

Научная статья

УДК 677.017

doi 10.34216/2587-6147-2021-4-54-10-15

Александр Николаевич Петухов¹

Александр Фёдорович Давыдов²

^{1,2}Российский государственный университет им. А. Н. Косыгина (Технологии. Дизайн. Искусство),
Москва, Россия

¹MadAlexeZ@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0001-9594-8096>

²adavydov46@yandex.ru, <https://orcid.org/0000-0001-5671-5695>

ВЛИЯНИЕ СТИРОК НА ТЕПЛОФИЗИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА ТЕКСТИЛЬНОГО МАТЕРИАЛА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ТЕПЛООВОГО ПОТОКА ОТКРЫТОГО ПЛАМЕНИ И НАГРЕВАТЕЛЬНОГО ЭЛЕМЕНТА

Аннотация. Повышенные температуры являются факторами нанесения вреда здоровью и жизни человека. Для обеспечения защиты используются различные средства индивидуальной защиты, к которым относится специальная защитная одежда. В статье рассматриваются теплозащитные показатели безопасности текстильного материала. Для определения теплозащитных свойств материала используются различные виды воздействия – конвективной теплоты от нагревательного элемента и открытого пламени. Для пошива специальной защитной одежды используются ткани различного сырьевого состава и поверхностной плотности. Для исследования были выбраны пять тканей. Исследования проводились при воздействии открытого пламени и конвективного тепла нагревательного сравнимой плотности теплового потока, равной 80 кВт/м². Также проведены исследования влияния многократных циклов стирок на индекс передачи теплового излучения и показатель передачи тепла.

Ключевые слова: специальная одежда, ткани, безопасность, теплозащита, огнезащита, тепловое излучение, метод испытаний

Для цитирования: Петухов А. Н., Давыдов А. Ф. Влияние стирок на теплофизические свойства текстильного материала при воздействии теплового потока открытого пламени и нагревательного элемента // Технологии и качество. 2021. № 4(54). С. 10–15. <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-10-15>.

Original article

Alexander N. Petukhov¹

Alexander F. Davydov²

^{1,2}The Kosygin State University of Russia, Moscow, Russia

INFLUENCE OF WASHING ON TEXTILE MATERIAL THERMAL PROPERTIES UNDER EXPOSURE OF AN OPEN FLAME AND HEATING ELEMENT HEAT FLOW

Abstract. Elevated temperatures are factors causing harm to human health and life. To ensure protection, various personal protective equipment is used, which includes special protective clothing. The article discusses the heat-shielding indicators of the safety of textile material. In order to determine the heat-shielding properties of the material, various types of exposure are used – convective heat from a heating element and an open flame. Fabrics of various raw materials and surface density are used for sewing special protective clothing. Five clothes were selected for the research. The research was held under the exposure of an open flame and convective heat of heating element with a comparable heat flux density equal to 80 kW/m². Also, research was held under influence of multiple wash cycles on radiant heat transfer index and heat transfer index.

Keywords: special clothing, fabrics, safety, thermal protection, fire protection, heat emission, test method

For citation: Petukhov A. N., Davydov A. F. Influence of washing on textile material thermal properties under exposure of an open flame and heating element heat flow. Technologies & Quality. 2021. No 4(54). P. 10–15. (In Russ.) <https://doi.org/10.34216/2587-6147-2021-4-54-10-15>.

На рабочем месте работник подвергается различным рискам нанесения ущерба своему здоровью. Данные риски могут привести как к снижению работоспособности работника, так и нанести тяжкий вред здоровью человека, несовместимый с жизнью.

Риски классифицируются по видам воздействия – механические, температурные, различные излучения, действия токсичных веществ, биологические. Для обеспечения защиты от различных воздействий используются средства коллективной и индивидуальной защиты, что позволяет сохранить здоровье и жизнь человека в процессе трудовой деятельности.

Для индивидуальной защиты работника используются: различная специальная защитная одежда, защитная обувь и различные средства защиты рук, головы, лица, глаз, органов слуха и органов дыхания.

Специальная защитная одежда позволяет защитить человека от различных опасных факторов. Для каждого отдельного фактора существуют стандарты на защиту от определённого воздействия. Общие требования представлены в техническом регламенте Таможенного союза (ТР ТС) 019/2011 [1].

В статьях Е. П. Лаврентьевой [2, 3] изложены результаты исследования различных показателей качества и безопасности тканей для пошива специальной защитной одежды металлурга. Проводилась разработка трех видов тканей – одной из смеси огнестойких и натуральных волокон с пропиткой и двух из смеси только огнестойких волокон. Можно отметить, что огнезащитные ткани из химических волокон дороже, чем ткани из смеси натуральных волокон с пропиткой.

Требования по безопасности и надежности очень важны для специальной защитной одежды. В тезисах научной конференции А. А. Савинова, Т. Р. Чернышева и Ю. Я. Тюменев [4] делают вывод о том, что требования по надежности и безопасности должны оставаться на достаточном уровне в процессе многократных стирок. Можно отметить, что для обеспечения дополнительной защиты тканей из натуральных волокон возможно использование специальных пропиток для придания огнестойкости, маслоотталкивания и водоотталкивания.

Требования по безопасности и качеству имеют особое значение в нефтегазовом комплексе. Для производства специальной защитной одежды необходимо использовать анализ рисков на производстве. В статье А. Ф. Давыдова и Г. А. Ходанова [5] показана важность оцен-

ки рисков в нефтегазовом комплексе для защиты от вредных и опасных факторов, действующих на работников. Оценка рисков позволяет увеличить конкурентоспособность специальной защитной одежды и увеличить ее показатели качества.

В тезисах научной конференции А. Ф. Давыдовым и С. В. Кудринским [6] представлен выбор номенклатуры наиболее значимых показателей качества и безопасности огнезащитных тканей для нефтегазового комплекса. Были выделены четыре группы показателей: защитные, гигиенические, эксплуатационные и технологические. Из защитной группы показателей качества были выделены наиболее значимые: огнестойкость, водоупорность, электризуемость, теплозащитные свойства и стойкость к воздействию нефти и масел.

Таким образом, можно сделать вывод о важности изучения показателей безопасности и разработки методики их определения. В данной работе для исследования были выбраны ткани для пошива специальной защитной одежды от воздействия повышенных температур: Frall 440 и 330, FlameFort W-280 и 210A, TenCate Tecasafe Plus. Данные ткани различаются сырьевым составом и поверхностной плотностью.

Ткани Frall 440 и 330 изготовлены из хлопчатобумажного волокна, на поверхность ткани нанесена огнестойкая пропитка, имеют поверхностную плотность 455,1 и 343,3 г/м² соответственно. Ткани FlameFort W-280 и 210A изготовлены из арамидного волокна, и их поверхностная плотность составляет 284,4 и 221,6 г/м². TenCate Tecasafe Plus имеет поверхностную плотность 245,5 г/м² и ее сырьевой состав – 51 % модакрил, 43 % целлюлозное волокно, 5 % параамид, 1 % антистатическая нить.

Для определения теплофизических свойств материала используются стандартные методики ГОСТ Р ИСО 6942–2007 [7] и ГОСТ Р ИСО 9151–2007 [8]. Для проведения испытаний из исследуемых тканей вырезаются точечные пробы не менее трех штук для каждого испытания. По ГОСТ Р ИСО 6942–2007 размер точечной пробы составляет 230 × 80 мм, по ГОСТ Р ИСО 9151–2007 – 140 × 140 мм. Точечные пробы не менее 24 ч выдерживаются в стандартных климатических условиях по ГОСТ Р ИСО 139–2007 [9] для кондиционирования (при температуре окружающей среды (20 ± 2) °С и относительной влажности (65 ± 2) %).

По методу ГОСТ Р ИСО 9151–2007 точечная проба выдерживается под действием те-

плогового потока открытого пламени горелки, и фиксируется время, необходимое точечной пробе для подъема температуры на 12 и 24 °С.

По методу ГОСТ Р ИСО 6942–2007 также фиксируется время, необходимое точечной пробе для подъема температуры на 12 и 24 °С под действием теплового излучения нагревательного элемента.

Время, необходимое образцу для подъема температуры на 24 °С, по ГОСТ Р ИСО 9151–2007 называется показателем передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0), по ГОСТ Р ИСО 6942–2007 – индексом передачи теплового излучения RНТИ (Q_0).

По ТР ТС 019/2011 на индекс передачи теплового излучения RНТИ (Q_0) установлена норма не менее 8 с при плотности теплового потока 20 кВт/м². Также в ТР ТС для показателя передачи тепла при воздействии пламени НТИ

(Q_0) установлен норматив не менее 3 с при плотности теплового потока 80 кВт/м².

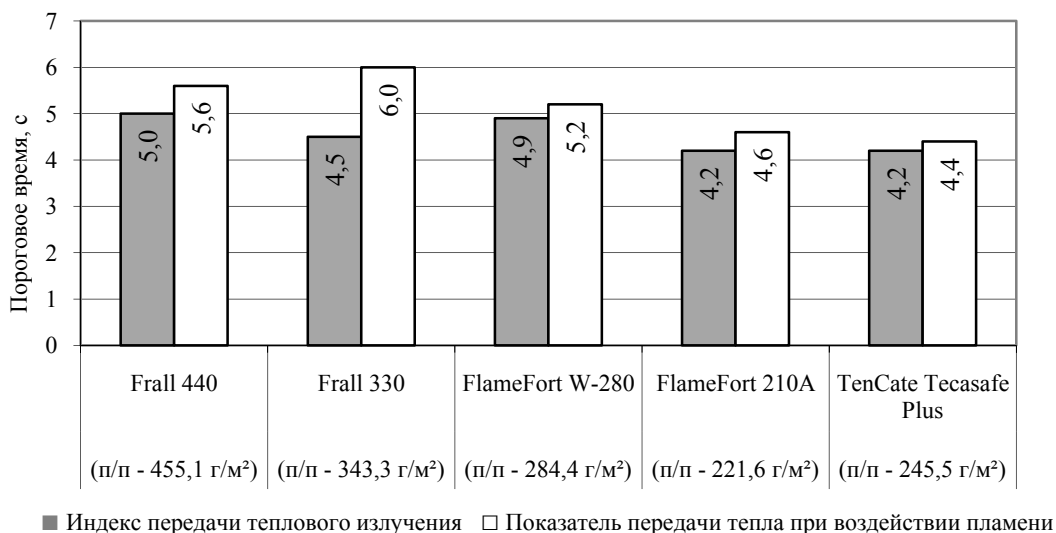
Стандартная методика ГОСТ Р ИСО 6942–2007 позволяет установить уровень плотности падающего теплового потока в широком диапазоне, что позволяет сравнить полученные данные с ГОСТ Р ИСО 9151–2007 при плотности теплового потока 80 кВт/м². При этом исследуемый материал будет подвергаться различному воздействию – от открытого пламени и конвективного тепла от нагревательного элемента. В таблице 1 представлены значения индекса передачи теплового излучения RНТИ (Q_0) и показателя передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0).

Все исследуемые ткани соответствуют требованиям ТР ТС 019/2011. Для метода ГОСТ Р ИСО 6942–2007 при плотности теплового потока 80 кВт/м² норматив не предусмотрен. На основе табл. 1 построены гистограммы для двух методов (рис. 1).

Таблица 1

Значения индекса передачи теплового излучения и показателя передачи тепла при воздействии пламени

Ткань	Индекс передачи теплового излучения, с при плотности теплового потока, кВт/м ²		Показатель передачи тепла при воздействии пламени, с
	20	80	
Frall 440	15,8	5,0	5,6
Frall 330	14,1	4,5	6,0
FlameFort W-280	15,2	4,9	5,2
Flame Fort 210A	13,8	4,2	4,6
TenCate Tecasafe Plus	13,6	4,2	4,4

Рис. 1. Пороговое время для двух методов при плотности теплового потока 80 кВт/м²

В среднем показатель передачи тепла при воздействии пламени отличается от индекса передачи теплового излучения от 4,8 (TenCate Tecasafe Plus) до 33,3 % (Frall 330) и может составлять от 0,2 до 1,5 с. Данное отличие связано с различным воздействием на испытываемые материалы.

В процессе эксплуатации рабочая защитная одежда подвергается стиркам. Влажная обработка тканей влияет на различные показатели качества тканей – прочность, стойкость к истиранию, масло- и нефтеотталкивание, водоупорность, огнестойкость. Для исследования влияния количества циклов стирки на защитные

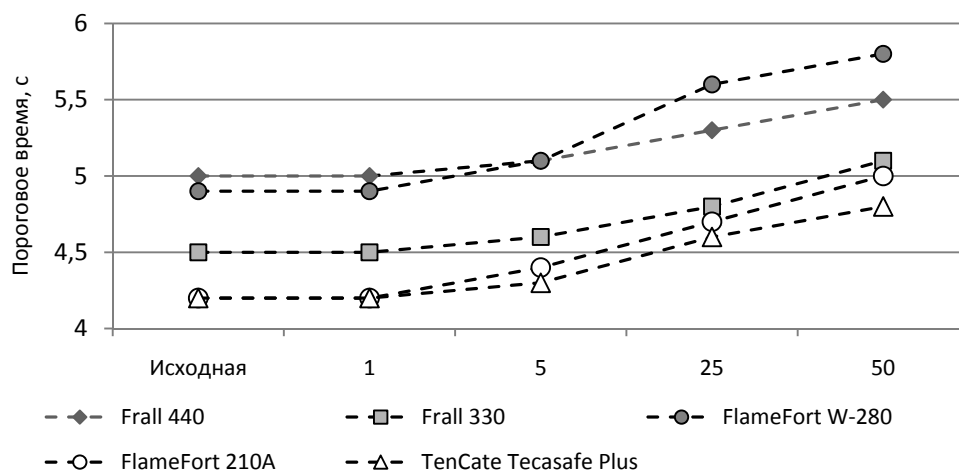
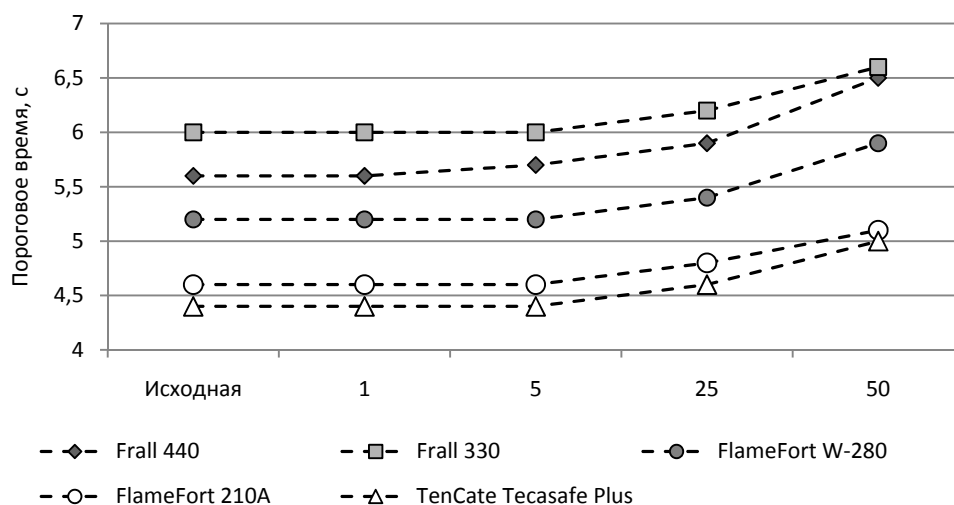
показатели тканей производилась влажно-тепловая обработка тканей по ГОСТ Р ИСО 6330–99 [10]. В таблице 2 представлены полученные данные.

На основе табл. 2 построены графики зависимости индекса передачи теплового излучения (рис. 2) и показателя передачи тепла при воздействии пламени (рис. 3) от количества стирок.

Таблица 2

Значения индекса передачи теплового излучения и показателя передачи тепла при воздействии пламени

Количество стирок	Пороговое время, с				
	Frall 440	Frall 330	FlameFort W-280	FlameFort 210A	TenCate Tecasafe Plus
Индекс передачи теплового излучения RHTI (Q_0) при 80 кВт/м ²					
Исходная	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2
1	5,0	4,5	4,9	4,2	4,2
5	5,1	4,6	5,1	4,4	4,3
25	5,3	4,8	5,6	4,7	4,6
50	5,5	5,1	5,8	5,0	4,8
Показатель передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) при 80 кВт/м ²					
Исходная	5,6	6,0	5,2	4,6	4,4
1	5,6	6,0	5,2	4,6	4,4
5	5,7	6,0	5,2	4,6	4,4
25	5,9	6,2	5,4	4,8	4,6
50	6,5	6,6	5,9	5,1	5,0

Рис. 2. Изменение индекса передачи теплового излучения RHTI (Q_0) в зависимости от циклов стирки при плотности теплового потока 80 кВт/м²Рис. 3. Изменение показателя передачи тепла при воздействии пламени НТИ (Q_0) в зависимости от циклов стирки при плотности теплового потока 80 кВт/м²

Индекс передачи теплового излучения до и после стирки отличается от 10,0 (Frall 440) до 19,1 % (FlameFort 210A), пороговое время варьируется от 0,5 до 0,9 с; для теплопередачи при воздействии пламени – от 10,0 (Frall 330) до 16,1 % (Frall 440) и пороговое время – от 0,5 до 0,9 с.

Показатель передачи тепла при воздействии пламени отличается от индекса передачи теплового излучения после воздействия стирок от 1,7 (FlameFort W-280) до 29,4 % (Frall 330) и пороговое время – от 0,1 до 1,5 с.

ВЫВОДЫ

1. Индекс передачи теплового излучения $R_{HTI} (Q_0)$ будет меньше показателя передачи

тепла при воздействии пламени $HTI (Q_0)$ до 1,5 с при сопоставимой плотности теплового потока 80 кВт/м². Целесообразно проводить испытания по ГОСТ Р ИСО 6942–2007 из-за отсутствия открытого пламени, что делает эту методику менее пожаро- и взрывоопасной, чем методика ГОСТ Р ИСО 9151–2007.

2. В процессе многократных стирок исследуемые ткани изменяют свои защитные свойства в пределах норм. Скорее всего, это связано с уплотнением тканей и волокон в пряже в результате влажно-тепловой обработки.

3. Показатель передачи тепла при воздействии пламени и индекс передачи теплового излучения при количестве стирок 50 увеличиваются не более чем на 1,5 с.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Технический регламент Таможенного союза «О безопасности средств индивидуальной защиты» (ТР ТС 019/2011) // Электронный фонд правовых и нормативно-технических документов. URL: docs.cntd.ru/document/902320567 (дата обращения: 1.09.2021).
2. Лаврентьева Е. П. Сравнительный анализ свойств огнезащитных тканей различных способов производства // Швейная промышленность. 2012. № 3. С. 40–42.
3. Лаврентьева Е. П. Сравнительный анализ свойств огнезащитных тканей и различных способов их производства // Швейная промышленность. 2014. № 1. С. 18–20.
4. Савинова А. А., Чернышева Т. Р., Тюменев Ю. Я. Надежность и безопасность – основные требования, предъявляемые к спецодежде // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2014) : сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. (Москва, 18–19 ноября 2014 г.). М. : Моск. гос. ун-т дизайна и технологии, 2014. С. 213–214.
5. Давыдов А. Ф., Ходанов Г. А. Анализ производственных рисков нефтегазового комплекса и метода оценки специальной защитной одежды по показателям безопасности // Инновационное развитие техники и технологий в промышленности : сб. материалов Всерос. науч. конф. молодых исследователей с междунар. участием (Москва, 12–15 апреля 2021 г.). М., 2021. С. 135–137.
6. Давыдов А. Ф., Кудринский С. В. Оценка показателей безопасности огнестойких тканей для спецодежды работников нефтегазового комплекса // Дизайн, технологии и инновации в текстильной и легкой промышленности (Инновации-2015) : сб. материалов Междунар. науч.-техн. конф. (Москва, 17–18 ноября 2015 г.). М. : Моск. гос. ун-т дизайна и технологии, 2015. С. 29–30.
7. ГОСТ Р ИСО 6942–2007. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Методы оценки материалов и пакетов материалов, подвергаемых воздействию источника теплового излучения. Введ. 2007–07–01. М. : Стандартинформ, 2007. 11 с.
8. ГОСТ Р ИСО 9151–2007. Система стандартов безопасности труда. Одежда для защиты от тепла и огня. Метод определения теплопередачи при воздействии пламени. Введ. 2007–07–01. М. : Стандартинформ, 2007. 11 с.
9. ГОСТ Р ИСО 139–2007. Изделия текстильные. Стандартные климатические условия для кондиционирования и проведения испытаний. Введ. 2008-01-01. М. : Стандартинформ, 2007. 6 с.
10. ГОСТ Р ИСО 6330–99. Материалы текстильные. Методы бытовой стирки и сушки, применяемые для испытания тканей, трикотажных полотен и готовых изделий. Введ. 2001–01–01. М. : Изд-во стандартов, 2001. 9 с.

REFERENCES

1. Technical Regulations of the EAEU “On the safety of personal protective equipment” TR EAEU 019/2011. URL: docs.cntd.ru/document/902320567 (date of access: 1.09.2021).
2. Lavrent'eva E. P. Comparative analysis of the properties of flame-retardant fabrics of different production methods. *Shvejnaya promyshlennost'* [Clothing industry]. 2012; 3:40–42.
3. Lavrent'eva E. P. Comparative analysis of properties and various fire retardant fabrics manufacturing methods. *Shvejnaya promyshlennost'* [Clothing industry]. 2014;1:18–20.
4. Savinova A. A., Chernysheva T. R., Tyumenev Yu. Ya. Reliability and safety – the main requirements for workwear. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2014) : sb. materialov Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Moskva, 18–19 noyabrya 2014 g.)* [Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations-2014): collection of materials of the International Scientific and Technical Conference, Moscow, November 18–19, 2014]. Moscow State University of Design and Technology Publ., 2014:213–214. (In Russ.)
5. Davydov A. F., Khodanov G. A. Analysis of production risks of the oil and gas complex and the method of assessing special protective clothing according to safety indicators. *Innovacionnoe razvitie tekhniki i tekhnologij v promyshlennosti : sb. materialov Vseros. nauch. konf. molodyh issledovatelej s mezhdunar. uchastiem (Moskva, 12–15 aprelya 2021 g.)* [Innovative development of equipment and technologies in industry: Collection of materials of the All-Russian scientific conference of young researchers with international participation, Moscow, April 12–15, 2021]. Moscow, 2021:135–137. (In Russ.)
6. Davydov A. F., Kudrinsky S. V. Evaluation of safety indicators of fire-resistant fabrics for overalls of workers in the oil and gas complex. *Dizajn, tekhnologii i innovacii v tekstil'noj i legkoj promyshlennosti (Innovacii-2015) : sb. materialov Mezhdunar. nauch.-tekhn. konf. (Moskva, 17–18 noyabrya 2015 g.)* [Design, technologies and innovations in textile and light industry (Innovations-2015): collection of materials international scientific and technical conference, Moscow, November 17–18, 2015]. Moscow State University of Design and Technology Publ., 2015:29–30. (In Russ.)
7. *GOST R ISO 6942–2007. Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda dlya zashchity ot tepla i ognya. Metody ocenki materialov i paketov materialov, podvergaemyh vozdeystviyu istochnika teplovogo izlucheniya* [State Standart R ISO 6942–2007. Occupational safety standards system. Heat and fire protection clothing. Methods for evaluating materials and packages of materials exposed to a source of thermal radiation]. Introduction. 2007–07–01. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 11 p.
8. *GOST R ISO 9151–2007. Sistema standartov bezopasnosti truda. Odezhda dlya zashchity ot tepla i ognya. Metod opredeleniya teploperedachi pri vozdeystvii plameni* [State Standart R ISO 9151–2007. Occupational safety standards system. Heat and fire protection clothing. Method for determining heat transfer when exposed to flame]. Introduction. 2007–07–01. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 11 p.
9. *GOST R ISO 139–2007. Izdeliya tekstil'nye. Standartnye klimaticheskie usloviya dlya kondicionirovaniya i provedeniya ispytanij* [State Standart R ISO 139–2007. Textile products. Standard climatic conditions for air conditioning and testing]. Introduction. 2008–01–01. Moscow, Standartinform Publ., 2007. 6 p.
10. *GOST R ISO 6330–99. Materialy tekstil'nye. Metody bytovoj stirki i sushki, primenyaemye dlya ispytaniya tkanej, trikotazhnyh poloten i gotovyh izdelij* [State Standart R ISO 6330–99. Textile materials. Household washing and drying methods used to test fabrics, knitted fabrics and finished garments]. Introduction. 2001–01–01. Moscow, Publishing house of standards, 2001. 9 p.

Статья поступила в редакцию 1.10.2021
Принята к публикации 18.11.2021