

# МАТЕРИАЛОВЕДЕНИЕ ПРОИЗВОДСТВ ТЕКСТИЛЬНОЙ И ЛЕГКОЙ ПРОМЫШЛЕННОСТИ

Научная статья

УДК 677.025

EDN GWFVEX

doi 10.34216/2587-6147-2023-1-59-10-15

Марина Валерьевна Зимина<sup>1</sup>

Любовь Леонидовна Чагина<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Костромской государственной университет, г. Кострома, Россия

<sup>1</sup> zimnamv1977@rambler.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3360-2206>

<sup>2</sup> lyu-chagina@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0002-0351-8177>

## ИССЛЕДОВАНИЕ И ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ПОЛУЦИКЛОВЫХ РАЗРЫВНЫХ ХАРАКТЕРИСТИК СИСТЕМ МАТЕРИАЛОВ ДЛЯ АДАПТИВНОЙ ОДЕЖДЫ

***Аннотация.** В статье представлены результаты исследования полуцикловых разрывных характеристик систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями. Показана целесообразность экспериментальной оценки этих показателей для современного ассортимента тканей для одежды данной целевой аудитории. Анализ результатов показал, что значение разрывных характеристик зависит от структурных характеристик и волокнистого состава систем материалов и изменяется в широком диапазоне. Выявлено изменение показателей полуцикловых разрывных характеристик многослойных систем материалов в сравнении с одиночными системами. Установлено влияние многоциклового растяжения на прочность исследуемых материалов. Полученные математические зависимости позволяют прогнозировать изменение разрывной нагрузки при циклическом деформировании, имитирующем условия эксплуатации данных материалов. Результаты экспериментальных исследований могут применяться на стадии проектирования адаптивной одежды.*

***Ключевые слова:** полуцикловые разрывные характеристики, разрывная нагрузка, разрывное удлинение, многоцикловое растяжение, системы материалов, адаптивная одежда, прогнозирование*

***Для цитирования:** Зимина М. В., Чагина Л. Л. Исследование и прогнозирование полуцикловых разрывных характеристик систем материалов для адаптивной одежды // Технологии и качество. 2023. № 1(59). С. 10–15. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-1-59-10-15>.*

Original Article

Marina V. Zimina<sup>1</sup>

Lyubov' L. Chagina<sup>2</sup>

<sup>1,2</sup> Kostroma State University, Kostroma, Russia

## INVESTIGATION AND PREDICTION OF SEMI-CYCLE DISCONTINUOUS CHARACTERISTICS OF MATERIAL SYSTEMS FOR ADAPTIVE CLOTHING

***Abstract.** The article presents the results of a study of semi-cycle discontinuous characteristics of materials systems for adaptive clothing of people with motor disabilities. The expediency of experimental evaluation of these indicators for a modern range of fabrics for clothing of this target audience is shown. The analysis of the results showed that the value of the discontinuous characteristics depends on the structural characteristics and the fibrous composition of the material systems and varies over a wide range. The change in the indicators of semi-cycle discontinuous characteristics of multilayer systems of materials in comparison with single systems is revealed. The effect of multicycle stretching on the strength of the materials under study has*

---

© Зимина М. В., Чагина Л. Л., 2023

been established. The obtained mathematical dependences make it possible to predict the change in the breaking load during cyclic deformation, simulating the operating conditions of these materials. The results of experimental studies can be applied at the design stage of adaptive clothing

**Keywords:** semi-cycle breaking characteristics, breaking load, breaking elongation, multi-cycle stretching, material systems, adaptive clothing, forecasting

**For citation:** Zimina M. V., Chagina L. L. Investigation and prediction of semi-cycle discontinuous characteristics of material systems for adaptive clothing. Technologies & Quality. 2023. No 1(59). P. 10–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2023-1-59-10-15>.

Важное значение в создании адаптивной одежды играют материалы и их свойства. При этом для некоторых категорий людей, например с ограниченными двигательными возможностями, свойства материалов имеют определяющее значение [1–5].

Первоочередным требованием к материалам для одежды является сохранение качественных характеристик в процессе носки. Исследуемые в работе разрывные характеристики растяжения широко используются при проектировании швейных изделий и оценке качества, являются важными нормативными показателями текстильного материала. Разрывная нагрузка позволяет косвенно оценить качественный состав сырья, применяемого для выработки продукции, а также степень повреждения материала в процессе заключительной отделки. Рассматриваемый показатель определяет предельную механическую возможность текстильных материалов, характеризует износостойкость, долговечность и может быть использован для прогнозирования кинетики изнашивания [6, 7].

В работе в качестве объектов исследования выбраны образцы современных материалов, применяемых для изготовления верхней адаптивной одежды, льняное трикотажное полотно переплетения гладь и утепляющий материал отечественного производства Холлофайбер® Термо.

Исследования полуцикловых разрывных характеристик при растяжении осуществлены для представленных в табл. 1 материалов и сформированных систем (курточная ткань, утепляющий материал, льняное трикотажное полотно). Испытания проводились на разрыв-

ной машине РМ-250 с использованием специализированной машины МИ40Ку, совместимой с персональным компьютером, обеспечивающим построение графиков на дисплее монитора через стандартный интерфейс RS232. Эксперимент осуществлялся по стрип-методу с использованием прямоугольных проб стандартной длины и ширины, выкроенных по направлениям нитей основы и нитей утка (для трикотажного полотна и Холлофайбера по длине и ширине соответственно). По результатам экспериментальной части составлены диаграммы и протоколы испытаний на каждый однослойный материал и многослойные системы материалов. В протоколе отображается информация о дате и времени проведения испытаний, задаваемые параметры, полученные результаты (рис. 1).

При испытании материалов и систем материалов на одноосное растяжение получены следующие характеристики механических свойств (табл. 2):

- *разрывная нагрузка*  $P_p$ , Н – усилие, выдерживаемое пробой материала при растяжении ее до разрыва;
- *абсолютное разрывное удлинение*  $l_p$ , мм – приращение длины образца к моменту разрыва;
- *относительное разрывное удлинение*  $\varepsilon_p$ , % – отношение абсолютной величины удлинения к первоначальной длине  $L_0$  растягиваемой пробы:

$$\varepsilon_p = \frac{100l_p}{L_0}.$$

Т а б л и ц а 1

Характеристика объектов исследований

Номер образца	Наименование образца	Поверхностная плотность $M_s$ , г/м <sup>2</sup>	Толщина материала $b$ , мм
1	Ткань с мембранным покрытием	150	0,2
2	Оксфорд R/S	232	0,3
3	Оксфорд R/SIU	249	0,4
4	Дюспо 240Т	71	0,1
5	Санбрелла	314	0,5
6	Льняное трикотажное полотно	285	0,9
7	Утепляющий нетканый материал Холлофайбер® Термо	150	12

Тип испытания : Разрыв  
 Номер испытания : 1  
 Скорость испытания : 20 мм/мин  
 Время испытания : 64 с;  
 Описание образца : Материал с мембранным покрытием

Абсолютный максимум : Усилие, кг 70,4      Усилие, Н 690,39  
 Точка обрыва : 0,5      4,90  
 Относительное удлинение при макс. : 20,802 %;  
 Относительное удлинение при обрыве : 21,277 %;  
 Работа разрыва R : 0,59Н\*см

Дата испытания : 18.04.2022

Оператор Зимина



Рис. 1. Фрагмент протокола испытаний с диаграммой растяжения

Т а б л и ц а 2

Разрывные характеристики исследуемых материалов

Номер образца	Материал верха				Система материалов			
	$P_p$ , Н		$\varepsilon_p$ , %		$P_p$ , Н		$\varepsilon_p$ , %	
	основа	уток	основа	уток	основа	уток	основа	уток
Материал верха								
1	712	301	14,7	21,9	816	371	21,5	25,5
2	1929	1383	36,9	38,2	2240	1329	37,7	49,1
3	1668	1383	38,8	39,2	1919	1907	39,4	62,8
4	510,9	458	32,3	45,7	454	388,3	31,0	35,7
5	1339	651	22,9	25,5	1399	1394	28,3	28,7
Льняное трикотажное полотно								
	по длине	по ширине	по длине	по ширине	Утепляющий материал Холлофайбер			
1	280,5	147	61,9	207	по длине	по ширине	по длине	по ширине
					6,86	4,90	13,45	98,5

Анализ результатов экспериментального исследования (рис. 2) показал, что разрывная нагрузка исследуемых материалов верха по основе составляет 510,7...1929 Н и соответствует нормативным требованиям. При этом прослеживается закономерность: прочность по основе больше, чем по утку, что справедливо и для многослойных систем. Самыми прочными на разрыв являются материалы Oxford R/S и Оксфорд R/СПУ. Это обусловлено вложением в структуру материала армированной нити, повышающей его прочность. Также показателями высокой прочности обладает ткань Санбрелла. Материал с мембранным покрытием и ткань Дюспо 240 имеют минимальную разрывную нагрузку, что обусловлено невысокой поверхностной плотностью. Разрывная нагрузка многослойной системы материалов в сравнении с однослойной системой увеличивается незначительно (0,5...14%). Образцы льняного трикотажа и утепляющего материала Холлофайбер®Термо аналогично имеют большой показатель разрывной нагрузки по длине в сравнении с направлением по ширине (см. табл. 2).

Для исследуемых тканей верха относительное разрывное удлинение по основе составляет 14,7...38,8%, по утку – 21,9...45,7%, при этом удлинение при разрыве по утку больше, чем по нити основы. Минимальным разрывным

удлинением по основе и утку обладает материал с мембранным покрытием, максимальным (45,7%) – ткань Дюспо 240Т в направлении утка. Удлинение при разрыве льняного трикотажа и утепляющего материала Холлофайбер®Термо в поперечном направлении значительно превосходит удлинение в продольном (соответственно в 3,3 и 7,6 раза). На рисунке 3 представлены диаграммы растяжения однослойных систем материалов (тканей верха курточного ассортимента) и многослойных систем.

Таким образом, на механические свойства, а именно разрывную нагрузку и разрывное удлинение курточных материалов значительно влияют показатели структуры материала: волокнистый состав, переплетение, вид отделки, поверхностная плотность.

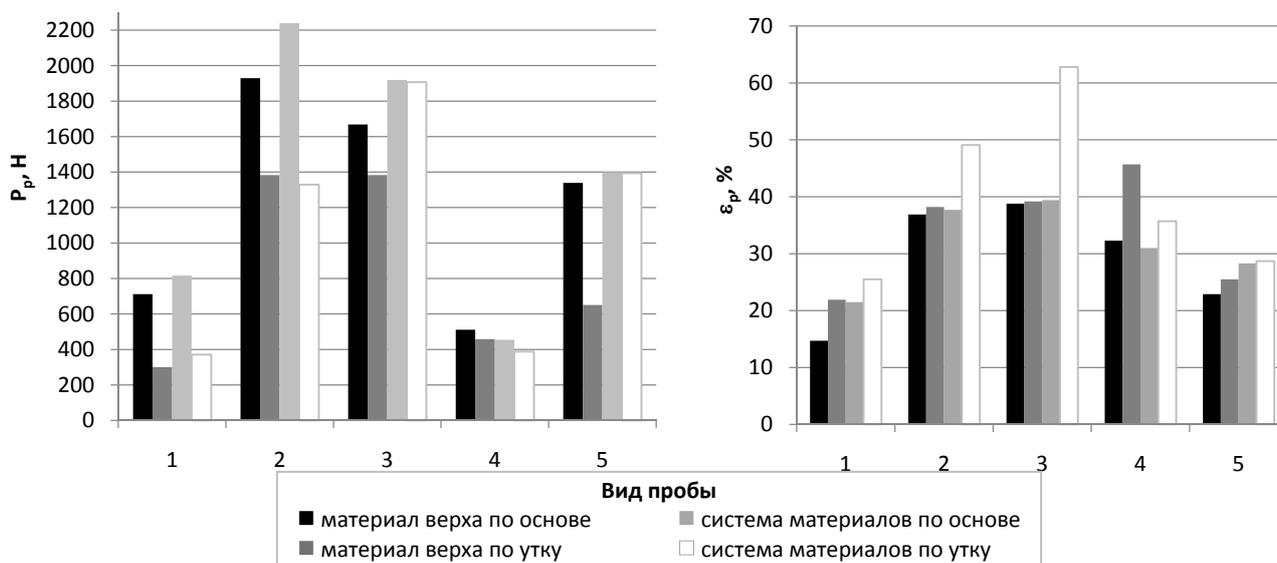
На втором этапе исследования осуществлялось многоцикловое растяжение исследуемых тканей верха. Величина и характер приложения многоцикловых нагрузок при проведении испытаний приближены к эксплуатационным воздействиям, что позволяет прогнозировать длительную прочность материалов и изделий. Экспериментальные исследования проведены на разрывной машине, подключенной к персональному компьютеру. Для управления и считывания результатов использована специализированная программа STRAIN v1.0. Проведено пять

циклов деформирования проб. На рис. 4 приведены графики зависимости разрывной нагрузки от количества циклов испытаний. Анализ результатов исследования показал, что прочность исследуемых курточных материалов уменьшилась на 10...15 % (см. рис. 4).

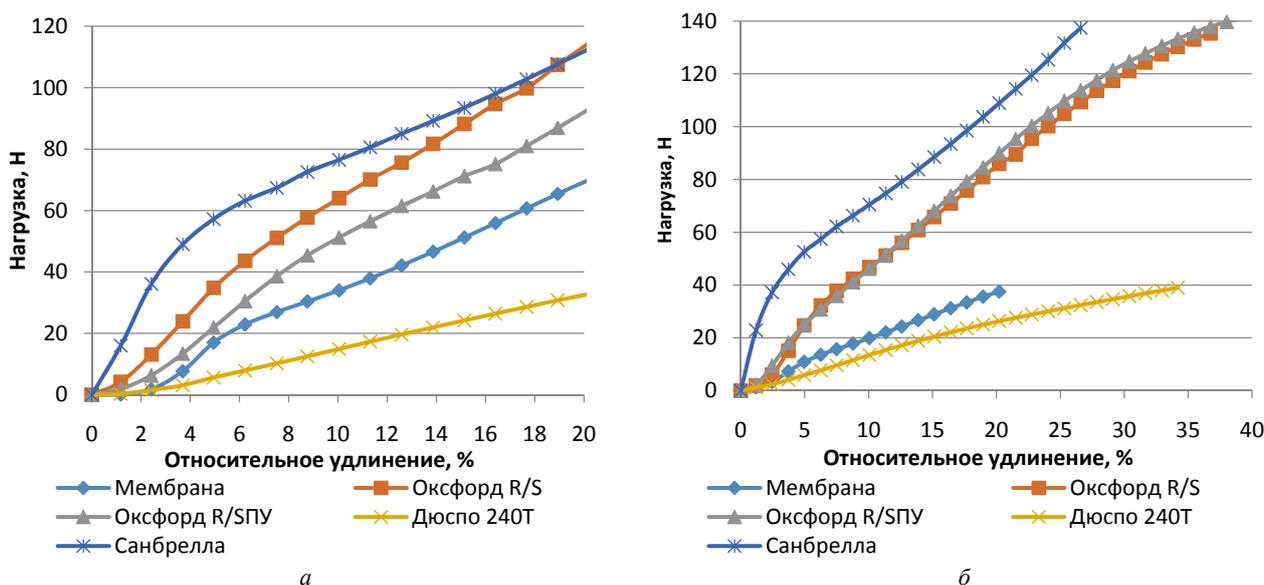
Снижение прочностных свойств материала Оксфорд R/S после пяти циклов растяжения составило 12 %, материала Санбрелла – 11 %. Материал Дюспо 240Т в пределах пяти циклов испытаний показал уменьшение разрывной нагрузки на 14 %. Наиболее нестабильные деформационные показатели в процессе всех циклов

исследования выявлены у материала с мембранным покрытием.

Важным показателем, кроме соотношения изменения разрывной нагрузки после проведения начального и конечного циклов испытаний, является изменение прочности исследуемых материалов в пределах каждого из циклов испытаний. Значительное уменьшение разрывной нагрузки происходит в первых двух-трех циклах испытаний. Далее наблюдается стабилизация исследуемого показателя: разрывная нагрузка уменьшается незначительно, резкого снижения показателя прочности исследуемых материалов не происходит.



**Рис. 2. Разрывные характеристики объектов исследований:**  
 1 – ткань с мембранным покрытием; 2 – Оксфорд R/S; 3 – Оксфорд R/СПУ; 4 – Дюспо 240Т; 5 – Санбрелла;  
 P<sub>p</sub>, Н – максимальное усилие при разрыве (разрывная нагрузка); ε<sub>p</sub>, % – относительное удлинение при разрыве



**Рис. 3. Диаграмма растяжения:**  
 а – однослойная система; б – многослойная система материалов

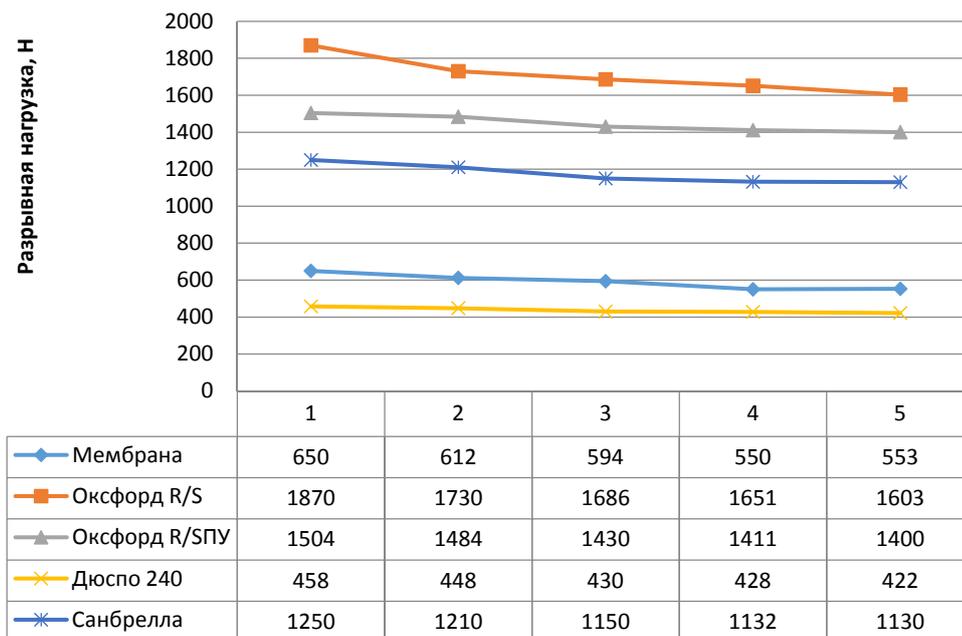


Рис. 4. Сравнительный анализ изменения разрывной нагрузки от количества циклов испытаний исследуемых материалов

По результатам испытаний получены уравнения зависимости разрывной нагрузки от количества циклов испытаний, которые для материалов Оксфорд R/S ПУ с полиуретановым покрытием, Санбрелла, Дюспо 240Т и Оксфорд R/S (рис. 5а) представляют собой полиномиальные зависимости второй степени. Математической моделью, описывающей взаимосвязь разрывной нагрузки и количества циклов испытания для ткани с мембранным покрытием, является полином третьей степени. Достоверность аппроксимации для исследуемых объектов ( $R^2$ ) находится в пределах 0,94...0,98.

## ВЫВОДЫ

1. Разрывная нагрузка исследуемых материалов соответствует нормативным требованиям. При этом прослеживается закономерность: прочность по основе больше, чем по ут-

ку, что справедливо и для многослойных систем. Разрывная нагрузка многослойной системы материалов в сравнении с однослойной системой увеличивается незначительно (0,5...14 %).

2. Разрывное удлинение исследуемых одиночных и многослойных систем изменяется в широком диапазоне, при этом удлинение при разрыве по утку (в поперечном направлении) больше, чем по нити основе (в продольном направлении).

3. При воздействии многоцикловых деформаций растяжения все рассматриваемые материалы теряют свои исходные свойства, причем резкое снижение показателей разрывной нагрузки происходит в пределах первых трех циклов испытаний, далее значения прочности материалов стабилизируются. Выявленные зависимости позволяют прогнозировать кинетику изнашивания материалов в процессе эксплуатации.

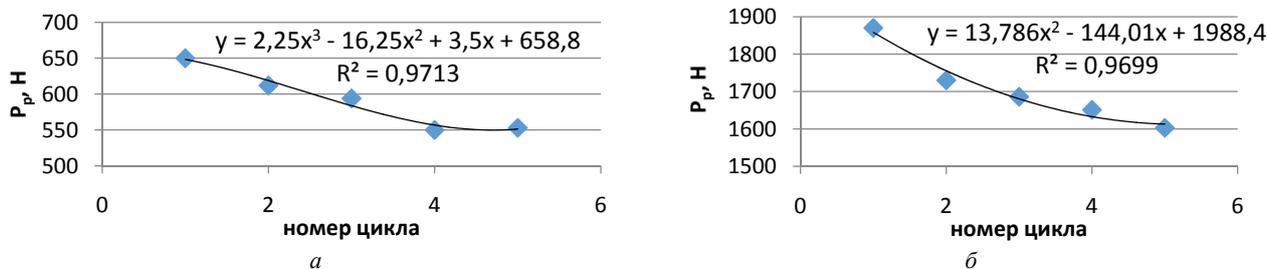


Рис. 5. Зависимость разрывной нагрузки от количества циклов нагружения: а – ткань с мембранным покрытием, б – Оксфорд R/S

## СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Анализ специфических особенностей адаптивной одежды для людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. № 3(53). 2021. С. 11–17.
2. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л., Ива́нов В. В. Оценка паропроницаемости систем материалов для адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. № 2(56). 2022. С. 16–23.
3. Зими́на М. В., Груздева А. П., Чаги́на Л. Л. Методика исследования и прогнозирования характеристик жесткости при изгибе материалов для проектирования адаптивной одежды людей с ограниченными двигательными возможностями // Технологии и качество. № 4(54). 2021. С. 22–29.
4. Зими́на М. В., Чаги́на Л. Л. Конфекционирование материалов для адаптивной одежды // Научные исследования и разработки в области дизайна и технологий : материалы Всероссийской науч.-практ. конф. : в 2 ч. Кострома, 2021. Ч. 2. С. 30–33.
5. Чаги́на Л. Л., Смирнова Н. А. Влияние свойств исходных компонентов пакета одежды на качество готового изделия // Вестник Костромского государственного технологического университета. 2008. № 17. С. 45–48.
6. Ефанов Е. Д., Шустов Ю. С. Влияние многократных стирок на физико-механические свойства текстильных материалов для работников авторемонтных предприятий // Известия вузов. Технология текстильной промышленности. 2022. № 3(399). С. 65–70.
7. Шустов Ю. С., Лебедева Н. П. Исследование физико-механических свойств тканей для специальной одежды работников нефтегазового комплекса // Технологии и качество. 2020. № 1(47). С. 12–14.

## REFERENCES

1. Zimina M. V., Chagina L. L. Analysis of the range of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;3(53):11–17. (In Russ.)
2. Zimina M. V., Chagina L. L., Ivanov V. V. Evaluation of steam permeability of materials systems for adaptive clothing of people with limited motor capabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2022;2(56):16–23. (In Russ.)
3. Zimina M. V., Gruzdeva A. P., Chagina L. L. Methodology for the study and prediction of stiffness characteristics during bending trials for the design of adaptive clothing for people with motor disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2021;4(54):22–29. (In Russ.)
4. Zimina M. V., Chagina L. L. Confection of materials for adaptive clothing. *Nauchnye issledovaniya i razrabotki v oblasti dizajna i tekhnologii : sb. st. Vseros. nauch.-prakt. konf. : v 2 ch.* [Scientific research and development in the field of design and technology materials: collection of articles of the All-Russian Scientific and practical Conference in 2 parts]. Kostroma, 2021, p. 2, pp. 30–33. (In Russ.)
5. Chagina L. L., Smirnova N. A. The influence of the properties of the initial components of the clothing package on the quality of the finished product. *Vestnik Kostromskogo gosudarstvennogo tekhnologicheskogo universiteta* [Bulletin of the Kostroma State Technological University]. 2008;17:45–48. (In Russ.)
6. Efanov E. D., Shustov Yu. S. The influence of multiple washings on the physical and mechanical properties of textile materials for workers of car repair enterprises. *Izvestiya Vysshikh Uchebnykh Zavedenii. Seriya Tekhnologiya Tekstil'noi Promyshlennosti* [Textile Industry Technology (Series Proceedings of Higher Educational Institutions)]. 2022;3:65–70. (In Russ.)
7. Shustov Yu. S., Lebedeva N. P. Investigation of physical and mechanical properties of fabrics for special clothing of oil and gas complex workers disabilities. *Tekhnologii i kachestvo* [Technologies & Quality]. 2020;1(47):12–14. (In Russ.)

Статья поступила в редакцию 3.12.2022  
Принята к публикации 18.02.2023