62</u> 0,96		<u>0,11</u> 0,18		
«Премьер FR-350»	основа	<u>0,70</u> 0,97	<u>0,52</u> 0,68	<u>0,81</u> 1,08	<u>0,32</u> 1,23	<u>0,14</u> 0,21	0,50	0,83
	уток	<u>0,61</u> 0,97	<u>0,56</u> 0,89	<u>0,75</u> 1,11		<u>0,07</u> 0,08		
«Премьер Комфорт-250А»	основа	<u>0,71</u> 1,02	<u>0,51</u> 0,60	<u>0,44</u> 0,79	<u>0,34</u> 1,47	<u>0,09</u> 0,10	0,42	0,80
	уток	<u>0,62</u> 0,92	<u>0,42</u> 0,76	<u>0,65</u> 0,82		<u>0,08</u> 0,09		

Определяли уровни качества образцов по механическим показателям до и после опытных носок и стирок (разрывную нагрузку, удлинение при разрыве, раздирающую нагрузку, стойкость к истиранию и жесткость при изгибе) в соответствии с нормативными документами [5...7].

Метод основан на подготовке опытных партий спецодежды из контрольных и наноструктурированных материалов, их передаче на опытную носку и стирку, а также на проведении регулярных исследований после определенного срока эксплуатации в производственных условиях (1, 12 и 24 месяцев), анализе полученных показателей качества НТС. Общее количество экспериментальных образцов, участвующих в опытной носке, – 60 единиц спецодежды для работников строительного комплекса (30 контрольных и 30 НТС). Исследования механических показателей качества текстильных материалов проводили на пяти опытных образцах спецодежды до разрушения, затем определяли среднее значение полученных результатов.

Как следует из табл. 2, после 12 месяцев опытных носок спецодежды и 48 стирок НТС относительные значения механических показателей качества ( $Uk_2$ ) наноструктурированных образцов тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» превышают или равны единице как по основе, так и по

утку, что свидетельствует о том, что по механическим показателям оцениваемые наноструктурированные ткани спецодежды превосходят по качеству контрольные образцы ( $Uk_1$ ). Особенно преимущество наблюдается по таким свойствам, как стойкость к истиранию и разрывная нагрузка.

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. Важно учитывать, что показатель разрывной нагрузки не является единственным фактором, который нужно учитывать при выборе материала для спецодежды. Не менее важным является свойство – износостойкость. Малейшее нарушение целостности пропитанного материала, находящегося в напряженном состоянии, за счет прокола, разреза или иного повреждения может привести к разрушению прочности тканей для спецодежды [8...10].

На рис. 1...3 показаны гистограммы оценки итогового уровня надежности наноструктурированных и контрольных образцов тканей для спецодежды «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» как по основе, так и по утку.

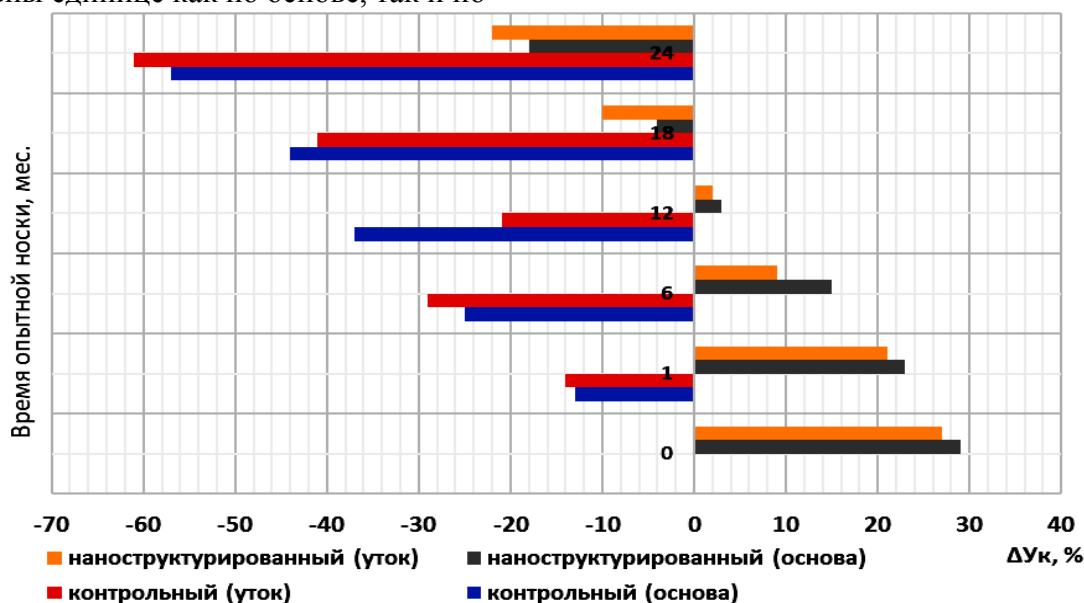


Рис. 1

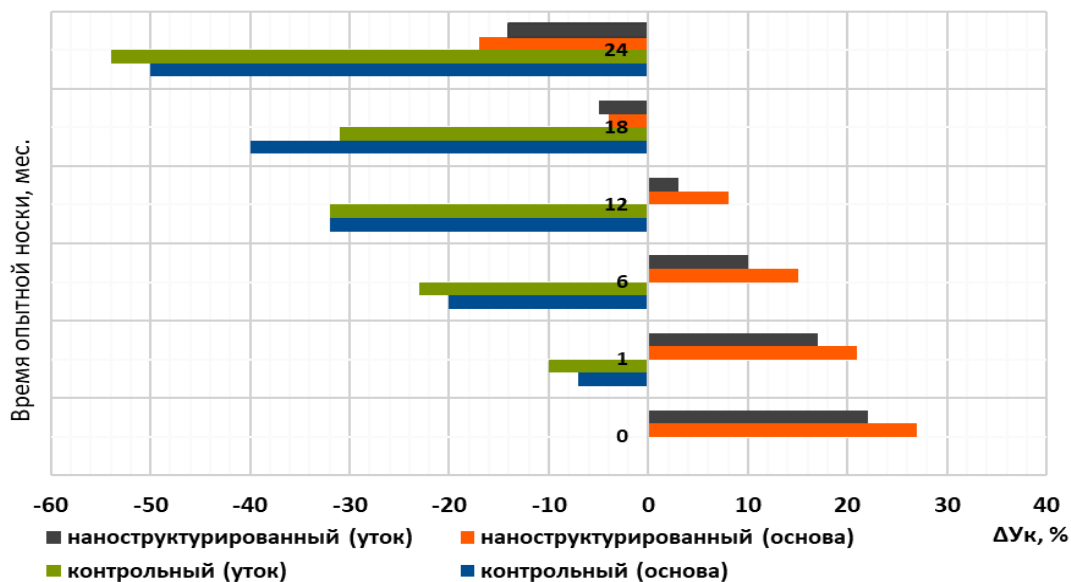


Рис. 2

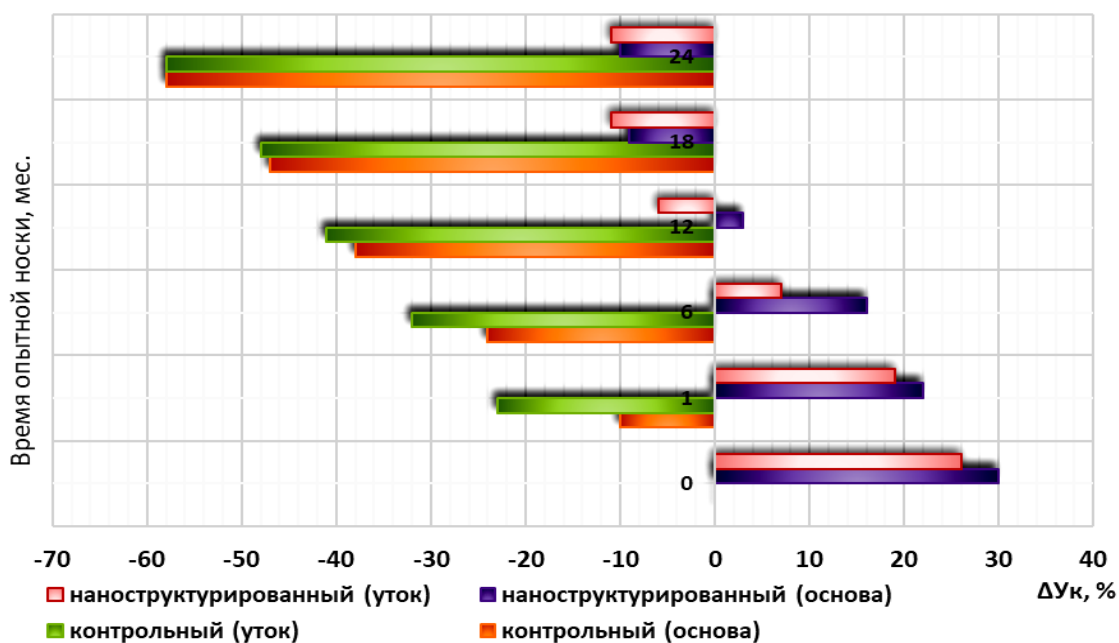


Рис. 3

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

Испытания различных изделий спецодежды из НТС свидетельствуют о том, что структура материала оказывает существенное влияние на механические показатели качества, что может быть обусловле-

но увеличением степени кристалличности и снижением подвижности цепей макромолекул за счет уплотнения структуры разрываемой системы нитей, а также применения гладких нитей полиэстер в направлении, поперечном приложенной нагрузке.

В процессе экспериментальных носок и стирок ткани спецодежды подвергались многократному растяжению и изгибу, которые несмотря на незначительную величину приводили к ослаблению структуры ткани, то есть к усталостным явлениям (разрушению структуры волокон, появле-

нию микротрещин и разрушению связей между волокнами) за счет многократной деформации.

## ВЫВОДЫ

Механические параметры важны при выборе и использовании спецодежды в промышленных условиях, так как они определяют прочность и устойчивость к разрывам при работе в условиях повышенных нагрузок и риска получения травм. Чем выше значение механического показателя качества, тем прочнее и надежнее спецодежда.

После 12 месяцев опытных носок и 48 стирок спецодежды относительные значения показателей качества наноструктурированных образцов тканей «Премьер Cotton 300», «Премьер FR-350» и «Премьер Комфорт-250А» относительно контрольных образцов превышают или равны единице как по основе, так и по утку, особенно по таким показателям, как стойкость к истиранию и разрывная нагрузка.

По результатам экспериментального исследования надежности контрольных и НТС образцов можно сделать вывод, что наноструктурирование в потоке «холодной» плазмы пониженного давления позволяет повысить качество спецодежды на 30% относительно контрольных образцов, при этом после эксплуатационной носки качество спецодежды сохраняется до 18 месяцев, затем с увеличением продолжительности опытных носок спецодежды до 24 месяцев снижается от 11 до 22% в зависимости от вида применяемых тканей спецодежды.

## ЛИТЕРАТУРА

1. *Савостицкий Н.А., Амирова Э.К.* Материаловедение швейного производства. М.: Академия, 2020. 288 с.

2. *Кирюхин С.М., Плеханова С.В.* Оценка, контроль и управление качеством текстильных материалов. СПб.: Лань, 2022. 432 с.

3. *Кирюхин С.М., Куроедова Д.В., Денисова О.Н., Литовченко С.Ф.* Сравнительная оценка качества и надежности тканей для спецодежды // Изв. вузов. Технология текстильной промышленности. 2009. № 4(318). С. 13...19..

4. *Гаджибекова И.А.* Опытная носка как один из способов определения динамического соответ-

ствия производственной одежды // Теория и практика современной науки. 2022. № 2(80). С. 66...70.

5. ГОСТ 3813-72 (ИСО 5081-77, ИСО 5082-82). Материалы текстильные. Ткани и штучные изделия. Методы определения разрывных характеристик при растяжении. М.: Изд-во стандартов, 2023. 6 с.

6. ГОСТ 9913-90 (СТ СЭВ 5784-86). Материалы текстильные. Методы определения стойкости к истиранию. М.: Изд-во стандартов, 2023. 12 с.

7. ГОСТ 10550-93. Материалы текстильные. Полотна. Методы определения жесткости при изгибе. М.: Изд-во стандартов, 2021. 12 с.

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

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

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

## REFERENCES

1. *Savostitsky N.A., Amirova E.K.* Material science of sewing production. M.: Academy, 2020. 288 p.

2. *Kiryukhin S.M., Plekhanova S.V.* Assessment, control and quality management of textile materials. St. Petersburg: Lan, 2022. 432 p.

3. *Kiryukhin S.M., Kuroedova D.V., Denisova O.N., Litovchenko S.F.* Comparative assessment of the quality and reliability of fabrics for workwear // Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti. 2009, No. 4(318). P. 13...19.

4. *Hajibekova I.A.* Experimental sock as one of the ways to determine the dynamic conformity of industrial clothing // Theory and practice of modern science. 2022. No. 2(80). P. 66...70.

5. GOST 3813-72 (ISO 5081-77, ISO 5082-82). Textile materials. Fabrics and piece goods. Methods for determination of tensile breaking characteristics. M.: Publishing house of standards, 2023. 6 p.

6. GOST 9913-90 (ST SEV 5784-86). Textile materials. Methods for determining abrasion resistance. M.: Publishing house of standards, 1991. 12 p.

7. GOST 10550-93 Textile materials. Canvases. Methods for determining bending stiffness. M.: Publishing House of Standards, 2021. 12 p.

8. *Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.* 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.

9. *Gainutdinov R.F., Khammatova V.V.* Improving the quality of cloth fabric for workwear after plasma

nanostructuring // *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii, Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti*. 2022, 4(400). P. 69... 76.

10. *Zinovev V.P., Rubtsov V.I., Shustov YU.S. etc.* 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 КНИТУ. Поступила 19.02.24.